
Rapporto

Radiotelefonía mobile e radiazioni

Edito dal Gruppo di lavoro Radiotelefonía mobile e radiazioni
su mandato del DATEC

18 novembre 2019

Nota editoriale

Il presente rapporto è stato elaborato su incarico del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC) dal gruppo di lavoro istituito a tal fine. I contenuti basati sui fatti dei capitoli da 1 a 7 sono sostenuti da tutti i membri del gruppo di lavoro. Le opzioni sono state proposte in versioni dettagliate dai singoli gruppi di interesse, ma la loro descrizione e valutazione abbreviata nel capitolo 8 del rapporto è anche il risultato dell'intero gruppo di lavoro. Infine, i membri del gruppo di lavoro sostengono in modo uniforme le misure di accompagnamento del capitolo 10.

Membri del gruppo di lavoro

(in ordine alfabetico):

Valentin Delb	capodivisione, AWEL Kanton Zürich, delegato CCA
Gregor Dudle	Dr. ès sc., direttore supplente, Istituto federale di metrologia (sost. Dr. Marc-Olivier André)
Gregor Dürrenberger	Dr. sc. nat., direttore amministrativo, Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation
Christian Grasser	direttore amministrativo, Schweizerischer Verband der Telekommunikation asut
Philippe Horisberger	direttore supplente, Ufficio federale delle comunicazioni
Harry Künzle	ing. el. dipl. SUP, responsabile del servizio Umwelt und Energie, città di San Gallo, delegato UCS (sost. Andreas Küng)
Niels Kuster	Prof. Dr., direttore amministrativo, IT'IS Foundation (sost. Dr. Sven Kühn)
Stephan Netzle	Dr. iur., presidente, Commissione federale delle comunicazioni ComCom
Manfred Portmann	AfU Canton Friburgo, delegato CCA
Carlos Quinto	Dr. med., Federazione dei medici svizzeri FMH (sost. Dr. med. Yvonne Gilli)
Alexander Reichenbach	dipl. sc. amb. ETH, caposezione, Ufficio federale dell'ambiente
Martin Rööslí	Prof. Dr., professore di epidemiologia ambientale Swiss TPH, responsabile del gruppo di esperti consultivo RNI
Andreas Siegenthaler	Dr. phil. nat., collaboratore scientifico, Ufficio federale dell'ambiente
Paul Steffen	Dr. sc. nat., vicedirettore, Ufficio federale dell'ambiente (presidente del gruppo di lavoro)
Edith Steiner	Dr. med., Medici per l'ambiente
Evelyn Stempfél	Dr. phil. nat., caposezione, Ufficio federale della sanità pubblica (sost. Martin Meier)
Sanne Stijve	ing. el. dipl. EPFL, capoprogramma, Ufficio federale della protezione della popolazione (sost. Frédéric Jorand)
Jürg Studerus	Swisscom (Svizzera) SA (sost. Dr. Hugo Lehmann)
Urs Walker	avvocato, capodivisione, Ufficio federale dell'ambiente
Felix Weber	Salt Mobile SA
Rolf Ziebold	Sunrise Communications SA

Mandato di consulenza esterno e segreteria:

Jürg Minger e Silvia Zimmermann,
Federas Beratung AG

Lingue

Il presente rapporto è disponibile anche in tedesco e francese; il Management Summary anche in inglese. La lingua originale è il tedesco.

Indice

Management Summary	5
1 Introduzione	13
1.1 Situazione iniziale	13
1.2 Obiettivi e procedura	13
2 Basi legali	15
2.1 Telecomunicazioni	15
2.2 Ambiente	15
2.3 Altri ambiti giuridici.....	16
3 Tecnologia di telefonia mobile	17
3.1 Reti di telefonia mobile in Svizzera.....	17
3.2 Introduzione della tecnologia 5G.....	17
4 Fatti e previsioni	21
4.1 Volume di dati.....	21
4.2 Strutture di rete	24
4.3 Raggiungimento dei valori limite.....	28
4.4 Costi del potenziamento degli impianti di telefonia mobile in relazione alla tecnologia 5G.....	38
5 Nessi esistenti tra emissioni, immissioni ed esposizione	39
5.1 Definizioni.....	39
5.2 Sorgenti di RNI ad alta frequenza come emissioni	39
5.3 Immissioni di RNI	39
5.4 Esposizione ambientale causata da sorgenti lontane dal corpo	40
5.5 Esposizione causata da dispositivi utilizzati vicino al corpo	45
5.6 Confronto dell'esposizione causata da sorgenti vicine e da sorgenti lontane	47
5.7 Fattori che influenzano l'esposizione e possibilità di limitarla	50
5.8 Modellizzazione dell'esposizione causata dalle stazioni di base e dai terminali 5G.....	54
6 Effetti sulla salute	58
6.1 Considerazioni preliminari.....	58
6.2 Obiettivi e procedura	58
6.3 Aspetti metodologici.....	60
6.4 Stato delle conoscenze nel 2014 in sintesi	61
6.5 Rapporti di esperti internazionali dopo il 2014	63
6.6 Valutazione delle prove sulla base di studi più recenti.....	65
7 Procedura ed esecuzione	69
7.1 Ricerca di siti per antenne	69
7.2 Autorizzazione e attuazione da parte dei Cantoni e dei Comuni	71

7.3	Interventi attuali concernenti l'ORNI e gli aiuti all'esecuzione.....	77
8	Opzioni	79
8.1	Opzione 1: Mantenimento dello status quo secondo i requisiti ORNI	84
8.2	Opzione 2: Nessuna modifica del valore limite dell'impianto, ma requisiti ORNI piú severi nei confronti delle piccole celle e delle antenne adattative	85
8.3	Opzione 3: Aumento del valore limite dell'impianto a 6 V/m unitari e valutazione della media	87
8.4	Opzione 4: Aumento del valore limite dell'impianto a 11,5 V/m per gestore.....	89
8.5	Opzione 5: Aumento del valore limite dell'impianto a 20 V/m unitari.....	90
9	Possibili strategie nell'ottica degli sviluppi futuri	92
9.1	Promozione delle piccole celle nelle reti ibride grazie a una piú stretta collaborazione tra città/Comuni e operatori di telefonia mobile	92
9.2	Separazione di copertura interna ed esterna	95
10	Misure di accompagnamento	97
10.1	Semplificazioni e armonizzazioni nell'esecuzione.....	97
10.2	Monitoraggio dell'esposizione.....	99
10.3	Informazione e sensibilizzazione della popolazione.....	101
10.4	Promozione della ricerca nel campo della telefonia mobile e della salute	103
10.5	Servizio di consulenza in medicina ambientale sulle RNI	105
10.6	Piattaforma di scambio «Radiotelefonía mobile del futuro»	107
11	Raccomandazioni	109
	Allegato 1: Misure valutate.....	110
	Allegato 2: Interventi parlamentari	113
	Allegato 3: Mandati e membri dei sottogruppi e del gruppo ristretto	115
	Allegato 4: Elenco delle abbreviazioni	119
	Allegato 5: Fonti bibliografiche	121

Management Summary

In Svizzera è iniziata l'introduzione della tecnologia di telefonia mobile di 5ª generazione. Il presente rapporto illustra gli aspetti tecnici legati alla tecnologia 5G, esamina il funzionamento delle reti mobili svizzere e la relativa regolamentazione, stima l'esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti e riassume le conoscenze scientifiche attualmente esistenti sulle possibili conseguenze per la salute. Il rapporto è stato elaborato da un gruppo di lavoro interdisciplinare su incarico del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Situazione iniziale

Il Consiglio federale vuole che la Svizzera colga le opportunità offerte dalla digitalizzazione e nel 2016 ha lanciato la Strategia «Svizzera digitale». Un elemento importante della strategia digitale è la creazione di reti di trasmissione potenti e aperte, così da garantire una società dell'informazione sufficientemente competitiva.

La legge sulle telecomunicazioni (LTC) ha lo scopo di offrire alla popolazione e all'economia una vasta gamma di servizi di telecomunicazione di qualità, competitivi su scala nazionale e internazionale, a prezzi convenienti. La concorrenza e l'orientamento al mercato fanno sì che i servizi di telecomunicazione offerti in Svizzera siano di elevata qualità.

La legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) mira a proteggere l'uomo, la fauna, la flora, le loro biocenosi e i loro biotopi dagli effetti dannosi o molesti e di conservare in modo duraturo le basi naturali della vita. A scopo di prevenzione, gli effetti che potrebbero divenire dannosi o molesti devono essere limitati tempestivamente. Inoltre, le emissioni devono essere limitate nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche.

Al fine di proteggere la popolazione dalle radiazioni non ionizzanti emesse dalle antenne di radiotelefonía mobile, il Consiglio federale ha definito nell'ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI) due diversi tipi di valori limite: i valori limite d'immissione e i valori limite dell'impianto. I valori limite d'immissione proteggono dagli effetti sulla salute scientificamente dimostrati (surriscaldamento dei tessuti corporei) e devono essere rispettati in ogni luogo in cui possono sostare soggiornare persone, anche solo per brevi periodi. Sono gli stessi valori limite applicati in buona parte dai Paesi vicini e per le frequenze della telefonia mobile vanno da 36 a 61 volt/metro (V/m).

Poiché la ricerca fornisce osservazioni più o meno fondate secondo cui sarebbero presenti anche altri effetti, l'ORNI fissa anche valori limite dell'impianto basati sul principio di precauzione della legge sulla protezione dell'ambiente. Questi valori precauzionali per l'irradiazione della telefonia mobile sono notevolmente più bassi rispetto ai valori limite d'immissione e vanno dai 4 ai 6 V/m. Conformemente all'ORNI, nei luoghi in cui le persone soggiornano regolarmente per un periodo prolungato persone rimangono per un periodo piuttosto lungo ogni singolo impianto di telefonia mobile può emettere al massimo circa un decimo del valore limite d'immissione in riferimento all'intensità di campo elettrico. Fra tali luoghi ad utilizzazione sensibile (LAUS) si annoverano abitazioni, scuole, ospedali, posti di lavoro fissi o parchi giochi previsti dalla pianificazione territoriale. I valori limite dell'impianto consentono alla Svizzera di avere norme più severe per le radiazioni non ionizzanti rispetto alla maggioranza dei Paesi europei.

Il previsto potenziamento delle reti di telefonia mobile ha acceso, in politica, nella popolazione e nei media, un vasto e intenso dibattito sulle esigenze, i vantaggi e i possibili pericoli della futura copertura di telefonia mobile. Nel 2016 e nel 2018, il Parlamento federale ha respinto due volte, per pochi voti, un allentamento delle disposizioni di prevenzione.

Nella primavera del 2019, in occasione di un'asta la Confederazione ha aggiudicato nuove frequenze ai tre operatori di telefonia mobile. L'aggiudicazione di queste frequenze è il presupposto per introdurre la nuova tecnologia di telefonia mobile di quinta generazione (5G) e per il potenziamento delle reti esistenti. Quanto in seguito annunciato dagli operatori in merito alla rapida realizzazione di una rete 5G in Svizzera ha ulteriormente intensificato il dibattito in corso sull'organizzazione della futura copertura di telefonia mobile e sulle preoccupazioni sugli effetti sulla salute delle radiazioni della telefonia mobile.

Mandato

Il DATEC intende portare avanti la digitalizzazione della società e dell'economia e a tale scopo considera indispensabile ricorrere a reti mobili performanti basate sullo standard 5G. Al contempo, il DATEC rispetta il principio di precauzione della LPAmb. Per questo motivo, la Consigliera federale Doris Leuthard, all'epoca capo del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC) ha istituito, nel settembre 2019, il gruppo di lavoro «Radiotelefonía mobile e radiazioni» ha istituito il gruppo di lavoro Radiotelefonía mobile e radiazioni, con il compito di elaborare un rapporto sul futuro immediato e prossimo della telefonía mobile tenendo conto degli interessi legati all'utilizzazione come pure alla protezione. L'analisi aveva come fulcro la tecnologia 5G. Compito del gruppo di lavoro era anche chiarire se i valori limite dell'impianto precauzionali vigenti per le antenne della telefonía mobile fossero ancora conformi ai criteri del principio di precauzione o se fossero necessari adattamenti nell'ottica dell'ulteriore sviluppo della telefonía mobile. Non era invece sua responsabilità decidere in merito all'introduzione della tecnologia 5G o condurre studi sugli effetti delle radiazioni di radiocomunicazione mobile sulla salute.

Tecnica e applicazioni della tecnologia 5G

Con la tecnologia 5G si può accelerare la trasmissione, abbreviare i tempi di reazione, ma anche aumentare il numero di dispositivi finali collegati in rete e l'efficienza energetica per unità di dati. In tal modo si aprono prospettive per nuove applicazioni: sarà ad esempio possibile pilotare in tempo reale e quasi senza ritardi macchine nell'industria produttiva o vettori di trasporto autonomi. Possono inoltre essere creati settori di rete virtuali in funzione di diversi criteri di qualità che consentono, ad esempio, di mettere a disposizione delle organizzazioni di soccorso (polizia, pompieri, ambulanze e protezione contro le catastrofi) sottoreti altamente affidabili, garantendone la disponibilità.

La tecnica di radiocomunicazione della tecnologia 5G consente di avere reti molto più flessibili ed efficienti rispetto alla 4G. Le frequenze oggi disponibili per tale tecnologia sono comparabili a quelle per la 4G e la rete WLAN ma consentono larghezze di banda decisamente superiori. Le velocità massime di trasmissione della tecnologia 5G si attestano oggi tra 2 e 3 Gigabit al secondo, mentre in futuro potrebbero superare i 20 Gigabit al secondo grazie alle onde millimetriche. Inoltre, anche le capacità di calcolo delle stazioni di base e dei terminali 5G consentiranno una trasmissione dati più efficiente rispetto a oggi. Bisogna considerare altresì che la nuova tecnologia utilizza una struttura di segnale più snella e flessibile della 4G, una caratteristica che permetterà di sfruttare con maggiore efficienza le grandi larghezze di banda e le diverse bande di frequenza. La nuova tecnologia trasmette poi cinque volte meno segnali di controllo del 4G, un aspetto che ridurrà l'esposizione nelle fasce orarie con un minore traffico di dati.

Per trasmettere in modo più mirato e flessibile i segnali, per la tecnologia 5G vengono utilizzate antenne di nuova generazione. Le antenne adattative, composte da numerosi elementi comandati autonomamente, consentono di indirizzare il segnale in modo più mirato verso l'utente o il suo dispositivo mobile rispetto alle antenne convenzionali. Questo cosiddetto «beamforming» riduce le disfunzioni delle celle radio e, al contempo, anche l'esposizione media nelle celle radio (riferita alla stessa quantità di dati trasmessi). Le persone che soggiornano nelle vicinanze dell'antenna sono tuttavia esposte in misura maggiore.

In una prima fase, la tecnologia 5G sarà implementata in Svizzera nella banda di frequenze 3,5 GHz. Queste frequenze consentono la trasmissione di un volume maggiore di dati ma presentano caratteristiche di propagazione peggiori rispetto alle gamme di frequenza convenzionali più basse utilizzate finora. Le nuove frequenze vengono attenuate più fortemente quando si propagano nell'aria o devono superare ostacoli quali alberi, edifici, finestre o veicoli. Per compensare queste proprietà negative si possono utilizzare antenne adattative.

Oltre alle gamme di frequenza di 3,5 GHz, nei prossimi anni la tecnologia 5G utilizzerà anche le frequenze attuali da 700 MHz a 2,6 GHz della telefonía mobile. Il ricorso alle frequenze superiori a 24 GHz (le cosiddette onde millimetriche) consentirà di raggiungere velocità massime di trasmissione dei dati superiori a 20 Gbit/s. L'utilizzo delle onde millimetriche per la telefonía mobile non è per il momento ammesso in Svizzera. Per ragioni fisiche, queste frequenze non sono inoltre adatte a una copertura capillare e nazionale della telefonía mobile e sarebbero pertanto utilizzate solo su distanze brevi.

Traffico dei dati e reti di telefonia mobile

Dal 2007, anno in cui è stato introdotto lo smartphone, in Svizzera il volume dei dati trasportati è raddoppiato ogni 12-18 mesi. Secondo le previsioni, tale tendenza continuerà. La maggior parte del traffico mobile di dati (68 %) è legato alle applicazioni video a scopo privato e commerciale. Anche in questo settore ci si attende un'ulteriore forte crescita.

Si stima che il volume di dati trasferiti in mobilità in Europa occidentale e quindi anche in Svizzera aumenterà entro il 2024 di oltre il 500 per cento. Per allora, la tecnologia 5G trasferirà presumibilmente un quarto dell'intero volume di dati della telefonia mobile sarà presumibilmente trasferito attraverso il 5G, un volume questo che da solo corrisponde a quasi una volta e mezzo alla quantità totale di dati oggi trasferita. Per l'Internet delle cose, vale a dire i dispositivi collegati in rete, nei prossimi cinque anni si prevede una crescita pari al 400 per cento circa nel numero di connessioni dati.

A seguito della continua crescita di questi volumi di dati, le reti di telefonia mobile devono essere costantemente potenziate. Le reti di telefonia mobile sono composte da una molteplicità di celle radio adiacenti e in parte sovrapposte. Le macrocelle con antenne potenti, installate il più sovente su tralicci o tetti di edifici, garantiscono la copertura capillare di una zona. Il loro raggio di propagazione tipico è compreso tra 200 metri e 2 chilometri. La potenza di un'antenna è misurata in modo che il segnale radio inviato raggiunga i dispositivi finali negli edifici, nei veicoli e anche sui margini della cella, senza disturbare il segnale delle altre celle. Nelle zone con forte traffico di dati, le macrocelle sono completate con piccole celle (le cosiddette microcelle), che ne aumentano la capacità. Di regola, le piccole celle con antenne meno potenti garantiscono all'aperto una copertura fino al massimo 200 metri. Inoltre, in situazioni particolari si ricorre a soluzioni interne all'edificio (ad es. ospedali, centri commerciali, sale di concerto, stadi). Questa struttura di rete composta da macrocelle, microcelle e celle indoor sono designate con il termine di «reti ibride» e rappresentano oggi standard tecnici riconosciuti a livello nazionale e internazionale.

In Svizzera esistono attualmente circa 12 300 impianti di telefonia mobile (di cui 70 % con macrocelle e 30 % con piccole celle). Per potenziare le reti 5G nell'ambito delle frequenze disponibili e ricorrendo solo alle celle radio esistenti, sarebbe necessario aumentare di 12,4 volte la potenza di trasmissione delle circa 8500 macrocelle esistenti. Se nelle aree rurali sussiste ancora un margine di potenziamento dei trasmettitori esistenti, nelle aree densamente abitate questo margine è praticamente esaurito, poiché il valore limite dell'impianto sancito dall'ORNI, stabilito ai sensi del principio di precauzione, è già raggiunto nella maggior parte dei casi. Nelle città e negli agglomerati, solo il 2 per cento degli impianti esistenti potrà essere potenziato per le capacità necessarie per la tecnologia 5G. Per contro, nelle aree rurali più di un quarto degli impianti potrà essere potenziato.

Esposizione a radiazioni non ionizzanti

L'organismo umano è esposto a varie sorgenti di radiazioni non ionizzanti, sia vicino che lontano dal corpo. Tra le sorgenti remote vi sono le stazioni di base per la radio mobile, i trasmettitori radio-televisivi, i router WLAN e i telefoni cellulari di altre persone, mentre quelle vicine comprendono ad esempio il proprio telefono cellulare come pure i telefoni senza fili, i tablet, i dispositivi bluetooth e i computer portatili. A seconda della sorgente, la radiazione non ionizzante utilizzata è diversa e si differenzia per frequenza, intensità, forma del segnale e modello temporale.

Non tutte le parti del corpo sono esposte in modo uniforme ai dispositivi in sua prossimità: quando si telefona con un cellulare, ad esempio, la testa assorbe la maggior parte della potenza di radiazione dall'orecchio. L'esposizione è influenzata anche dalla tecnologia. Ad esempio, gli standard di telefonia mobile più recenti sono molto più efficienti di quelli meno recenti: telefonare con la 3G o la 4G invece della 2G causa un'esposizione nettamente più bassa. Anche la qualità della connessione è determinante: migliore è la connessione, ovvero più vicini tra loro sono la stazione di base e il telefono cellulare e meno ostacoli incontra il percorso radio, minore è la potenza di trasmissione che il telefono cellulare deve applicare e minore è quindi anche la potenza di radiazione che viene assorbita dalla testa o da altre parti del corpo.

Ad oggi, sono poche le rilevazioni dell'esposizione individuale alle RNI ad alta frequenza sinora effettuate in Svizzera. In base a tali dati, indipendentemente dal luogo e dal tempo, l'esposizione media alle sorgenti remote di RNI è tipicamente pari a circa 0,2 volt per metro (V/m) ed è rimasta costante dal 2008 al 2015. In questo periodo, soltanto l'esposizione alle

stazioni di base della telefonia mobile è leggermente aumentata ad un livello basso. L'esposizione media alle stazioni di base di telefonia mobile tende ad aumentare con l'aumento dell'urbanizzazione, ma le differenze tra città e campagna sono minime. Nelle aree urbane, l'esposizione massima a breve termine ai telefoni cellulari degli utenti che ci circondano è circa quattro volte superiore a quella di una stazione di base. L'esposizione media è più elevata nei trasporti pubblici, dove molte persone usano il cellulare (0,55 V/m).

La dose di radiazione assorbita attraverso il proprio dispositivo terminale può essere superiore a quella emessa dalla stazione di base, specialmente in caso di cattivi collegamenti con la stazione stessa. Ciò significa che la maggior parte (90 % ca.) delle radiazioni non ionizzanti cui è esposto l'utente medio proviene dai dispositivi terminali in prossimità del corpo.

Stato delle conoscenze sulle conseguenze per la salute

Quale punto di partenza per illustrare lo stato attuale della ricerca sugli effetti sulla salute delle radiazioni della telefonia mobile è stato utilizzato il rapporto Hug et al. (2014)¹, elaborato per il rapporto del Consiglio federale «Reti mobili di nuova generazione»² in adempimento di due postulati. Nel frattempo è stato integrato da nuovi studi valutati, selezionati principalmente dalle newsletter del gruppo consultivo di esperti dell'UFAM (BERENIS). Inoltre, sono stati presi in considerazione anche rapporti di valutazione internazionali pubblicati dal 2014. Infine, il rapporto tra radiazioni della telefonia mobile e rischio di tumore e altri effetti sulla salute è stato valutato secondo uno schema di uso comune (prove sufficienti, limitate, insufficienti, di assenza).

Per quanto riguarda eventuali effetti sulla salute della tecnologia 5G, gli studi condotti finora sono pochi e si sono concentrati sugli effetti acuti su cellule e animali. La valutazione dei rischi del gruppo di lavoro si è quindi basata su studi effettuati in passato sulle tecnologie 2G, 3G e 4G e che operano con frequenze della stessa gamma di quelle attualmente utilizzate per la tecnologia 5G.

Il gruppo di lavoro rileva che per le frequenze di telefonia mobile attualmente utilizzate al di sotto dei valori limite d'immissione dell'ORNI non sono finora stati dimostrati in modo coerente effetti sulla salute, ma allo stesso tempo vi sono osservazioni sostenute in modo differenziato dalla scienza e dalla pratica relative agli effetti al di sotto di detti valori. Il gruppo di lavoro aveva quindi il compito di valutare le prove di tali effetti in relazione al principio di precauzione.

Il gruppo di lavoro valuta le prove come segue:

- Nel 2011, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha classificato le radiazioni ad alta frequenza come potenzialmente cancerogene per l'uomo, sulla base dei risultati di uno studio sull'utilizzo dei cellulari che evidenziavano un rischio maggiore di gliomi e tumori del nervo acustico. Dal 2014 sono stati pubblicati due importanti studi sugli animali che evidenziano effetti cancerogeni delle radiazioni dei telefoni cellulari. I risultati di nuovi studi sulla popolazione sul rapporto tra uso del telefono cellulare e sviluppo del tumore non sono ancora consolidati. Nella maggior parte dei casi, le indagini condotte finora in diversi registri dei tumori non mostrano alcun aumento dei tassi di morbilità. Nel complesso, le prove di un effetto cancerogeno sono considerate limitate, come nel 2014.
- Sulla questione dei tumori in relazione a impianti di telefonia mobile e trasmettitori radio-televisivi, gli studi sono ancora pochissimi. Uno studio apparso nel 2014 non ha riscontrato alcun legame tra l'esposizione a trasmettitori radio-televisivi e tutti i casi di tumore infantile diagnosticati in Svizzera tra il 1985 e il 2008. Come nel 2014, l'evidenza per quanto concerne le esposizioni a radiazioni più basse di trasmettitori è considerata insufficiente.
- Uno studio su topi pubblicato nel 2015 ha confermato i risultati precedenti, secondo i quali l'esposizione simultanea a RNI ad alta frequenza e a una sostanza notoriamente cancerogena comporta una crescita tumorale più rapida rispetto a un'esposizione alla sola sostanza cancerogena. Il fatto che sia stato possibile replicare questa promozione tumorale potrebbe essere utilizzato come argomento per modificare la classificazione degli elementi di prova, che passerebbero dalla categoria «limitati» alla categoria «sufficienti». Tuttavia, la mancanza di un rapporto esposizione-effetto e limitazioni metodologiche nello studio, così come la mancata conferma di effetti di promozione tumorale da uno studio epidemiologico non consentono di trasferire le prove di cocancerogenesi in

una categoria superiore. Nel complesso, pertanto, l'evidenza di una cocancerogenesi continua ad essere valutata come limitata.

- Vi sono prove sufficienti degli effetti fisiologici sull'uomo in caso di esposizione del cervello a intensità di radiazione nell'ambito dei valori di riferimento ICNIRP per l'esposizione locale. Una serie di studi sperimentali di buona qualità sull'essere umano è giunta alla conclusione che l'esposizione della testa a radiazioni della telefonia mobile nell'ambito di intensità del valore di riferimento dell'ICNIRP influisce sulle onde cerebrali sia a riposo in stato di veglia, sia durante il sonno. Tuttavia, poiché la qualità del sonno non è stata compromessa, l'importanza di questo effetto per la salute non è chiara. Questi studi sperimentali hanno anche rilevato in parte effetti diversi a seconda della modulazione, un risultato che suggerisce che, oltre alla potenza del segnale, anche la sua forma potrebbe svolgere un ruolo. Tuttavia, non è ancora stato valutato in modo sufficientemente sistematico quale impatto possa avere la caratteristica del segnale (ad es. la modulazione).
- Non ci sono praticamente studi sull'uomo in cui l'intero corpo è esposto nell'ambito del valore di riferimento ICNIRP, che corrisponde al valore limite d'immissione per le stazioni di base di telefonia mobile. Sebbene in linea di principio consentite fino al valore limite, nella vita quotidiana tali esposizioni praticamente non si verificano, una situazione che rende difficili gli studi osservazionali. Secondo gli studi epidemiologici effettuati, le persone più esposte sono soggette a radiazioni significativamente meno forti (ca. 0,2-1 V/m) del valore limite previsto per l'intero corpo. Una serie di recenti studi condotti in Olanda e in Svizzera non ha riscontrato correlazioni tra la comparsa di sintomi e l'esposizione a RNI in casa e suggerisce che tale correlazione non esista (prova di assenza). In questi studi (così come nella realtà), la percentuale di persone esposte a radiazioni medie più elevate (ad es. >0,5 V/m) è molto bassa e quindi non sufficientemente significativa per valutare gli effetti dell'esposizione nell'intervallo del valore limite dell'impianto e oltre.
- Nella pratica medica vi sono casi in cui i disturbi possono plausibilmente essere attribuiti a RNI elevate alle quali la persona è esposta nella vita quotidiana. Tuttavia, nei singoli casi non è possibile fornire la prova di tale correlazione. Anche studi randomizzati in doppio cieco non sono stati in grado di fornire alcuna prova di tale ipersensibilità elettromagnetica; questi hanno analizzato soprattutto la percezione legata a esposizioni di breve durata. Infine, non può essere escluso che gli effetti si manifestino solo in determinate condizioni o situazioni di esposizione, finora non ancora comprese. A causa di difficoltà metodologiche nello studio dell'ipersensibilità elettromagnetica, sono necessarie ulteriori attività di ricerca.
- Sono stati condotti numerosi studi su cellule e animali che spesso constatano effetti biologici; tuttavia, i risultati non sono uniformi. Ad esempio, non esiste un modello plausibile delle correlazioni tra esposizione ed effetti oppure per capire quali sarebbero le cellule più sensibili. Poiché questi studi contengono un gran numero di sistemi biologici e le relative competenze non erano rappresentate nel gruppo di lavoro, non sono stati valutati in modo approfondito. Di conseguenza, non è stata fatta una valutazione degli elementi di prova.
- Esistono già diversi studi su cellule e animali per le esposizioni nella gamma da 30 a 65 GHz. Tuttavia, i risultati non sono sufficientemente solidi per confluire in una valutazione delle prove.

Gli effetti sulla salute non possono mai essere scientificamente esclusi con assoluta certezza. Il gruppo di lavoro ha pertanto descritto anche gli effetti potenziali per i quali sono necessarie ulteriori attività di ricerca.

Opzioni

Gli stakeholder rappresentati in seno al gruppo di lavoro hanno elaborato diverse opzioni in merito a quelli che ritengono essere i possibili sviluppi futuri della rete mobile svizzera. L'intenzione degli operatori di telefonia mobile è offrire la nuova tecnologia secondo lo standard IMT-2020 dell'ITU in maniera capillare tanto all'aperto quanto negli ambienti chiusi, fino ai piani interrati. Poiché nelle diverse opzioni si tiene variabilmente conto del principio di precauzione sancito nella LPAmb, vi sono anche margini di precauzione variabili rispetto alle possibili conseguenze a lungo termine sulla salute.

Le proposte avanzate (cfr. *Figura 1*) possono essere suddivise in tre gruppi:

Mantenendo lo status quo (opzione 1), il valore limite dell'impianto indicato nell'ORNI sarà lasciato al livello attuale. Per poter garantire una rete 5G efficiente, questa opzione richiederebbe la nuova costruzione di circa 26 000 ubicazioni di antenne supplementari in Svizzera e il potenziamento di circa 5000 impianti esistenti. Secondo i calcoli del settore, le risorse finanziarie necessarie a tal fine ammonterebbero a circa 7,9 miliardi di franchi per gli investimenti e a circa 2,1 miliardi di franchi per l'esercizio su cinque anni. In questo scenario, il tempo richiesto per realizzare una copertura della rete 5G capillare e qualitativamente adeguata in tutta la Svizzera sarebbe pari a 20-30 anni. L'esposizione massima agli impianti di telefonia mobile nei LAUS rimarrebbe invariata rispetto a oggi, mentre a causa della quantità più elevata di impianti di telefonia mobile aumenterebbe il numero di LAUS in prossimità di tali impianti. In seguito alla densificazione della rete risultante da questa opzione, l'esposizione dovuta all'utilizzo dei telefoni cellulari diminuirebbe (quanto più fitta sarà la rete, tanto minore sarà l'esposizione dovuta all'utilizzo dei cellulari in quanto la distanza tra l'antenna e il terminale sarà generalmente più breve ed entrambi ridurranno la loro potenza in modo dinamico).

In un secondo gruppo sono riunite le opzioni che mirano ad aumentare le prestazioni degli impianti esistenti mediante l'un innalzamento dei valori limite dell'impianto, in parte integrato da ulteriori modifiche all'ORNI. Si potrebbe così realizzare una copertura capillare ed efficiente della rete 5G nel giro di pochi anni (opzioni 4 e 5) o entro 10-20 anni (opzione 3). A seconda della variante, non sarebbe necessario alcun macro sito (opzioni 4 e 5) oppure si dovrebbero costruire fino a 7500 nuovi impianti (opzione 3). Occorrerebbero inoltre potenziamenti in quasi tutti i siti esistenti. L'opzione 4 crea in aggiunta la possibilità di utilizzazione congiunta di 3000 siti da parte di più gestori, mentre con l'opzione 5 si avrebbe una densificazione con circa 2000 piccole celle supplementari. Secondo le stime del settore, le risorse finanziarie di queste opzioni ammonterebbero a circa 1 miliardo di franchi per gli investimenti e 300 milioni di franchi per l'esercizio su cinque anni (opzioni 4 e 5) oppure a 3,2 miliardi di franchi per gli investimenti e 0,8 miliardi di franchi per l'esercizio su cinque anni (opzione 3). Con l'opzione 3, l'esposizione massima nei LAUS a causa degli impianti di telefonia mobile raddoppierebbe rispetto a oggi, mentre con le opzioni 4 e 5 aumenterebbe di un fattore di 4-5. L'esposizione causata dai terminali rimarrebbe invece più o meno invariata.

L'opzione 2 non prevede alcuna modifica del valore limite dell'impianto, ma requisiti ORNI più severi nei confronti delle piccole celle e delle antenne adattative in modo da garantire che in futuro il livello di protezione dall'elettrosmog sia almeno mantenuto invariato e che nel breve periodo le antenne adattative non determinino nei LAUS esposizioni superiori rispetto a oggi. Per garantire il livello di protezione corrispondente anche per le antenne a piccole celle, la costruzione e l'esercizio delle stesse dovranno essere regolamentati con lo stesso rigore delle macroantenne. In questa opzione, per l'introduzione capillare della tecnologia 5G occorrerebbero circa 46 500 siti supplementari (macrocelle senza antenne adattative). Negli ambienti chiusi i requisiti della nuova tecnologia 5G non sarebbero interamente soddisfatti, in quanto in queste condizioni non sarebbe possibile raggiungere la necessaria copertura ed efficienza. Secondo le stime dell'UFCOM, le risorse finanziarie per questa opzione ammonterebbero a circa 13 miliardi di franchi per gli investimenti e a circa 3,5 miliardi di franchi per l'esercizio su cinque anni. In tutte le opzioni, le autorità esecutive dovrebbero farsi carico di un onere decisamente maggiore rispetto a oggi, in quanto sarebbe necessario approvare e controllare una quantità elevata di nuovi impianti e numerosi potenziamenti.

Poiché i diversi punti di vista non consentivano una ponderazione uniforme dei fattori da considerare, il gruppo di lavoro non è riuscito ad accordarsi su un'unica opzione e non può pertanto formulare alcuna raccomandazione al riguardo.

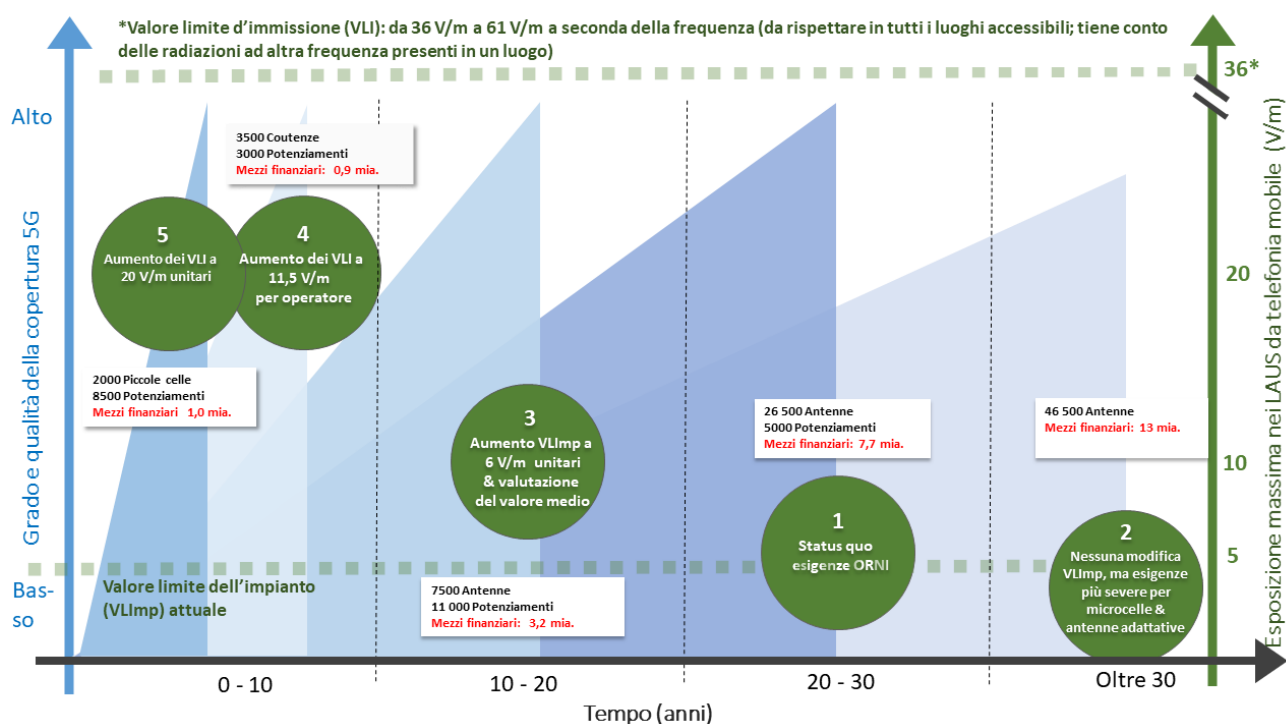


Figura 1: Valutazione delle cinque opzioni con i criteri effetto sull'esposizione, tempo necessario per la realizzazione e costi con cifre del settore (cfr. capitolo 8).

Possibili strategie nell'ottica degli sviluppi futuri

Le opzioni descritte mostrano in che modo lo sviluppo delle reti di telefonía mobile potrebbe configurarsi nei prossimi anni, alle stesse condizioni quadro vigenti o attraverso modifiche dell'ORNI, per offrire una copertura capillare della tecnologia 5G in tempi rapidi in tutta la Svizzera. Nell'ottica dello sviluppo futuro si pone quindi la domanda di quanto tempo ci vorrà fino a quando ad esempio i guadagni in termini di capacità ottenuti attraverso la costruzione di macrocelle o dall'eventuale innalzamento dei valori limite dell'impianto andranno esauriti in seguito alla forte crescita del volume di dati trasmesso e occorra intervenire di nuovo.

Per evitare che gli operatori e anche il regolatore si ritrovino tra qualche anno nella stessa situazione di oggi, l'Unione delle città svizzere (UCS) e Medici per l'ambiente (MpA) hanno sottoposto al gruppo di lavoro proposte mirate allo sviluppo a medio termine della telefonía mobile, sottolineando come sia indispensabile gettare sin da ora le basi necessarie.

Gli indirizzi strategici principali sono la promozione delle piccole celle e la separazione della copertura interna ed esterna sulla base di una disponibilità sufficiente di reti a fibra ottica. Secondo la proposta dell'UCS, l'ampliamento delle reti di telefonía mobile dovrà essere portato avanti sulla base di una più stretta collaborazione tra città e Comuni e gli operatori di telefonía mobile, da concepire sotto forma di Public-Private-Partnership (PPP). L'associazione MpA, dal canto suo, propone la separazione della copertura interna ed esterna mediante la riduzione del valore limite dell'impianto a 0,6 V/m. In linea di principio, gli edifici sarebbero collegati alla rete fissa e, a titolo opzionale, dotati di sistemi supplementari di stazioni radio di base. Questo consentirebbe ai proprietari e agli inquilini degli immobili di decidere, assumendosene la responsabilità, se sia necessario o auspicabile avere una copertura mobile nei loro spazi interni. Se necessario, occorrerebbe utilizzare un'infrastruttura a bassa radiazione con la minore potenza di trasmissione possibile, che non gravi in modo significativo sui locali vicini.

Non è ancora possibile valutare se e come queste strutture di rete siano compatibili con lo sviluppo internazionale degli standard di telefonía mobile. Secondo gli operatori di telefonía mobile, l'adozione della variante di MpA con un valore limite dell'impianto di 0,6 V/m renderebbe impossibile in Svizzera di comunicazione mobile efficiente.

Misure di accompagnamento

Il gruppo di lavoro propone le misure di accompagnamento seguenti:

- **Semplificazione e armonizzazione dell'esecuzione:**
Per semplificare e armonizzare l'esecuzione dell'ORNI per autorizzare e il controllare gli impianti di telefonia mobile, occorre adeguare e aggiornare allo stato attuale della tecnica le basi e i processi su cui le autorizzazioni poggiano.
- **Monitoraggio dell'esposizione e delle ripercussioni sulla salute:**
occorre effettuare un monitoraggio dell'esposizione alle RNI come pure delle possibili ripercussioni sulla salute della popolazione. Il Consiglio federale aveva già commissionato un monitoraggio di questo tipo, il quale sta per essere messo a punto.
- **Informare e sensibilizzare la popolazione:**
informare è importante ai fini di una discussione oggettiva. È tuttavia essenziale comunicare le informazioni in modo comprensibile alla popolazione. Si presuppone che le informazioni disponibili al pubblico sui singoli impianti di telefonia mobile possano aumentare l'accettazione della tecnologia da parte della popolazione. In questo modo le informazioni raccolte nel quadro del monitoraggio sarebbero completate in modo utile.
- **Promozione della ricerca nel settore della telefonia mobile e della salute:**
Tenuto conto delle incertezze a livello scientifico, il gruppo di lavoro raccomanda di approfondire la ricerca. La promozione della ricerca ha diversi effetti positivi: esclude lacune nelle conoscenze scientifiche in un contesto politico sensibile, funge da sistema di preallarme per i rischi sulla salute, sostiene la messa a punto della rete e della comunicazione di Confederazione e Cantoni quale misura di accompagnamento e di prevenzione largamente accettata e garantisce le competenze svizzere in materia di ricerca nell'ambito di un settore tecnologico in rapido sviluppo.
- **Servizio di consulenza di medicina ambientale in materia di RNI:**
Il gruppo raccomanda inoltre la creazione di un servizio indipendente di medicina ambientale in materia di RNI. Il servizio avrà il compito di effettuare indagini interdisciplinari in materia di ambiente e di medicina ambientale affidate a direzione medica su persone che attribuiscono i disturbi di cui soffrono alle RNI o ad altri fattori ambientali.
- **Piattaforma di scambio «Telefonia mobile del futuro»**
Si sollecita la creazione di una piattaforma di scambio fra autorità federali e cantonali, industria delle telecomunicazioni, organizzazioni del settore medico, associazioni di protezione e di utenti, allo scopo di consentire, con tutte le parti interessate, uno scambio di pareri e di informazioni su tecnologie o sviluppi a venire. Il dialogo con i portatori d'interesse, così come già iniziato nel gruppo di lavoro, deve essere continuato senza interruzione in vista dei futuri sviluppi nel settore della telefonia mobile.

Raccomandazioni

Il gruppo di lavoro formula all'attenzione del DATEC le raccomandazioni seguenti:

- Le decisioni in vista dell'ulteriore sviluppo delle reti di telefonia mobile in Svizzera devono basarsi sui fatti e sulle previsioni di cui ai capitoli da 1 a 7.
- Le proposte avanzate nel capitolo 8 (Opzioni) devono essere prese in considerazione.
- Le proposte formulate nel capitolo 9 (Possibili strategie in vista di sviluppi futuri) devono essere prese in considerazione.
- Le misure di accompagnamento (cap. 10) devono essere attuate.
- Il mandato conferito il 28 settembre 2018 deve essere concluso e il gruppo di lavoro Radiotelefonía mobile e radiazioni deve essere sciolto.

1 Introduzione

1.1 Situazione iniziale

Il Consiglio federale vuole che la Svizzera sfrutti le opportunità offerte dalla digitalizzazione³. Sulla base della sua precedente Strategia per una società dell'informazione in Svizzera⁴, nel 2016 ha lanciato la Strategia «Svizzera digitale»⁵, con la quale intende, in un dialogo costante con l'economia, la scienza, la ricerca e la società civile, sfruttare al meglio le opportunità offerte dalla digitalizzazione e, a questo scopo, elaborare e attuare piani d'azione. Il 5 settembre 2018 ha adottato la Strategia «Svizzera digitale» per il biennio 2019-2020. Un elemento importante della strategia digitale è la creazione di reti di trasmissione potenti e aperte, così da garantire una società dell'informazione sufficientemente competitiva⁶.

Il previsto potenziamento delle reti di telefonia mobile ha acceso, in politica, nella popolazione e nei media, un vasto e intenso dibattito sulle esigenze, i vantaggi e i pericoli della futura copertura di telefonia mobile. A livello federale, tra l'estate 2016 e l'estate 2019 sono stati presentati diversi interventi parlamentari su questo tema (cfr. allegato 2: Interventi parlamentari). Nel 2016 e nel 2018, il Consiglio degli Stati ha respinto due volte, per pochi voti, un allentamento delle disposizioni di prevenzione. Il Consiglio federale si è invece dichiarato disposto, entro il margine discrezionale riservatogli e considerato il previsto aumento del volume di dati da trasmettere, a elaborare misure in linea con le due mozioni presentate.

Nella primavera del 2019, in occasione di un'asta la Confederazione ha aggiudicato ai tre operatori di telefonia mobile un'ampia gamma di nuove frequenze. Queste frequenze sono il presupposto per lo sviluppo della nuova e più veloce tecnologia di telefonia mobile di quinta generazione (5G). Quanto in seguito annunciato dagli operatori in merito alla rapida realizzazione di una rete 5G in Svizzera ha ulteriormente intensificato il dibattito in corso sull'organizzazione della futura copertura di telefonia mobile.

Nell'ambito della discussione sulla tecnologia utilizzata in questo settore e sulle radiazioni non ionizzanti che ne derivano, è molto importante ponderare gli interessi in gioco, considerando i fatti in modo accurato, e soppesando gli obiettivi posti dalla legge sulle telecomunicazioni da un lato e dalla legge sulla protezione dell'ambiente dall'altro.

A fine settembre 2018 la consigliera federale Doris Leuthard, allora capo del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC), ha istituito un gruppo di lavoro incaricato di presentare un rapporto sulle esigenze e sui rischi della futura telefonia mobile. Il DATEC intende promuovere la digitalizzazione della società e dell'economia e ritiene che a tal fine siano indispensabili reti di telefonia mobile efficienti; d'altro canto, rispetta il principio di precauzione sancito nella legge sulla protezione dell'ambiente.

1.2 Obiettivi e procedura

Il mandato affidato al gruppo di lavoro⁷ prevede la presentazione di un rapporto che esamini in che modo occorrerà procedere nell'ambito della telefonia mobile, in un futuro prossimo e lontano, tenendo presenti sia gli interessi di utilizzazione che quelli di protezione. L'analisi deve inoltre concentrarsi sulla prossima generazione di telefonia mobile, ossia la tecnologia 5G. In particolare, il rapporto deve riflettere su come introdurre con successo questa nuova tecnologia, rispettando al contempo il principio di precauzione inteso a proteggere la popolazione. Infine, deve formulare raccomandazioni sulla base di opzioni sottoposte a una valutazione.

Il gruppo di lavoro ha riunito esperti del settore, medici, rappresentanti degli operatori di telefonia mobile e delle autorità federali, cantonali e comunali (cfr. nota editoriale).

In una prima fase sono stati recensiti e riuniti i fatti, con l'aiuto di tre sottogruppi tematici ai quali si sono aggiunti ulteriori esperti convocati dai membri del gruppo di lavoro:

- sottogruppo 1: traffico dati e selezione delle ubicazioni (sviluppo della tecnologia di telefonia mobile, volume di dati, struttura della rete, raggiungimento dei valori limite, ricerca delle ubicazioni per le antenne, esecuzione);

- sottogruppo 2: volume di dati ed esposizione (correlazione tra volume di dati, radiazioni ed esposizione; esposizione della popolazione e degli utenti a stazioni di base e dispositivi terminali nelle diverse strutture di rete; monitoraggio delle RNI);
- sottogruppo 3: effetti sulla salute (stato attuale della ricerca scientifica e nuove conoscenze sugli effetti delle radiazioni ad alta frequenza sull'essere umano; esposizione reale, attuale e futura; impatto sulla popolazione dovuto all'esposizione a stazioni di base e dispositivi terminali).

Per preparare i contenuti del rapporto da presentare al DATEC all'interno del gruppo di lavoro è stato formato un gruppo più ristretto, che ha incaricato i membri dell'intero gruppo di lavoro di redigere, sulla base dei fatti elaborati, un elenco delle possibili misure in vista di garantire una copertura di telefonia mobile all'altezza delle esigenze, e ha effettuato un raggruppamento tematico. Da tutto questo materiale sono state elaborate opzioni che hanno tenuto conto dei requisiti centrali per la tecnologia 5G posti da un gruppo di attori e con le quali potrebbe essere affrontare le sfide che si presentano. Queste opzioni sono poi state valutate considerando diversi aspetti. In particolare, sono stati esaminati e stimati i costi per gli operatori e i tempi necessari, i cambiamenti nell'esposizione della popolazione alle radiazioni, gli oneri amministrativi per le autorità e gli operatori di rete e l'impatto sulla capacità di una rete di telefonia mobile. Infine, a partire dalle opzioni analizzate, sono state elaborate raccomandazioni, che sono state integrate nel gruppo di lavoro e nel rapporto finale.

Complessivamente, il gruppo di lavoro si è riunito sei volte tra novembre 2018 e settembre 2019. I sottogruppi sono stati avviati a fine novembre 2018 e si sono riuniti da tre a cinque volte. Sono stati sciolti nel giugno 2019, dopo aver presentato al gruppo di lavoro i rapporti sui singoli temi elaborati al loro interno. Il gruppo ristretto si è riunito quattro volte tra maggio e luglio 2019. La composizione dei sottogruppi e del gruppo ristretto, così come i loro mandati, figurano nell'allegato 3: Mandati e membri dei sottogruppi e del gruppo ristretto.

Nel presente rapporto finale, il gruppo di lavoro ha riunito i fatti più recenti concernenti la tecnologia di telefonia mobile, il traffico dei dati e le strutture di rete, l'esposizione della popolazione alle radiazioni, gli effetti sulla salute e gli aspetti relativi all'esecuzione. Le cinque opzioni (*cap. 8*), le due proposte di sviluppo futuro (*cap. 9*) e le sei misure di accompagnamento (*cap. 10*) presentate alle istanze politiche incaricate di decidere sono state formulate con l'intenzione che sia posta in discussione, in un prossimo futuro, una copertura di telefonia mobile di diversa qualità ed estensione, nel rispetto degli obiettivi di protezione e di utilizzazione.

2 Basi legali

2.1 Telecomunicazioni

Secondo l'articolo 92 della Costituzione federale, il settore delle telecomunicazioni compete alla Confederazione. Lo scopo della legge sulle telecomunicazioni⁸ (LTC) è offrire alla popolazione e all'economia una vasta gamma di servizi di telecomunicazione di qualità, competitivi su scala nazionale e internazionale, a prezzi convenienti.

Il 6 settembre 2017 il Consiglio federale ha presentato al Parlamento un progetto di revisione della legge sulle telecomunicazioni per tener conto degli sviluppi tecnologici del settore, in particolare del fatto che le reti mobili e fisse a banda larga consentono di raggiungere velocità di trasmissione dei dati sempre più elevate e che i servizi via Internet proposti da nuovi attori rimpiazzano progressivamente le offerte degli operatori tradizionali⁹. La revisione proposta dal Consiglio federale è stata modificata dal Parlamento in diverse fasi ed è stata adottata il 22 marzo 2019¹⁰. Per il momento il Parlamento ha respinto la proposta di una disaggregazione tecnologicamente neutrale dell'ultimo chilometro, ma il Consiglio federale è tenuto a presentare, ogni tre anni, un rapporto sull'evoluzione in questo ambito.

Nel settembre 2018 il Consiglio federale ha adottato la Strategia «Svizzera digitale»¹¹, che sottolinea l'importanza di un'infrastruttura di comunicazione capillare, concorrenziale, affidabile ed efficiente. La Strategia afferma inoltre che infrastrutture di rete sicure, efficienti e di qualità sono il pilastro di un buon funzionamento dell'economia e della società nell'era digitale e che un'infrastruttura di rete per la comunicazione affidabile, economica e concorrenziale sul piano internazionale è indispensabile allo sviluppo di nuovi modi di vita e di lavoro, di servizi e prodotti.

Conformemente agli obiettivi della legge sulle telecomunicazioni e della Strategia «Svizzera digitale», le condizioni quadro per il potenziamento dell'infrastruttura di comunicazione devono essere concepite in modo che la Svizzera possa assumere una posizione di primo piano rispetto alla concorrenza internazionale. In questo contesto, la tecnologia 5G è un elemento importante.

La Commissione federale delle comunicazioni (ComCom) attribuisce le frequenze di telefonia mobile in relazione all'obbligo di offrire servizi attraverso una propria infrastruttura di rete. In questo contesto sono possibili determinate forme di collaborazione tra gli operatori di rete. La banda 3,5 GHz, quale parte delle frequenze aggiudicate all'asta nella primavera del 2019, è considerata decisiva per lo sviluppo della tecnologia 5G. Tuttavia, la nuova gamma assegnata non solo servirà a introdurre la nuova generazione di telefonia mobile 5G, ma potrebbe anche costituire la base per l'ulteriore potenziamento delle reti di telefonia mobile esistenti, in particolare le bande a più bassa frequenza della quarta generazione LTE. I diritti e gli obblighi derivanti dall'aggiudicazione all'asta per utilizzare le nuove bande di frequenza saranno validi fino ad aprile 2034.

2.2 Ambiente

Sulla base dell'articolo 74 della Costituzione federale, la legge sulla protezione dell'ambiente¹² (LPamb) mira a proteggere l'uomo, la fauna, la flora, le loro biocenosi e i loro biotopi dagli effetti dannosi o molesti e di conservare in modo duraturo le basi naturali della vita. Inoltre, a scopo di prevenzione, gli effetti che potrebbero divenire dannosi o molesti devono essere limitati tempestivamente. Questi requisiti si applicano anche alle radiazioni non ionizzanti provenienti da impianti di trasmissione di telefonia mobile.

Per quanto concerne la protezione contro le immissioni (ad es. dalle radiazioni legate alla telefonia mobile), il principio di precauzione è specificato all'articolo 11 capoverso 2 LPamb. In questa prospettiva, le emissioni devono essere limitate nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche, e ciò indipendentemente dal carico inquinante esistente. Il principio di precauzione è un elemento fondamentale del diritto ambientale svizzero ed è menzionato anche in numerosi documenti e accordi internazionali. L'idea di base è evitare rischi incalcolabili e tenere conto delle incertezze in merito agli effetti a lungo termine dei carichi inquinanti grazie alla pianificazione di un margine di sicurezza. Nel determinare il livello ammissibile delle emissioni, occorre trovare un giusto equilibrio tra le misure di prevenzione prescritte e i rischi in tal modo evitati.

In una seconda fase, secondo l'articolo 11 capoverso 3 LPAmb, le limitazioni delle emissioni devono essere inasprite al di là di quanto previsto dalle misure di prevenzione se è certo o probabile che gli effetti, tenuto conto del carico inquinante esistente, divengano dannosi o molesti.

Il Consiglio federale è responsabile di applicare e concretizzare il mandato legale a livello di ordinanza. Le radiazioni provenienti dagli impianti di trasmissione sono limitate dall'ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti¹³ (ORNI), che si basa sulla LPAmb. L'ORNI prevede valori limite d'immissione (VLI) per proteggere la popolazione contro i rischi scientificamente provati e accettati legati alle radiazioni. I VLI sono determinati in base allo stato della ricerca scientifica o dell'esperienza, tenendo inoltre conto dei gruppi di popolazione sensibili e garantendo che le immissioni non siano dannose né influiscano in misura eccessiva sul benessere delle persone. Per i VLI, l'ORNI ha recepito i valori di riferimento¹⁴ emessi nel 1998 dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (IC-NIRP), che preservano dagli effetti termici. Questi valori si applicano in tutti i luoghi in cui possono sostare delle persone. Tuttavia, non tengono conto degli effetti biologici (i cosiddetti effetti atermici) nell'intervallo delle dosi deboli né degli effetti a lungo termine non provati scientificamente.

Oltre ai VLI, l'ORNI stabilisce anche valori limite dell'impianto (VLImp), che concretizzano il principio di precauzione sancito dalla LPAMB e definiscono in modo vincolante e definitivo quanto è proporzionale e sopportabile economicamente. In merito all'intensità dei campi elettrici, ogni singolo impianto di telefonia mobile può gravare solo con un decimo del VLI su un luogo dove persone sostano regolarmente per periodi prolungati. Questi cosiddetti «luoghi a utilizzazione sensibile» (LAUS) comprendono abitazioni, scuole, ospedali, luoghi stabili di lavoro o terreni da gioco per bambini definiti come tali nella pianificazione del territorio.

Per modificare o allentare le attuali limitazioni preventive delle emissioni occorrerebbe comprovare che le misure necessarie per conformarsi ai VLImp applicabili non sono più consentite dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche.

I Paesi confinanti con la Svizzera, la maggior parte dei Paesi dell'Unione europea e gli Stati Uniti si fondano esclusivamente sul VLI riconosciuto a livello internazionale e non applicano alcun VLImp supplementare più basso¹⁵. A livello internazionale, la prevenzione è sovente perseguita attraverso altre strategie e misure, quali il monitoraggio dei rischi, l'informazione e la ricerca specifica.

2.3 Altri ambiti giuridici

I requisiti posti in diversi ambiti dalla legislazione alla costruzione di impianti di trasmissione per la telefonia mobile (pianificazione del territorio e edilizia, protezione della natura e del paesaggio, foreste) sono riassunti nell'opuscolo «Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città»¹⁶. In merito si rimanda anche alle raccomandazioni della Conferenza svizzera dei direttori delle pubbliche costruzioni, della pianificazione del territorio e dell'ambiente (CCPA)¹⁷.

Oltre alle antenne di trasmissione delle stazioni di base, anche i cellulari e altri prodotti finali di telecomunicazione emettono radiazioni non ionizzanti nell'ambiente. In Svizzera, le limitazioni che li concernono non sono fissate dalla legislazione sulla protezione dell'ambiente, bensì dalla legislazione sulla sicurezza dei prodotti. Per quanto riguarda l'intensità delle radiazioni, si applicano gli stessi requisiti vigenti nell'Unione europea, secondo i quali i fabbricanti di prodotti finali di telecomunicazione devono garantire che, secondo lo stato attuale della scienza e della tecnica, i loro dispositivi non mettono in pericolo la salute degli utenti. A tal fine, i fabbricanti devono rispettare i valori limite fissati dalla relativa raccomandazione del Consiglio d'Europa.

3 Tecnologia di telefonia mobile

3.1 Reti di telefonia mobile in Svizzera

In Svizzera, le compagnie private Swisscom, Sunrise e Salt gestiscono reti commerciali di telefonia mobile basate finora sugli standard GSM, UMTS e LTE, che corrispondono a generazioni diverse di tecnologie (2G, 3G e 4G). Tutte le concessioni di telefonia mobile sono formulate in modo tecnologicamente neutrale, gli operatori sono quindi liberi di scegliere quale tecnologia utilizzare in quale banda di frequenze.

Oltre a quelle commerciali, esistono altre due reti nazionali di telefonia (mobile): la rete GSM-Rail (o GSM-R), utilizzata dalle FFS (ad es. per il segnalamento in cabina) e la rete d'intervento mobile Polycom, utilizzata dalle autorità e dalle organizzazioni attive nel campo del salvataggio e della sicurezza (AOSS). Quest'ultima si basa sullo standard Tetrapol e consente la radiocomunicazione all'interno e tra le diverse autorità e organizzazioni partecipanti, ossia le guardie di confine, le forze di polizia, i vigili del fuoco, i servizi di soccorso medico, la protezione civile e le formazioni ausiliarie dell'esercito.

Secondo prove di qualità le tre reti commerciali svizzere di telefonia mobile sono considerate «eccezionali» o «molto buone» e figurano tra le migliori in Europa. In un recente confronto globale tra 87 Paesi, la Svizzera si è situata fra i migliori dieci in quattro delle cinque categorie valutate. La rete Polycom e la rete ferroviaria GSM-R devono presentare un elevatissimo livello di sicurezza e disponibilità.

La tecnologia di telefonia mobile è in continua evoluzione e la quinta generazione è attualmente in fase di introduzione. La tecnologia 5G sarà portata avanti dai tre operatori commerciali di telefonia mobile, ma avrà anche un impatto sulla rete di telefonia mobile delle ferrovie e sulla rete nazionale di sicurezza. Infatti, anche la tecnologia che rimpiazzerà il GSM-R si baserà probabilmente sulla tecnologia 5G.

3.2 Introduzione della tecnologia 5G

3.2.1 Aspetti tecnici e applicazioni della tecnologia 5G

La tecnologia 5G è il nuovo standard internazionale di telefonia mobile¹⁸. Le sue caratteristiche sono state definite dall'Unione internazionale delle telecomunicazioni (ITU, un'agenzia dell'ONU) e incluse nello standard per le telecomunicazioni mobili internazionali 2020 (IMT-2020) (cfr. *Tabella 1* per una selezione).

Tabella 1: Requisiti della tecnologia 5G e differenze rispetto alla tecnologia 4G¹⁹

Requisiti per la tecnologia 5G	Differenze tra 5G e 4G
<ul style="list-style-type: none"> - Ampia larghezza di banda: >10 GBit/s Peak²⁰ - Latenza breve: 1-4 ms Air Interface - Elevata sicurezza e disponibilità: 99,999 % - Densità di dispositivi molto elevata (per IdC) - Lunga durata della batteria (per IdC): >10 anni - Autonomia energetica degli apparecchi IdC in rete: >10 anni 	<ul style="list-style-type: none"> - La velocità di trasmissione dei dati è 100 volte superiore. - Il tempo di reazione (latenza) è da 30 a 50 volte più breve. - Permette di centuplicare il numero i dispositivi terminali impiegati (un milione di dispositivi per km²) - L'autonomia energetica è 10 volte superiore.

Con la tecnologia 5G è possibile accelerare la trasmissione, abbreviare i tempi di reazione, ma anche aumentare il numero di dispositivi collegati in rete e l'efficienza energetica. Oltre a questi requisiti quantitativi stabiliti nello standard IMT-2020, la tecnologia 5G consente progressi qualitativi che finora non erano o quasi possibili. Rispetto alle precedenti generazioni di telefonia mobile, la tecnologia 5G offre così la prospettiva di diversi ulteriori sviluppi e di nuove applicazioni:

- la tecnologia 5G consente di meglio gestire e utilizzare le infrastrutture nei settori «città intelligenti» e «case intelligenti» (gestione del traffico, controllo energetico ecc.);
- la tecnologia 5G rende possibili un miglioramento dell'Internet delle cose (IdC) e reti altamente affidabili. A tal fine, la rete di telefonia mobile dovrebbe diventare più flessibile;
- l'elaborazione dei dati ai margini della rete («edge computing») consente l'erogazione di servizi informatici e di archiviazione vicini al cliente. Ciò migliora la prestazione e soddisfa i requisiti per la sicurezza dei dati, essenziali per le infrastrutture critiche o le aziende industriali;
- le aziende possono rendere più efficienti i loro processi produttivi e la loro logistica utilizzando le reti di telefonia mobile direttamente nel loro processo di creazione del valore. Al fine di essere preparati anche per la prevista grande diffusione dell'Internet delle cose, la tecnologia 5G sarà in grado di servire un numero di dispositivi per cella radio circa 100 volte superiore a quello attuale;
- possono essere creati settori di rete in funzione di diversi criteri di qualità che consentono, ad esempio, di mettere a disposizione delle organizzazioni di soccorso, della ferrovia o di altre aziende e organizzazioni, sottoreti altamente affidabili sulla base della rete pubblica di telefonia mobile (il cosiddetto «network slicing»);
- diventa possibile la comunicazione diretta tra dispositivi di telefonia mobile situati uno vicino all'altro. Questa comunicazione da dispositivo a dispositivo (D2D) non è ancora integrata nell'attuale versione standardizzata della tecnologia 5G, ma dovrebbe esserlo in una fase successiva. Diventa possibile anche una comunicazione diretta tra veicoli, che non solo saranno collegati tra loro, ma anche con l'infrastruttura e la rete o Internet;
- con tempi di reazione brevissimi dell'ordine dei millisecondi il controllo e il monitoraggio a distanza di dispositivi, macchine o impianti diventa possibile senza ritardi e in tempo reale, ad esempio per vettori di trasporto autonomi (veicoli e droni), macchine di produzione o robot industriali;
- la tecnologia 5G consente rappresentazioni virtuali più rapide e più realistiche, che possono essere seguite in tempo reale.

Uno studio²¹ commissionato dal settore della telefonia mobile ha valutato gli effetti economici in Svizzera della tecnologia 5G. Secondo lo studio, la 5G creerà circa 137 000 nuovi posti di lavoro e una produzione lorda supplementare pari a 42,4 miliardi di franchi entro il 2030. Questo aumento della produzione sarebbe generato principalmente al di fuori del settore delle telecomunicazioni, da parte delle aziende utilizzatrici (ad es. industria di produzione, pubblica amministrazione, commercio al dettaglio e all'ingrosso, banche, assicurazioni o trasporti).

Le nuove caratteristiche della tecnologia 5G non sono dovute tanto a soluzioni di radiotecnica, quanto piuttosto al ricorso a software («softwarization»). La rete di telefonia mobile può essere adattata alle esigenze specifiche e risulta pertanto più snella e rapida. La maggiore capacità della tecnologia 5G è in fin dei conti il risultato di computer migliori nei dispositivi di trasmissione e di ricezione, ciò che consente un salto qualitativo e quantitativo rispetto alla tecnologia 4G.

Per quanto riguarda la radiotecnica e le radiazioni emesse dalle antenne, la tecnologia 5G è paragonabile all'attuale 4G. Utilizza la stessa tecnica di modulazione. Vi è invece una differenza nella larghezza di banda disponibile, ossia nella quantità di dati che possono essere trasmessi contemporaneamente e quindi nella maggiore potenza di trasmissione, nonché nella situazione di esposizione alle radiazioni, che varia in modo più rapido e pronunciato. Per trasmettere queste

bande piú larghe occorrono frequenze piú elevate. Anche il trattamento delle informazioni trasmesse è diverso: la capacità di calcolo disponibile sia nella struttura di rete delle stazioni di base sia nei dispositivi terminali mobili consente un'elaborazione dei dati piú efficiente rispetto alla tecnologia 4G.

Tuttavia, per raggiungere gli obiettivi della tecnologia 5G, occorrono anche cambiamenti nella radiotecnica, ad esempio per quanto concerne la struttura dei segnali radio, la cosiddetta interfaccia aerea. Si tratta di uno sviluppo supplementare dell'interfaccia aerea della LTE (4G), la tecnologia precedente. Nella tecnologia 5G, l'interfaccia aerea è chiamata «New Radio». Per utilizzare in modo piú efficiente le maggiori larghezze di banda (fino a 800 MHz) e le varie bande di frequenza²², è stato necessario rendere la struttura del segnale piú snella e flessibile. La tecnologia 5G emette quindi un numero notevolmente inferiore di segnali di controllo rispetto alla tecnologia 4G. Queste modifiche relative alla struttura del segnale non solo comporteranno una minore interferenza nelle celle radio e quindi un aumento della qualità di trasmissione, ma ridurranno anche l'esposizione media nelle celle radio inutilizzate. In una rete 5G, le larghezze di banda utilizzate possono essere impostate in modo piú flessibile rispetto alla tecnologia 4G, per operare sia nelle bande di frequenza piú basse sia in quelle piú alte. 4G e 5G potranno anche coesistere nella stessa banda di frequenze. La tecnologia 5G dovrebbe inoltre consentire l'impiego di capacità supplementari attraverso le funzioni WLAN. Il vantaggio sta nel fatto che tutte le applicazioni sono globalmente disponibili attraverso un'unica tecnologia, favorendo quindi l'innovazione e riducendo i costi.

La larghezza di banda è flessibile anche sul fronte dei dispositivi finali. Un dispositivo di telefonia mobile non deve necessariamente utilizzare l'intera larghezza di banda proposta dalla stazione base, ma può funzionare utilizzandone anche solo una parte. Il dispositivo può così risparmiare energia, ciò che spiega la lunga durata della batteria nei sensori.

In una prima fase, la tecnologia 5G sarà implementata in Svizzera principalmente nella banda di frequenze 3,5 GHz, poiché consentirà larghezze di banda piú elevate rispetto alle frequenze convenzionali. Solo con questa banda di frequenze si possono teoricamente raggiungere velocità di trasmissione dei dati pari a circa 2,5 GBit/s. Ma la tecnologia 5G può essere utilizzata in tutte le frequenze di telefonia mobile e consente anche il ricorso a bande a onde millimetriche a partire da 24 GHz, anche se, al momento, gli operatori non ne prevedono ancora l'introduzione in Svizzera. Per poter utilizzare queste bande di frequenza, inoltre, il Consiglio federale dovrebbe modificare il Piano nazionale di attribuzione delle frequenze (PNAF) (cfr. *cap. 3.2.3*), mentre la ComCom e l'UFCOM dovrebbero avviare una procedura di aggiudicazione.

Le pagine del sito web dell'Osservatorio 5G dell'UE²³ propongono una rassegna di informazioni sullo sviluppo della tecnologia 5G all'estero.

3.2.2 Nuove tecnologie di antenna

Dal punto di vista della radiotecnica, le frequenze attorno a 3,5 GHz possono trasportare piú larghezza di banda, ma le loro caratteristiche di propagazione sono peggiori rispetto alle gamme di frequenza utilizzate finora (800 MHz – 2,6 GHz). Ciò significa che vengono attenuate piú fortemente quando sono trasmesse attraverso l'aria o attraverso gli involucri degli edifici. Per compensare queste proprietà negative si possono utilizzare antenne adattative, costituite da numerosi elementi di antenna controllati singolarmente. Con queste antenne, il segnale può essere indirizzato in modo mirato verso l'utente o il dispositivo mobile («beamforming»).

Una tecnica di trasmissione con antenne multiple, trasmittenti e riceventi, o con piú parti di antenna è chiamata MIMO²⁴ (Multiple Input – Multiple Output; se il numero di antenne di trasmissione è elevato, si parla anche di «massive-MIMO»). Anch'essa è destinata alla tecnologia 5G. La potenza di trasmissione è suddivisa fra tutte le antenne e il segnale è diffuso da tutti gli elementi di antenna e ricevuto da piú elementi di antenna. In tal modo è migliorata la qualità di ricezione e aumentata sia la portata sia la velocità di trasmissione dei dati²⁵.

Dirigendo la trasmissione dell'informazione verso l'utente nella cella radio, con il beamforming, aumentano la complessità e la dinamica dei segnali emessi. I segnali sono inviati principalmente dove sono utilizzati. Se la potenza complessiva non viene aumentata né l'utilizzazione cambia in modo significativo, le interferenze sono minori rispetto alle tecnologie precedenti. I primi modelli di calcolo²⁶ e le misurazioni su impianti²⁷ mostrano che quando si utilizza il beamforming, nella maggior parte dei casi viene emessa solo una frazione del valore massimo teorico della potenza di trasmissione (cfr. *cap. 5.4.5*). Anche in caso di traffico intenso non viene emesso piú di un quarto della potenza massima teorica, in

alcuni scenari non più di un ottavo. Poiché, a differenza dei segnali di controllo, il traffico dati non viene più irradiato come prima nell'intera cella radio, ma tende piuttosto ad essere indirizzato verso l'utente, il beamforming permette di ridurre l'esposizione media, in termini sia di superficie sia di durata.

3.2.3 Fabbisogno di onde millimetriche nella telefonia mobile

La telefonia mobile si sviluppa a ritmi rapidissimi. Per questa ragione non è facile valutare quella che sarà, in futuro, l'importanza delle onde millimetriche. Essa dipenderà dal potenziale specifico e dalle innovazioni complessive.

In Svizzera la tecnologia 5G è attualmente in fase di introduzione con frequenze inferiori a 6 GHz. In questa gamma, tuttavia, non può dispiegare la sua intera capacità (ossia almeno 10 GBit/s downlink), poiché larghezza di banda non è sufficiente. In Svizzera la tecnologia 5G non è attualmente utilizzata nella gamma di onde millimetriche. Con queste frequenze è possibile raggiungere velocità massime di trasmissione dei dati superiori a 20 Gbit/s. Tuttavia, anche queste frequenze hanno caratteristiche di propagazione significativamente peggiori (involucro degli edifici, finestre metallizzate, persone, fogliame, pioggia ecc.) e, a seconda della frequenza, la distanza di copertura utile può essere solo di alcuni metri. Inoltre, nella maggior parte dei casi queste frequenze richiedono una linea di visibilità diretta fra il trasmettitore e il ricevitore. Ciò è possibile, ad esempio, per il pubblico presente in uno stadio per una partita di calcio, ma non tra i dispositivi IdC e altri terminali all'interno di un edificio e un'antenna esterna.

In occasione della Conferenza mondiale delle radiocomunicazioni dell'autunno 2019 saranno identificate in tutto il mondo le bande di frequenza nella gamma millimetrica per la comunicazione mobile. In Svizzera spetta al Consiglio federale decidere nell'ambito dell'approvazione del Piano nazionale di attribuzione delle frequenze (PNAF) in merito all'utilizzazione di queste bande di frequenza. Sulla base di questa decisione, la ComCom può chiarire la domanda sul mercato e, se necessario, assegnare le relative frequenze (ad es. mediante aggiudicazione all'asta). Negli Stati Uniti e in Asia, le onde millimetriche sono utilizzate per fornire la banda larga agli edifici. Sebbene la Svizzera si trovi in una situazione diversa per quanto riguarda le reti FTTH («fiber to the home») e le reti ibride in fibra ottica (di Swisscom, UPC e altri operatori), questi approcci andranno presi in considerazione per la copertura, in Svizzera, delle aree abitative diffuse. La ComCom e l'UFCOM dovrebbero esaminare in che misura vi sia un fabbisogno effettivo di onde millimetriche per la copertura con banda larga in Svizzera, e ciò prima di assegnare queste frequenze agli operatori di telefonia mobile (una valutazione analoga a quella eseguita in vista dell'aggiudicazione delle frequenze in uso finora). Altre possibili applicazioni delle onde millimetriche in Svizzera sarebbero la copertura con banda ultra larga di edifici discosti, quella di aree ristrette ma con utilizzazione elevata (stazioni ferroviarie principali, centri commerciali, stadi) o le reti di campus in capannoni industriali.

Le frequenze più elevate hanno cattive caratteristiche di penetrazione. Di conseguenza, gli eventuali rischi per la salute differiscono da quelli presentati dalle frequenze di telefonia mobile utilizzate finora (cfr. cap. 5.5.2).

4 Fatti e previsioni

4.1 Volume di dati

4.1.1 Previsioni sullo sviluppo globale dei dati

Da quando è stato introdotto lo smartphone l'uso di Internet mobile è aumentato in modo esponenziale. Negli ultimi anni, in Svizzera il volume dei dati trasportati è raddoppiato ogni 12-18 mesi²⁸. Le seguenti previsioni mostrano l'evoluzione del traffico dati nei prossimi anni. Dati e previsioni si basano sull'Ericsson Mobility Report del novembre 2018²⁹.

La *Figura 2* mostra l'aumento previsto dei dati trasmessi attraverso le tecnologie 5G e quelle precedenti. Si può notare come l'aumento del volume di dati trasmessi con la tecnologia 5G sarà relativamente lento. L'introduzione di una nuova tecnologia richiede infatti sempre un po' di tempo.

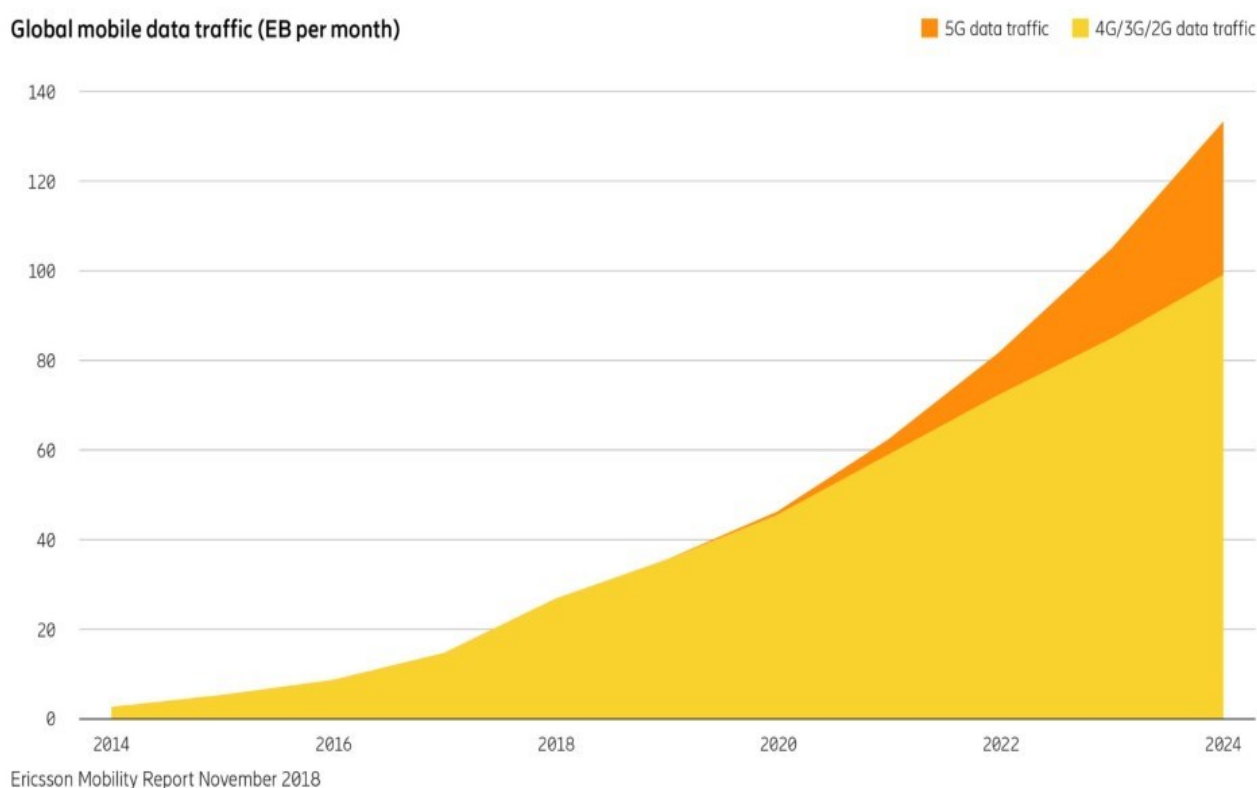


Figura 2: Previsione di sviluppo per il volume globale di dati trasmessi attraverso le tecnologie 5G e precedenti (4G, 3G e 2G) [EB per month: exabytes (10¹⁸) al mese]

La maggior parte del traffico mobile di dati (incluso il traffico internazionale) è legato alle applicazioni video (ca. due terzi). In questo settore ci si attende un'ulteriore forte crescita.

Nell'ambito delle applicazioni di Internet delle cose, si calcola che il numero di connessioni dati dovrebbe aumentare di circa il 400 per cento nei prossimi cinque anni.

Cellular IoT connections per region (billion)

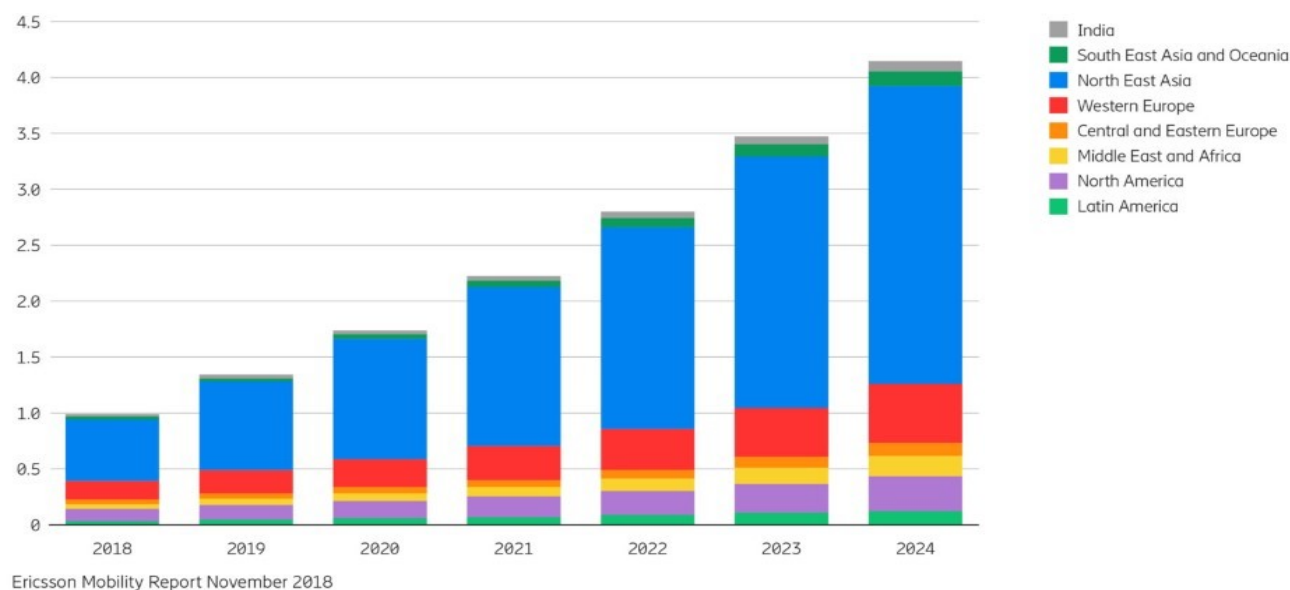


Figura 3: Previsione di sviluppo per i collegamenti IdC in base a regioni globali (miliardi)

Secondo questa previsione, in Europa occidentale il volume totale di dati mobili entro il 2024 aumenterà rispetto al 2018 per più del fattore 5 (524 %). Si calcola che nel 2024 un quarto del volume totale di dati sarà trasmesso mediante la tecnologia 5G. Questo volume da solo corrisponde a circa 1,3 volte la quantità totale di dati trasmessa oggi.

4.1.2 Previsioni per la Svizzera

Le previsioni sullo sviluppo dei dati formulate dal rapporto sulla mobilità Ericsson valgono in linea di massima anche per la Svizzera. Nei prossimi 2-5 anni si prevede un ulteriore forte aumento del volume di dati trasmessi sulla rete 4G anche dopo l'introduzione della tecnologia 5G. Questo significa in concreto che le reti di telefonia mobile dovranno essere ulteriormente ampliate già solo per quanto concerne la tecnologia 4G. Alcune delle future applicazioni dell'Internet delle cose con collegamenti di telefonia mobile (ad es. sensori di parcheggio, indicatori di livello) comunicano solo raramente e utilizzano dunque un volume esiguo di dati. A causa del numero e della varietà delle applicazioni ci si deve nondimeno attendere un aumento complessivo del volume di dati.

I tre operatori attivi in Svizzera (Swisscom, Sunrise, Salt) dichiarano che i loro dati si ripartiscono in misura uguale nelle categorie di applicazioni proposte dal rapporto sulla mobilità Ericsson (cfr. Figura 4). Le applicazioni video rappresentano con il 60 per cento circa la quota maggiore del volume complessivo dei dati. Gli operatori ed Ericsson calcolano che questa percentuale continuerà a crescere fortemente nei prossimi anni, a causa in particolare dell'aumento della trasmissione di immagini in molti settori, come ad esempio nell'ambito dell'intrattenimento, della produzione, della formazione, delle videoconferenze, della sorveglianza, della medicina, della realtà virtuale e aumentata.

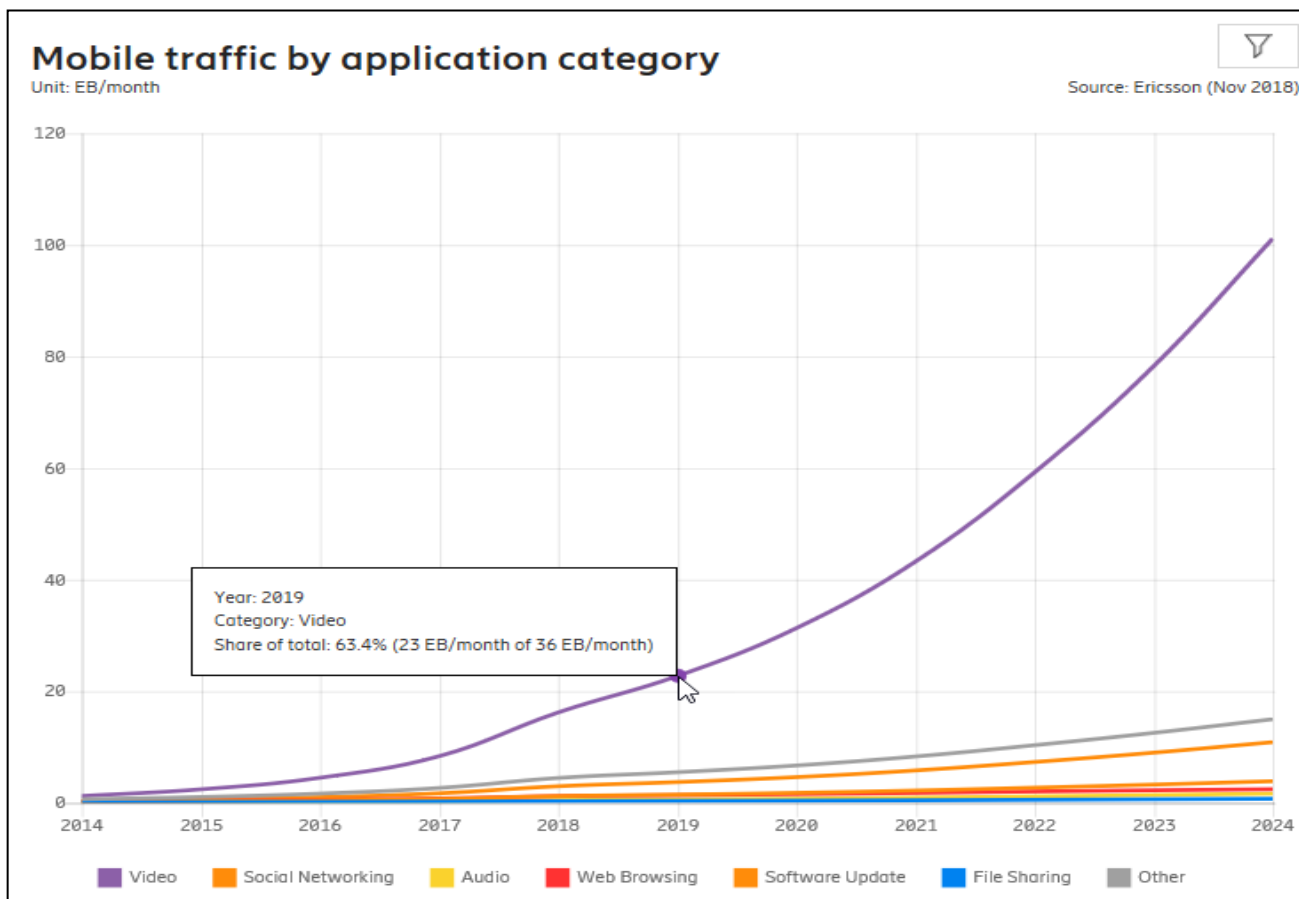


Figura 4: Aumento previsto del traffico dati in base alle applicazioni

Gli operatori calcolano che poco meno della metà dei dati è trasmessa nelle aree urbane, poco meno di un terzo nelle aree suburbane e circa un quarto nelle aree rurali.

La *Tabella 2* mostra le quote delle potenze di trasmissione e dei volumi di dati nel 2018 in Svizzera per generazione di tecnologia di telefonia mobile.

Tabella 2: Quote delle potenze di trasmissione (inclusa la telefonia vocale) e volumi di dati 2018

Tecnologia	Potenza di trasmissione	Volume di dati
2G	5 %	<1 %
3G	25 %	5 %
4G	70 %	95 %

Negli ultimi cinque anni, la maggior parte del volume di dati è stato di gran lunga assorbito dalla tecnologia 4G con la quale oggi in Svizzera sono trasmessi il 95 per cento dei dati.

Nel 2018 la tecnologia 2G ha trasmesso nettamente meno dell'1 per cento del volume complessivo dei dati. Negli ultimi sei anni il volume di dati trasmessi attraverso la tecnologia 3G è diminuito proporzionalmente dal 95 al 5 per cento. Anche se attualmente le tecnologie 2G e 3G non trasmettono quasi più un volume di dati significativo, tra la metà e tre quarti delle conversazioni di telefonia mobile sono ancora effettuate utilizzando queste due tecnologie. Inoltre, esistono

ancora molte applicazioni M2M (machine-to-machine) che funzionano con modem 2G o 3G. Gran parte delle riserve di potenza che risulterebbero dall'abbandono della tecnologia 2G sono già state utilizzate per potenziare la trasmissione di dati attraverso la tecnologia 4G. Tutti gli operatori hanno già abolito la tecnologia 2G dalla maggior parte delle loro bande di frequenza. La tecnologia 2G può essere fornita con un software speciale, di modo che già oggi le potenze 2G possono essere utilizzate per potenziare le tecnologie 4G e 5G. Alcuni operatori prevedono di abbandonare la tecnologia 2G già entro il 2020, poiché il suo apporto sta diventando sempre meno importante.

4.2 Strutture di rete

4.2.1 La rete attuale

Le reti di telefonia mobile sono reti cellulari. In quest'ultime la zona di copertura della rete di telefonia mobile è suddivisa in una molteplicità di celle radio adiacenti e sovrapposte di dimensioni limitate, ciascuna delle quali è alimentata da una stazione di base.

Una rete di telefonia mobile deve essere in grado di erogare il servizio agli utenti mobili possibilmente senza interruzioni. Ogni antenna può trasmettere contemporaneamente solo una quantità limitata di dati. Le aree servite da una stazione di base variano per dimensioni. La grandezza delle celle radio dipende dal numero di utenti e dal volume di dati previsti e dalla topografia. Il diametro di una cella radio può così raggiungere alcuni chilometri nelle aree rurali mentre nelle città può anche essere inferiore ai 100 metri. Il maggior numero di impianti di trasmissione si trova nelle città e nei Comuni densamente popolati, dove i servizi di telefonia mobile sono utilizzati da molte persone in spazi ristretti. Per aumentare le capacità di trasmissione mobile è possibile sfruttare il potenziale offerto dall'organizzazione delle celle radio su più livelli (ad es. macrocelle, microcelle e celle indoor). Strutture di rete ibride composte da diversi livelli di celle rappresentano oggi standard tecnici riconosciuti a livello nazionale e internazionale e vengono adottate anche dagli operatori svizzeri.

In Svizzera, a livello di esecuzione (ORNI e raccomandazioni di esecuzione dell'UFAM), si distingue tra impianti che emettono fino a un massimo di 6 watt (W) di potenza di trasmissione ERP e impianti che operano con una potenza di trasmissione maggiore. Gli impianti con potenza inferiore a 6 W ERP non sono soggetti alle limitazioni preventive delle emissioni previste dall'ORNI. Di norma, questi piccoli impianti sono autorizzati dai Cantoni e dai Comuni con una procedura semplificata, per la quale è sufficiente una notifica alle autorità esecutive. Nel linguaggio comune, vengono anche designati come «microcelle». Si noti che nel contesto internazionale questo termine viene utilizzato con un'accezione diversa: per «microcelle» si intendono infatti impianti di trasmissione di una potenza fino a diverse centinaia di watt ERP che servono ad aumentare la capacità locale. La designazione di impianti di trasmissione con prefissi come macro o micro ha quindi senso solo all'interno di uno specifico quadro normativo, senza rivestire una validità generale.

La qualità delle reti di telefonia mobile di un'area geografica è definita dalla copertura e dalla capacità, e con la tecnologia 5G in particolare anche dall'alta disponibilità (ridondanza) e dai bassi tempi di latenza. In questo modo, le reti di telefonia mobile sono soggette a standard di qualità sempre maggiori. La copertura è garantita quando in linea di principio è possibile collegarsi alla rete. Inoltre, la capacità fornisce informazioni sulla velocità di trasmissione dei dati disponibile, ossia sul volume di dati che può essere trasmesso al secondo. La ridondanza si riferisce, invece, alla sovrapposizione di più celle radio grazie alla quale è possibile garantire un funzionamento ininterrotto anche in caso di guasti. La copertura è indipendente dal numero simultaneo di utenti. Le capacità disponibili di principio in una cella radio, al contrario, devono essere condivise da tutti gli utenti attivi in contemporanea. La ridondanza sta diventando sempre più importante. In molti casi, infatti, le chiamate d'emergenza sono possibili solo attraverso la telefonia mobile. Per giunta, le organizzazioni di intervento utilizzano già oggi i servizi di telefonia mobile, e lo faranno ancora più spesso in futuro. I tempi di latenza bassi, d'altro canto, sono necessari per consentire soluzioni di telefonia mobile in aree critiche come l'automazione industriale con controllo in tempo reale.

Le macrocelle con antenne su edifici, torri o rialzi del terreno servono alla fornitura di base di un'area dal punto di vista di copertura e capacità. Sono inoltre importanti per l'erogazione del servizio a utenti che si spostano rapidamente da un luogo all'altro. Le microcelle sono utilizzate principalmente dove c'è un grande volume di dati a livello locale. È il caso di luoghi molto frequentati o anche di spazi all'interno di grandi edifici con intenso traffico di persone, come ad esempio

stazioni ferroviarie, centri commerciali o stadi. Infine, picocelle e femtocelle permettono di garantire la capacità necessaria all'interno degli edifici. Le microcelle possono anche integrare la rete di telefonia mobile in luoghi in cui le condizioni geografiche impediscono localmente la ricezione dalle macrocelle.

Tabella 3: Tipi di celle

Tipo di cella	Raggio tipico di copertura	Tipo di copertura
Macrocella	fino a 5 km (norma: da 1 a 2 km)	Su ampie superfici, all'esterno e all'interno di edifici nonché per impiego mobile (treno, automobile, bus ecc.). (Nelle città svizzera distanze di 300-500 m tra le macrocelle sono già oggi la norma).
Microcella*	da 50 a 200 m (norma: 100 m)	In aree dal traffico intenso, all'esterno e all'interno di edifici.
Picocella*, femtocella*	meno di 100 m (norma: meno di 50 m)	Per lo più all'interno di edifici, spesso con pochi utenti.

* Nel presente rapporto questi tipi di celle saranno tutti designati come «piccole celle».

4.2.2 Competenze pianificatorie nell'ambito della telefonia mobile

Secondo l'articolo 92 della Costituzione federale, la regolamentazione delle telecomunicazioni compete alla Confederazione. Oggi quest'ultima non gestisce più direttamente reti pubbliche di telecomunicazione. I servizi di telefonia mobile sono forniti da privati su concessione della Confederazione. La concorrenza e l'orientamento al mercato fanno sì che in Svizzera vengano offerti servizi di telecomunicazione di alta qualità e che i bisogni dei clienti, soggetti a un'evoluzione costante, siano soddisfatti nel migliore modo possibile. Per poter gestire una rete di telefonia mobile su tutto il territorio nazionale è in particolare necessaria una concessione di telefonia mobile della ComCom. Nelle concessioni, la ComCom stabilisce requisiti minimi per quanto riguarda il grado di copertura, in modo da garantire che le frequenze possano effettivamente essere utilizzate. Le concessioni rilasciate all'inizio del 2019 impongono agli operatori di fornire entro il 2024 servizi di comunicazione mobile a metà della popolazione svizzera. Le concessioni non forniscono direttive sulla struttura specifica e l'infrastruttura tecnica delle reti di telefonia mobile da utilizzare a tal fine (concessioni tecnologicamente neutrali). Nel quadro legale delineato, i titolari di concessioni di telefonia mobile sono liberi di determinare dove e con quali frequenze, tecnologie e qualità (copertura, capacità, velocità, latenza, disponibilità ecc.) e tipo di copertura (mobile, esterna, all'interno di edifici ecc.) desiderano erogare il servizio in una determinata area. Gli operatori entrano così in concorrenza per quanto riguarda la costruzione dell'infrastruttura, la fornitura dei servizi e i prezzi. Occorre ad ogni modo rilevare, che la concorrenza venutasi a creare in questo modo non ha impedito la realizzazione di tre reti di telefonia mobile quasi integralmente sovrapposte nella loro esecuzione definitiva.

La competenza di stabilire la qualità e il tipo della copertura spetta, ai sensi della LTC e in mancanza di disposizioni nelle concessioni di telefonia mobile in vigore, esclusivamente agli operatori. Poiché i servizi di telefonia mobile sono forniti sulla base di una concorrenza a livello di infrastrutture tra fornitori privati di servizi di telecomunicazione, gli operatori sono responsabili anche della pianificazione, della costruzione e dell'esercizio della loro infrastruttura. I Cantoni e i Comuni non hanno la competenza di influire con atti sovrani sulla qualità delle reti di telefonia mobile o sul tipo di servizio fornito. Tuttavia, essi possono prevedere una pianificazione delle ubicazioni nel quadro delle loro competenze in materia

di diritto edilizio e pianificatorio. Tali misure di pianificazione territoriale hanno ripercussioni su singoli siti e quindi, indirettamente, anche sulla qualità dell'offerta. L'esercizio di un sito in posizione subottimale dal punto di vista tecnico può indurre gli operatori a creare altri siti per raggiungere il loro obiettivo di copertura.

In linea di principio, i Cantoni e i Comuni possono emanare direttive nell'ambito del diritto pianificatorio in merito allo sviluppo della rete di telefonia mobile. A tal fine, tuttavia, occorre rispettare le disposizioni del diritto federale e tenere conto, inoltre, dell'interesse, sancito dalla legge sulle telecomunicazioni, che sia garantito un servizio di telefonia mobile di buona qualità, conveniente e innovativo. La legge non prevede per contro che sia data la priorità all'infrastruttura di rete fissa o a una copertura WLAN capillare rispetto alle reti di telecomunicazione mobile. Non stabilisce, inoltre, che sia fatta una distinzione tra copertura interna ed esterna. Le direttive comunali non devono violare gli interessi pubblici tutelati dalla legge federale sulle telecomunicazioni. Devono pertanto tenere conto dell'interesse di garantire un servizio di telefonia mobile di buona qualità e una concorrenza effettiva tra gli operatori di telefonia mobile.

A livello di progettazione e di pianificazione, gli operatori di telefonia mobile devono attenersi alle esigenze per i moderni servizi di comunicazione mobile stabilite dall'ITU (IMT-2020, cfr. *cap. 3.2.1*). A queste specifiche fanno riferimento in uguale misura gli operatori di rete e i produttori di dispositivi finali. Poiché la tecnologia 5G è attualmente l'unica tecnologia che soddisfa questi requisiti, la sua introduzione in Svizzera garantirà anche la competitività internazionale.

4.2.3 Strutture di rete in vista dell'introduzione della tecnologia 5G

La legge sulle telecomunicazioni richiede dagli operatori di telefonia mobile servizi a prezzi convenienti per i clienti privati e per l'economia. La costruzione e il funzionamento efficiente delle reti di telefonia mobile assumono di conseguenza una rilevanza particolare. Nell'ambito della progettazione, della costruzione e dell'esercizio delle reti di telefonia si sono imposte a livello internazionale «strutture di rete ibride». La spina dorsale del sistema di approvvigionamento è costituita dalle cosiddette macrocelle ad alta potenza di trasmissione, che garantiscono un servizio di telefonia mobile capillare (mobile, all'interno, all'esterno). In luoghi con un maggiore utilizzo della telefonia mobile (ad es. stadi, centri commerciali ecc.) o esigenze particolari (edifici commerciali, ospedali ecc.) la rete è integrata da sistemi aggiuntivi a bassa potenza (microcelle) o da soluzioni interne all'edificio. Si tratta di un quasi standard affermatosi in tutto il mondo dimostrando la propria efficacia. La sua adozione è prevista anche nell'ambito del potenziamento della tecnologia 5G.

In una fase preliminare, per la tecnologia 5G oggi viene utilizzata prevalentemente la banda di frequenza attorno ai 3,5 GHz³⁹. Le frequenze a partire da 24 GHz (onde millimetriche) potranno essere utilizzate in Svizzera per la tecnologia 5G unicamente in seguito (cfr. *cap. 3.2.3*). Il loro impiego è limitato a spazi di estensione ridotta con una richiesta elevata di capacità di trasmissione e una corrispondente copertura a banda ultra larga (i cosiddetti hotspot).

A medio termine, per la tecnologia 5G verranno sfruttate anche le bande di frequenza precedenti. Un operatore di telefonia mobile utilizza le frequenze esistenti e le antenne 4G per rendere rapidamente disponibile la tecnologia 5G a gran parte della popolazione. Esistono antenne in grado di trasmettere sia segnali 4G che 5G. In questo modo, la tecnologia 5G offre prestazioni leggermente superiori rispetto alla tecnologia 4G, non è però possibile sfruttare appieno il suo potenziale.

4.2.4 Struttura di rete con piccole celle

Con il ricorso a frequenze più alte, l'uso di piccole celle tenderà molto probabilmente ad aumentare. Rispetto alle macrocelle, le piccole celle hanno dimensioni più ridotte, ma anche una potenza di trasmissione e una capacità inferiori. Per questo motivo, anche con la tecnologia 5G, le prestazioni di una piccola cella non si avvicineranno mai a quelle garantite da una macrocella, soprattutto su grandi distanze, in termini di velocità massima di trasmissione dei dati, disponibilità o numero di utenti simultanei. Tuttavia questo deficit può essere compensato con una struttura di rete più fine e con un numero elevato e una maggiore densità di piccole celle. Per questo, anche per la tecnologia 5G, occorre utilizzare piccole celle come parte integrante delle reti di telefonia mobile, soprattutto nelle città. Ciò significa che le reti di telefonia mobile continueranno a presentare una struttura di rete eterogenea: macrocelle per una copertura di ampia estensione, piccole celle in luoghi con elevate esigenze di capacità.

4.2.5 Particolarità nello spazio urbano

La maggior parte del traffico dati mobile in Svizzera viene generato nelle città. L'accostamento ravvicinato di aree con elevato traffico dati, molti servizi rilevanti per la sicurezza, diverse opzioni di utilizzo (negli edifici fino al piano interrato, in piazze molto frequentate ecc.) e l'elevata presenza di LAUS nelle aree residenziali e in altre aree ricreative rappresentano una particolare sfida ai fini di garantire il servizio di telefonia all'interno delle città. Nello spazio urbano, pertanto, le reti di telefonia devono rispondere a esigenze elevate, in modo da potere soddisfare i bisogni di una società mobile. Oggi e in futuro sarà imprescindibile aumentare la densità della rete di telefonia mobile.

Luoghi molto frequentati come centri città, strutture per il tempo libero con molti visitatori, centri commerciali, istituti di formazione, uffici ed edifici amministrativi, o complessi industriali con un bisogno elevato di comunicazione al loro interno sono aree predestinate all'impiego di piccole celle.

È difficile confrontare l'ampliamento delle reti con macrocelle aggiuntive con l'ampliamento delle reti con piccole celle, tenendo conto dei costi di pianificazione, costruzione ed esercizio. Nella fase di acquisizione del sito, le città quali proprietarie dei propri edifici, dell'illuminazione stradale ecc. possono venire in aiuto, permettendo di ridurre i costi.

4.2.6 Particolarità lungo gli assi ferroviari

Alla luce della crescente domanda generale di connettività senza fili e del quadro giuridico svizzero, le FFS, in qualità di operatore di telefonia mobile supplementare (telefonia esclusivamente ferroviaria), si trovano ad affrontare sfide simili a quelle cui sono confrontati i tre operatori commerciali di telefonia mobile. Con la produzione ferroviaria digitalizzata, il servizio di telefonia mobile è confrontato a esigenze sensibilmente maggiori. Per questo motivo le FFS prevedono di fornire, tra il 2022 e il 2032, una connettività di telefonia mobile per l'esercizio ferroviario ad alte prestazioni affidabile e largamente disponibile.

Il futuro sistema di comunicazione mobile ferroviaria (Future Railway Mobile Communication System FRMCS) dovrà basarsi sulle stesse specifiche tecniche utilizzate dagli altri operatori (ad es. tecnologia 4G o 5G). Per poter garantire l'interoperabilità europea, in fase di transizione sarà necessario mantenere in esercizio parallelamente il FRMCS e l'attuale GSM-R.

Per la comunicazione da e verso il treno, si distingue in linea di principio tra i seguenti tipi di comunicazione, cui corrispondono fabbisogni futuri diversi.

Tabella 4: Fabbisogno futuro nella comunicazione ferroviaria

Tipo di comunicazione	Scopo della copertura	Fabbisogno futuro
Critical communication	Funzioni critiche per l'esercizio ferroviario (ad es. guida del treno)	<10 MBit/s
Performance communication	Ottimizzazione dell'esercizio ferroviario (ad es. sorveglianza video, informazioni per i clienti)	<50 MBit/s
Business communication	Fornitura di servizi ai viaggiatori (ad es. telefonia, Internet sul treno)	≤1 GBit/s

Gli operatori commerciali di telefonia mobile di norma dispongono di tre orientamenti d'antenna per postazione, con cui coprono l'area di copertura in forma di nido d'ape (3 volte 120°). I tracciati ferroviari sono così coperti attraverso un gran numero di luoghi di trasmissione diversi. Oltre alla copertura locale, gli impianti devono anche essere in grado di

soddisfare le elevate esigenze di clienti in movimento ad alta velocità. Al fine di soddisfare la futura richiesta di comunicazione da e verso il treno, è necessario puntare su una copertura lineare ottimizzata del corridoio tecnico ferroviario. In questo caso, i siti sono ubicati di regola direttamente accanto ai binari e alimentano il corridoio ferroviario con due orientamenti d'antenna (2 volte 180°). In questo modo si assicura principalmente la comunicazione da e verso il treno.

Nel caso della copertura di telefonia mobile lungo il corridoio tecnico ferroviario, si verificano solo brevi picchi di potenza dell'intensità del campo elettrico, in corrispondenza dell'ubicazione del treno in movimento. Ad eccezione dei luoghi a utilizzazione sensibile (LAUS) su percorsi molto frequentati, le comunicazioni ferroviarie comportano solo esposizioni momentanee. L'esposizione media dei LAUS si situa oggi nettamente al di sotto del valore limite dell'impianto vigente.

Quando oggi si pensa a come garantire un approvvigionamento ottimale non ci si chiede tanto se privilegiare la comunicazione ferroviaria o il servizio per i viaggiatori. Si considera piuttosto, al contrario, se la copertura debba essere garantita solo sulla linea ferroviaria (di norma due orientamenti di antenna) o anche alle aree circostanti (di regola tre orientamenti di antenna).

Si può partire dal principio che, come avvenuto per gli operatori di telefonia mobile commerciali, le FFS e altre ferrovie svizzere³¹ utilizzino frequenze più elevate. Per mantenere la qualità della copertura in queste bande di frequenza, a struttura di rete immutata saranno necessarie potenze di trasmissione più elevate oppure, conformemente al quadro giuridico in vigore, occorrerà aumentare la densità dei luoghi di trasmissione. A seconda del modello scelto per la futura struttura di rete di telefonia mobile delle FFS, al fine di garantire la comunicazione critica («critical communication») occorre calcolare che sarà necessario ampliare la rete con fino a 3000 nuove stazioni emittenti (su ca. 5000 km di percorso). Oggi le FFS gestiscono circa 1200 siti di telefonia mobile.

Il numero di stazioni emittenti richieste è influenzato principalmente dai seguenti fattori:

- quadro normativo dell'ORNI (valori limite legali);
- quote della gamma di frequenze assegnate per la copertura del corridoio ferroviario tecnico (assegnazione a livello europeo);
- possibilità tecniche di comunicazione sui treni (ad es. tecnologie d'antenna o finestre trattate al laser che i segnali di telefonia mobile sono in grado di penetrare meglio rispetto ai finestrini convenzionali).

Oltre all'aspetto economico, anche fattori tecnici legati all'alta velocità dei treni si oppongono a una distanza troppo breve tra stazioni emittenti. Se fosse consentito superare di un certo grado e per breve tempo il valore limite preventivo dell'impianto (ad es. per un massimo del 5 % del tempo), il numero di stazioni di emissione necessarie per l'approvvigionamento del corridoio ferroviario tecnico si ridurrebbe, con conseguente risparmio di costi. A causa di diverse questioni aperte legate ai fattori tecnici menzionati, oggi non è ancora possibile quantificare in termini monetari il potenziale di risparmio. In vista dell'imminente realizzazione del futuro servizio di telefonia mobile per l'esercizio ferroviario, le FFS stanno effettuando diverse prove insieme ad altri operatori di rete per esaminare la copertura nei treni utilizzando diverse quote della gamma di frequenze e diverse tecnologie. I primi risultati sono attesi a breve.

4.3 Raggiungimento dei valori limite

4.3.1 Fonti dei dati

I dati utilizzati in questo capitolo provengono da un'indagine condotta nel dicembre 2018 sulla base delle informazioni di esercizio dei tre operatori di telefonia mobile in Svizzera.

I dati sull'utilizzazione delle capacità sono stati forniti dai tre operatori e l'Ufficio federale delle comunicazioni (UFCOM) li ha anonimizzati e controllati con prove a campione. I dati indicano in quale misura gli impianti di telefonia mobile raggiungono il relativo valore limite. In tal modo è possibile stimare i margini di potenziamento degli impianti esistenti relativamente alla nuova tecnologia 5G.

Secondo la definizione dell'ORNI, ogni impianto di telefonia mobile è costituito da uno o più tralicci su cui sono montate delle antenne. In Svizzera esistono 12 274 impianti di telefonia mobile, composti da circa 18 000 tralicci (stato: dicembre 2018). Il rilevamento non considera né i circa 1200 impianti di telefonia mobile delle FFS né gli impianti Polycom. Nel caso degli impianti con una potenza di trasmissione inferiore a 6 W ERP, inoltre, non si è tenuto conto delle piccole celle non installate in maniera fissa (ad es. le femtocelle nelle abitazioni private).

Tabella 5: Numero di impianti in base alla potenza di trasmissione

Impianto	Numero	Quota
>6 W ERP	8 542	70 %
<6 W ERP	3 732	30 %
Totale	12 274	100 %

Gli impianti di potenza inferiore a 6 W ERP non sono considerati dall'indagine, poiché non sono soggetti a un valore limite preventivo. Di norma per questi impianti si applica una procedura di autorizzazione semplificata (cfr. cap. 4.2.1). Restano così complessivamente 8542 impianti con una potenza di trasmissione superiore a 6 W ERP esaminati e descritti qui di seguito.

Gli impianti di telefonia mobile vengono classificati in tre gruppi: aree rurali, aree suburbane e aree urbane. La classificazione tiene conto della densità dei dispositivi finali e dei LAUS. Le cifre si basano su tre record di dati nell'ambito dei geodati aggiornati della statistica federale³². Da questi dati si estrapola di volta in volta la densità per ettaro, designando il relativo valore massimo quale «densità di utenti per ettaro». Ne risulta la seguente suddivisione in aree:

- area urbana: >200 utenti/ha
- area suburbana: 50-200 utenti/ha
- area rurale: <50 utenti/ha

Degli 8542 impianti, 2060 si trovano nelle aree urbane, 2733 nelle aree suburbane e 3748 nelle aree rurali.

Per verificare l'affidabilità della statistica, l'UFCOM ha controllato i dati relativi all'1 per cento degli impianti (85 impianti). In ogni Cantone sono stati scelti a caso tre impianti, uno per ciascuna delle aree (urbana, suburbana e rurale) e uno per ciascuno dei tre operatori. Inoltre, in sette Cantoni è stato selezionato di volta in volta un ulteriore impianto, distinguendo nuovamente tra aree e tra operatori.

Tabella 6: Impianti controllati in base alle aree e agli operatori

Operatore	Impianti controllati in base alle aree			Totale
	Aree urbane	Aree suburbane	Aree rurali	
Salt	10	9	9	28
Sunrise	9	10	9	28
Swisscom	9	10	10	29
Totale	28	29	28	85

La verifica ha messo a confronto con i dati della banca dati RNI dell'UFCOM le cifre relative alla percentuale di raggiungimento del valore limite dell'impianto (VLImp) e al raggiungimento percentuale della potenza massima.

Tabella 7: Risultati della prova a campione

Campioni	%	Osservazione
72	85 %	Dati statistici identici con banca dati RNI (discrepanza <1 %; errore di arrotondamento).
11	13 %	La versione della scheda dati del sito nella banca dati RNI ha dovuto essere aggiornata.
5	6 %	Un impianto era momentaneamente fuori servizio. L'impianto rispetta in ogni caso i valori limiti. Un ulteriore controllo ha permesso di stabilire la correttezza dei dati.
0	0 %	Superamento della potenza di trasmissione autorizzata.
0	0 %	Superamento del valore limite dell'impianto.
88	100 %	Totale

L'analisi dei campioni conferma la correttezza dei dati forniti dagli operatori nel dicembre 2018. Si può dunque concludere che, sulla base dei dati messi a disposizione, la statistica ha potuto essere allestita in maniera corretta.

4.3.2 Raggiungimento del valore limite dell'impianto in base all'autorizzazione

Dai dati di autorizzazione per ogni impianto è stato ricavato il LAUS per il quale è stata calcolata l'intensità di campo maggiore nella scheda dati del sito (in % del VLImp). Si è così considerato lo scenario peggiore relativamente a una direzione di trasmissione, senza chiedersi se nelle altre direzioni esistesse il potenziale per una potenza di trasmissione più elevata. La *Figura 5* mostra che nelle aree urbane e suburbane, la maggior parte degli impianti di telefonia mobile raggiunge con ampio margine il valore limite calcolato sulla scheda dati del sito.

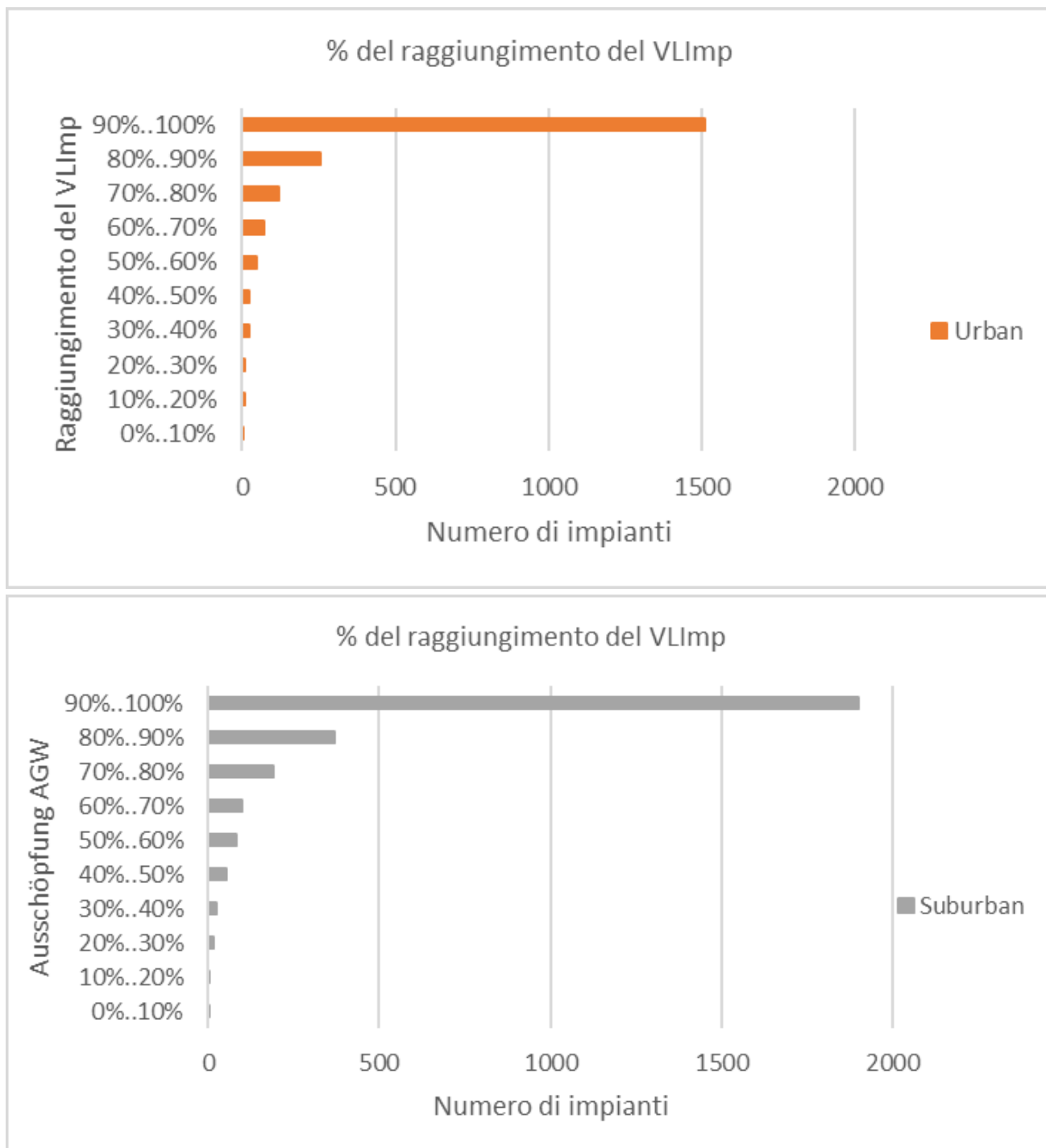


Figura 5: Raggiungimento del valore limite dell'impianto (aree urbane, aree suburbane)

Anche nelle aree rurali, diversi impianti di telefonia mobile raggiungono quasi il valore limite dell'impianto. Alla *Figura 6* si nota che in queste aree ci sono alcuni impianti con un'intensità di campo elettrico massima nettamente inferiore al valore limite dell'impianto.

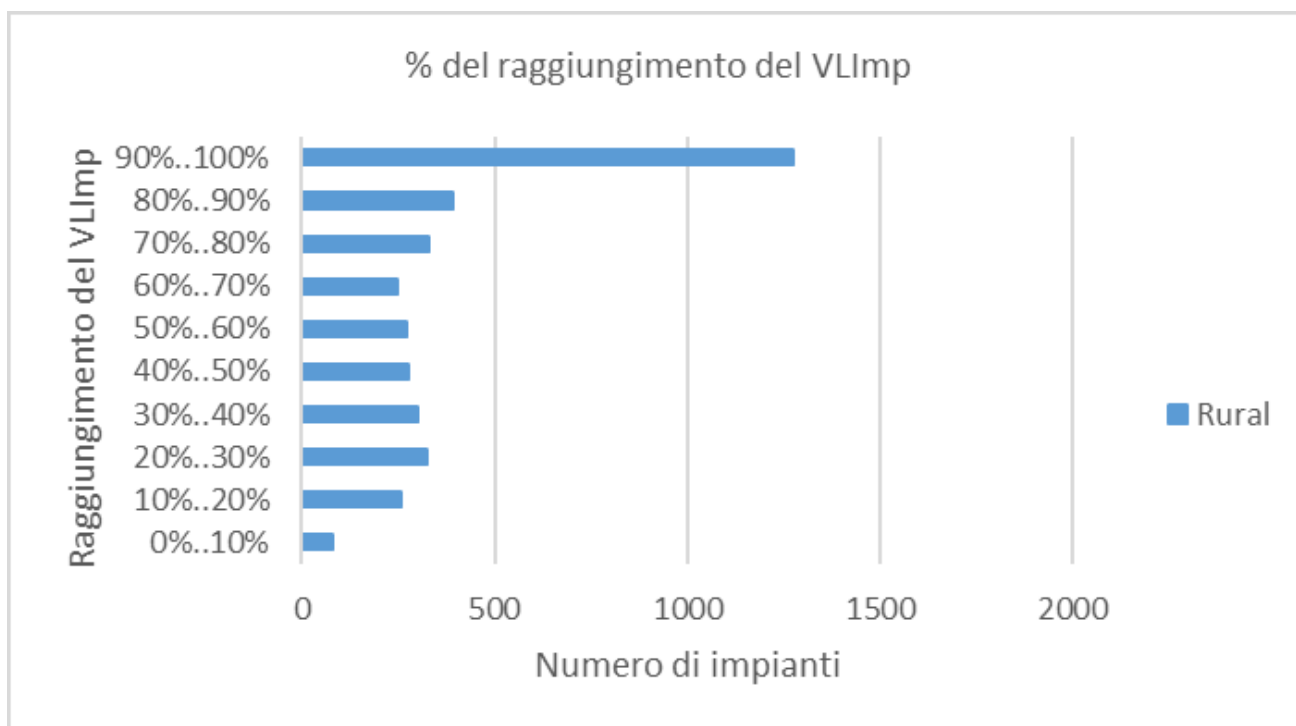


Figura 6: Raggiungimento del valore limite dell'impianto (aree rurali)

4.3.3 Raggiungimento della potenza di trasmissione autorizzata

Oltre al grado di raggiungimento del valore limite dell'impianto come calcolato nella scheda dati del sito è anche interessante conoscere in che misura gli impianti di telefonia mobile utilizzano effettivamente le potenze di trasmissione autorizzate. A tal fine, la potenza di trasmissione attualmente impostata (ossia la potenza di trasmissione momentaneamente attiva con la quale l'impianto trasmetterebbe se fosse utilizzato al massimo delle sue possibilità) viene confrontata con la potenza di trasmissione autorizzata in base alla scheda dati del sito. Per ogni ubicazione si tiene conto unicamente del settore con il carico più elevato. Questo non deve necessariamente essere orientato verso il LAUS che in base al calcolo presenta l'esposizione massima. La valutazione fornisce informazioni sul grado di sfruttamento effettivo della rete di telefonia mobile e sull'eventuale disponibilità di capacità inutilizzate presso gli impianti di telefonia mobile. Dalla *Figura 7* risulta che la maggior parte delle stazioni radio mobili nelle aree urbane e suburbane utilizza pienamente la potenza di trasmissione autorizzata. Nelle aree rurali, al contrario, la potenza di trasmissione autorizzata non è sfruttata appieno da tutti gli impianti.

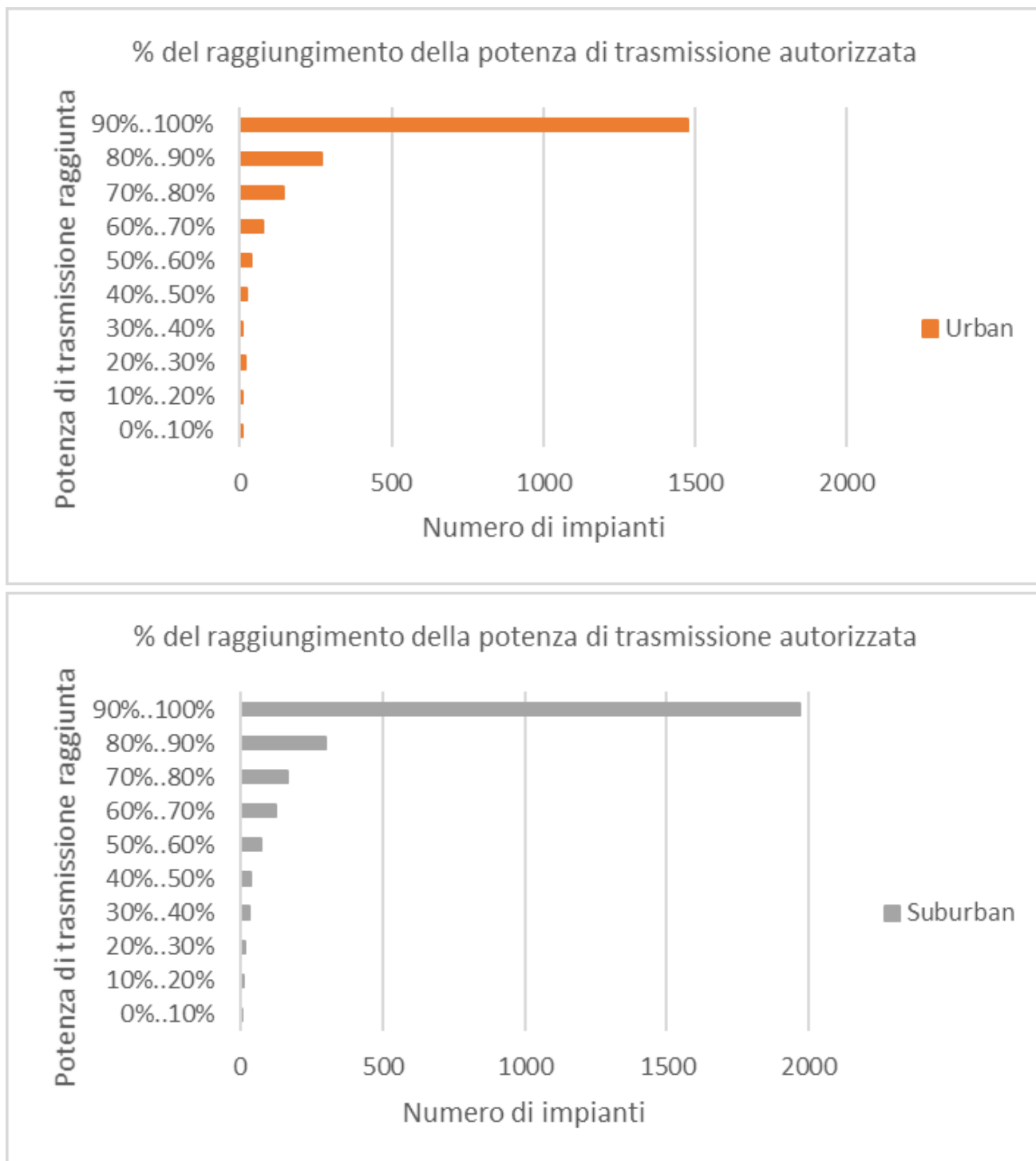


Figura 7: Raggiungimento della potenza di trasmissione autorizzata (aree urbane e suburbane)

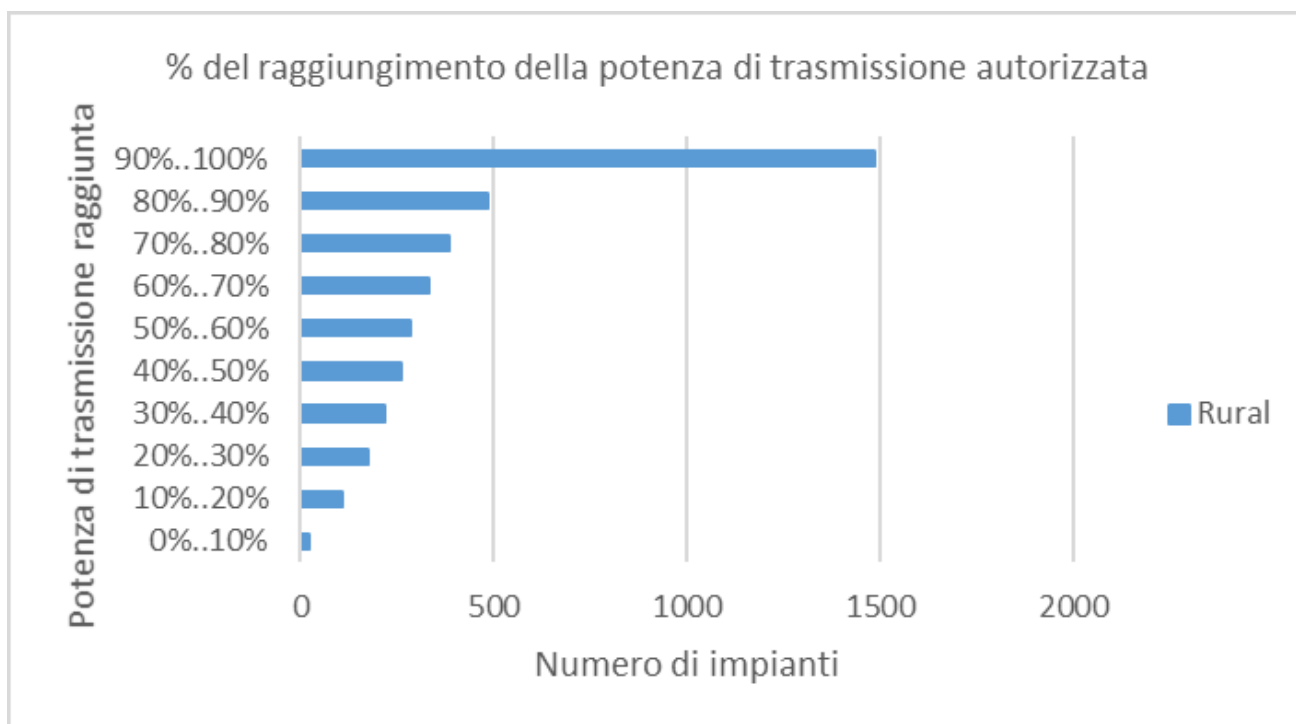


Figura 8: Raggiungimento della potenza di trasmissione autorizzata (aree rurali)

4.3.4 Riserve di potenziamento

L'indagine sulle riserve di potenziamento ha lo scopo di stabilire se è possibile potenziare lo sfruttamento delle stazioni di base sul piano funzionale. Si vuole in particolare verificare che margini esistono per un impiego aggiuntivo della tecnologia 5G sui siti già esistenti. A questo scopo si presuppone che la tecnologia 5G possa essere attivata sui siti esistenti (senza antenne aggiuntive), integrando le tecnologie già in uso (senza smantellare i servizi già erogati) e a piena capacità.

Come valore di riferimento per un possibile potenziamento viene utilizzata la potenza di trasmissione che potrebbe essere attivata in un sito in aggiunta ai servizi esistenti fino al raggiungimento del valore limite dell'impianto. In particolare, si considera il settore dove lo sfruttamento della potenza è maggiore. Sono stati valutati e combinati tra loro da un lato il grado di raggiungimento del valore limite dell'impianto attraverso l'intensità del campo autorizzata e dall'altro lo sfruttamento della potenza di trasmissione autorizzata nell'esercizio corrente.

Per potere realizzare una rete di telefonia mobile 5G capillare a partire dagli impianti esistenti, i raggi delle singole celle di telefonia mobile devono rimanere invariati. Secondo quanto esposto al capitolo 4.3.6.1, a questo scopo la potenza di trasmissione di un impianto di telefonia mobile dovrebbe essere incrementata per un fattore pari a 12,4. Per poter applicare la tecnologia 5G nella banda di frequenza di 3,5 GHz con risultati soddisfacenti dal punto di vista qualitativo, un impianto di telefonia mobile esistente deve pertanto sfruttare la potenza massima di trasmissione ammessa in una percentuale non superiore all'8 per cento. Nella Tabella 9 questo valore è arrotondato per eccesso al 10 per cento.

Gli impianti che superano la potenza di trasmissione massima possibile di oltre il 10 per cento, oppure che la sfruttano per meno dell'80 per cento, possono essere ampliati mediante la tecnologia 4G unicamente se si adottano nuove bande di frequenza. Il limite di utilizzo dell'80 per cento è stato definito per i modelli di calcolo illustrati nella Tabella 9. Si parte dal presupposto che al di sopra di questo valore un impianto non può più essere potenziato. Gli stessi operatori considerano che un impianto con uno sfruttamento tra il 10 e il 50 per cento può essere facilmente potenziato, con uno sfruttamento tra il 50 e il 70 per cento può essere potenziato solo a determinate condizioni e che già a partire da uno sfruttamento pari al 70 per cento non può più essere potenziato.

Il calcolo dei margini di potenziamento è stato effettuato in due tappe:

- innanzitutto, è stato considerato il LAUS con il grado massimo di raggiungimento del valore limite dell'impianto mediante l'intensità del campo autorizzata. Se si eleva al quadrato il grado di raggiungimento riferito all'intensità del campo, si ricava il grado di raggiungimento relativamente alla potenza massima di trasmissione più alto con il quale può essere ancora rispettato il valore massimo dell'impianto (cfr. *Tabella 8*);
- siccome gli operatori sono liberi di non utilizzare appieno la potenza di trasmissione massima autorizzata, occorre in secondo luogo tenere conto dello sfruttamento della potenza di trasmissione secondo la scheda dati.

La possibilità di potenziare un impianto di telefonia mobile (stato: dicembre 2018) dipende dalla combinazione dello sfruttamento della massima potenza di trasmissione possibile alla luce del valore limite dell'impianto (autorizzazione) e dallo sfruttamento della potenza di trasmissione autorizzata (cfr. *Tabella 9*). Il raggiungimento del valore limite dell'impianto al LAUS con l'esposizione più elevata e lo sfruttamento massimo della potenza di trasmissione autorizzata non devono situarsi necessariamente nello stesso settore.

Tabella 8: Raggiungimento della potenza di trasmissione massima

Sfruttamento dell'intensità del campo elettrico autorizzata fino al VLImp	Raggiungimento della potenza di trasmissione autorizzata fino al VLImp	Aree urbane	Aree suburbane	Aree rurali	Svizzera
90 - 100 %	80 - 100 %	1510 (73 %)	1900 (70 %)	1273 (34 %)	4683
30 - 90 %	10 - 80 %	535 (26 %)	810 (30 %)	1813 (48 %)	3158
0 - 30 %	0 - 10 %	15 (1 %)	23 (1 %)	662 (18 %)	700
	Totale	2060 (100 %)	2733 (100 %)	3748 (100 %)	8541

Tabella 9: Margine di potenziamento degli impianti di telefonia mobile

Margine di potenziamento	Raggiungimento del VLImp e della potenza di trasmissione massima	Aree urbane	Aree suburbane	Aree rurali	Svizzera
Non ampliabile	80 - 100 %	1190 (58 %)	1496 (55 %)	706 (19 %)	3392
Ampliabile con la tecnologia 4G	10 - 80 %	834 (40 %)	1179 (43 %)	2046 (55 %)	4059
Ampliabile con la tecnologia 5G	0 - 10 %	36 (2 %)	58 (2 %)	996 (26 %)	1090
	Totale	2060 (100 %)	2733 (100 %)	3748 (100 %)	8541

Ne risulta il grafico seguente:

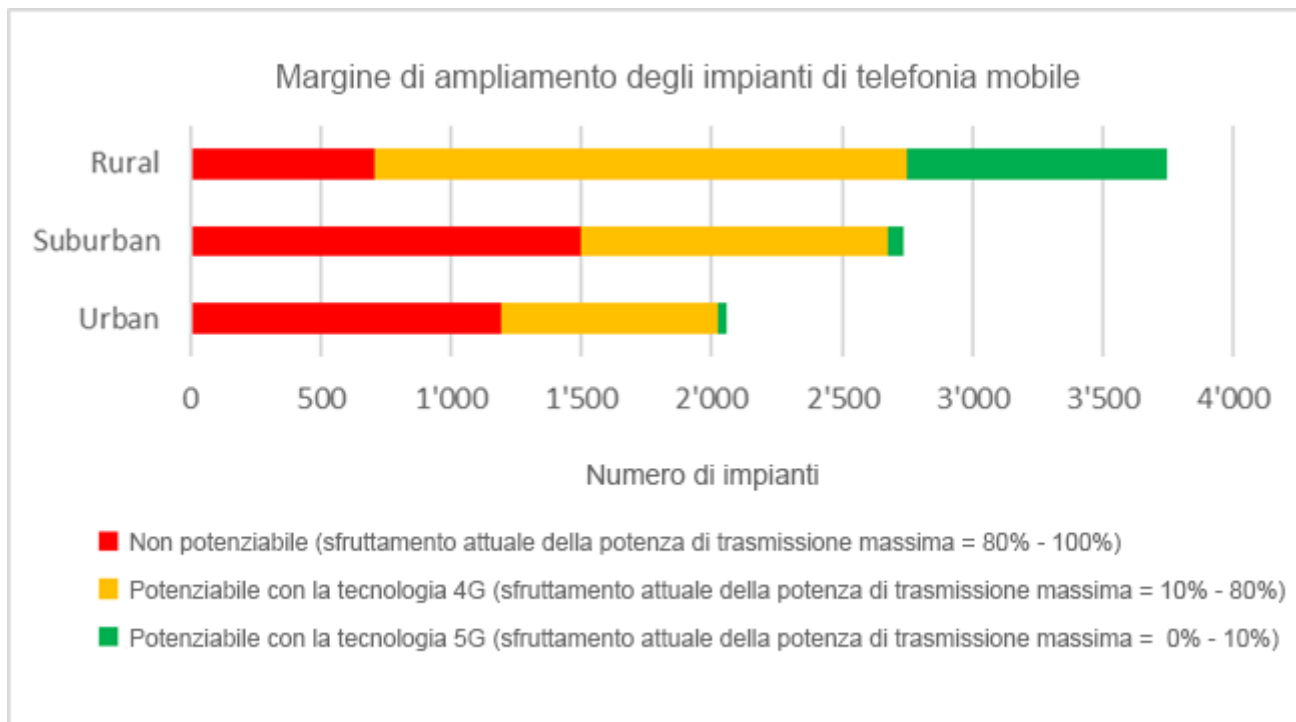


Figura 9: Margine di potenziamento degli impianti di telefonia mobile in base alle aree

4.3.5 Interpretazione della valutazione dei dati

La valutazione dei dati forniti dagli operatori mostra che per la maggior parte degli impianti di telefonia mobile, in particolare nelle aree urbane e suburbane, il valore limite preventivo impedisce l'incremento della potenza di trasmissione. Solo il 2 per cento circa degli impianti di telefonia mobile può essere potenziato passando alla tecnologia 5G. La normativa vigente consente un ampliamento della tecnologia 4G per circa il 40 per cento degli impianti esistenti. L'introduzione di una rete 5G capillare che sfrutti appieno il potenziale di questa nuova tecnologia non è possibile sui siti di telefonia mobile esistenti in aggiunta ai servizi già erogati. Ciò condiziona la creazione di nuovi impianti.

4.3.6 Bisogni futuri

L'asta tenutasi all'inizio del 2019 ha permesso di assegnare ulteriori 445 MHz oltre all'attuale larghezza di banda di 575 MHz (altri 30 MHz disponibili non sono invece stati attribuiti). Oggi in Svizzera le frequenze da 3,41 a 3,5 GHz, che sarebbero adatte anche come banda pioniera per la tecnologia 5G, sono utilizzate per altre applicazioni (ad es. telecamere senza fili). Queste frequenze potrebbero tuttavia presto essere assegnate alla telefonia mobile, anche se l'uso specifico (ad es. mediante le cosiddette soluzioni Campus) non è stato ancora stabilito.

Per la telefonia mobile in Svizzera è così attualmente disponibile una larghezza di banda totale di 1020 MHz, pari a un aumento del 77 per cento. Nella sola banda dei 3,5 GHz sono stati aggiunti 300 MHz. Ciò significa che il 67 per cento dell'aumento ha interessato la banda dei 3,5 GHz.

Per soddisfare le aspettative della nuova generazione di telefonia mobile e sfruttare appieno il potenziale della tecnologia 5G, occorre adempire alcuni requisiti tecnici minimi. In una prima fase di potenziamento, la tecnologia 5G può essere trasmessa attraverso la banda di frequenza tra 3,5 e 3,8 GHz, con una larghezza di banda portante tipica fino a 100 MHz. Una larghezza di banda minima di 80 MHz è necessaria per ottenere un miglioramento significativo rispetto alla tecnologia 4G.

L'abbandono della tecnologia 2G o anche della tecnologia 3G avrà un'influenza molto limitata rispetto all'introduzione della tecnologia 5G. Non comporterà dunque praticamente nessuna riduzione dello sfruttamento della rete (cfr. *Tabella 2*). Oggi la tecnologia 2G impiega solo il 5 per cento della potenza di trasmissione totale. Il carico maggiore dell'attuale traffico mobile di dati è oggi sostenuto dalla tecnologia 4G, destinata a restare in esercizio ancora per molti anni ed essere ulteriormente potenziata.

4.3.6.1 Potenza supplementare necessaria per realizzare la tecnologia 5G con 80 MHz³³ nella banda 3,5 GHz

L'utilizzazione di nuove bande di frequenza nella banda 3,5 GHz richiede una potenza supplementare:

- larghezza di banda supplementare: per espandere in modo adeguato la tecnologia 5G in una prima fase, andrebbero utilizzate larghezze di banda da 80 MHz. Partendo dal presupposto che per l'espansione della tecnologia 5G siano impiegate le stazioni di base esistenti e che gli operatori utilizzino oggi larghezze di banda tra 40 e 75 MHz, occorre un aumento di potenza di un fattore 2,39 (3,78 dB), anche se per le nuove frequenze occorre una correzione per perdite (cfr. i punti seguenti);
- perdite di propagazione: se si intende utilizzare la tecnologia 5G nella banda 3,5 GHz in siti esistenti, con la stessa qualità del segnale ai margini della cella occorre diffondere, rispetto a 1,8 GHz, una potenza 3,78 volte superiore (5,78 dB)³⁴. Le misurazioni effettuate autonomamente dagli operatori di telefonia mobile indicano, per il confronto tra 2,1 GHz e 3,5 GHz, perdite di propagazione 2,75 volte superiori (4,40 dB)³⁵. Per compensare queste perdite è necessario un aumento medio di potenza di un fattore 3,27 (5,14 dB);
- effetto schermante degli edifici: si deve tener conto anche del maggiore effetto schermante degli edifici nelle frequenze più elevate, che aumenta di un fattore 2,51 (4,00 dB) rispetto a 1,8 GHz. Queste perdite di penetrazione devono essere compensate aumentando la potenza di un fattore 2,51 (4,00 dB). La dipendenza dell'effetto schermante dalle frequenze non è al momento tenuta in considerazione nel calcolo dell'esposizione dei LAUS.

Tenendo conto dei tre punti sopra menzionati, per il fabbisogno di potenza complessivo di un sito esistente risulta un fattore totale di 12,4 ($1,39 \times 3,27 \times 2,51 + 1$) o l'equivalente di 10,9 dB. Per utilizzare appieno la tecnologia 5G nei siti esistenti, occorrerebbe pertanto una potenza totale 12,4 volte superiore (senza tener conto di un eventuale nuovo metodo di valutazione della potenza di trasmissione determinante nel caso si impieghino antenne adattative).

4.3.6.2 Valutazione del fabbisogno di siti supplementari

Partendo dal presupposto che questa potenza supplementare sia disponibile, negli odierni siti già ben sfruttati non sarà possibile realizzare le ulteriori tappe per potenziare la tecnologia 5G senza la costruzione di siti supplementari. Sono rimasti solo pochi siti, quasi esclusivamente in aree rurali, che consentono un potenziamento nella forma auspicata dagli operatori di telefonia mobile. Secondo stime degli operatori di telefonia mobile, tenuto conto di una regolamentazione adeguata per le antenne adattative, per una copertura capillare e potente secondo i requisiti ITU IMT-2020 occorreranno circa 26 500 siti supplementari (stima basata sulla potenza supplementare necessaria per la tecnologia 5G e la riserva di potenziamento esistente, cfr. *cap. 4.3.6.1*).

4.3.6.3 Potenza supplementare necessaria per espandere in modo completo la tecnologia 5G

Larghezze di banda di 100 MHz non sono sufficienti per sfruttare appieno le potenzialità della tecnologia 5G. Per questa ragione saranno impiegate, oltre alla banda di frequenza 3,5 GHz, anche le bande 700 MHz e 1,4 GHz e, in un secondo tempo, frequenze superiori a 24 GHz (le cosiddette onde millimetriche). Anche per queste frequenze devono poter essere messe a disposizione adeguate potenze di trasmissione.

4.4 Costi del potenziamento degli impianti di telefonia mobile in relazione alla tecnologia 5G

Per calcolare i costi complessivi dell'introduzione della tecnologia 5G, sono disponibili informazioni sui costi della trasformazione di singoli impianti. Le valutazioni si riferiscono all'obiettivo di una copertura nazionale di qualità, conforme ai requisiti ITU IMT-2020 (interno, esterno e mobile), che può essere raggiunto con i 3,5 GHz oggi disponibili. La presente stima non tiene conto dei costi necessari per continuare a garantire la tecnologia 4G e le tecnologie di telefonia mobile precedenti. A livello internazionale, la tecnologia 5G è generalmente introdotta sull'infrastruttura esistente (ossia sui siti di esistenti). A tal fine devono poter essere utilizzate antenne adattative con una potenza di trasmissione appropriata. La stima dei costi (*Tabella 10*) si è fondata sul presupposto che possano essere utilizzate antenne adattative con una potenza di trasmissione sufficiente. I costi variano a seconda dell'operatore e del tipo di impianto. Sono stati calcolati gli investimenti singoli («capital expenditure» o «capex») e i costi operativi annuali ricorrenti («operational expenditure» o «opex»):

Tabella 10: Investimenti (capex) e costi operativi (opex) per impianto di telefonia mobile (in CHF, arrotondati a 5000).

	Capex	Opex annuali
<i>Costruzione di un impianto 5G nuovo</i>		
Antenna montata su un tetto / Rooftop	245 000	15 000
Tralicci d'antenna isolati / Greenfield	305 000	15 000
Piccole celle (microcelle con ca. 6 W ERP)	50 000	5 000
<i>Passaggio alla tecnologia 5G (5G-Upgrade) di un impianto esistente (senza piccole celle)</i>		
5G-Upgrade	105 000	5 000
<i>Uso condiviso di un impianto esistente</i>		
Antenna montata su tetto / Rooftop	165 000	15 000
Tralicci d'antenna isolati / Greenfield	215 000	15 000

I costi stimati nella *tabella 10* sono valori medi basati su un monitoraggio nazionale del potenziamento di rete realizzato finora dagli operatori. L'UFCOM ritiene che le cifre fornite dagli operatori (ASUT) siano sostanzialmente plausibili. I costi possono variare a seconda del sito (ad es. affitti più elevati nelle aree urbane, costi di collegamento più elevati nelle aree rurali).

5 Nessi esistenti tra emissioni, immissioni ed esposizione

5.1 Definizioni

Diverse grandezze sono rilevanti per caratterizzare l'esposizione della popolazione a radiazioni non ionizzanti RNI:

- Le *emissioni* designano la potenza di trasmissione di una sorgente e sono normalmente misurate in watt (W). Spesso è utilizzata anche la potenza equivalente irradiata (ERP) di un'antenna.
- Le *immissioni* rappresentano la distribuzione delle RNI nell'ambiente (intensità del campo elettrico in volt al metro (V/m) o densità del flusso di potenza in W/m²).
- L'*esposizione* (V/m o W/m²) quantifica le RNI nel luogo in cui si trova una persona.
- La *dose* indica le RNI assorbite dal corpo umano (tasso di assorbimento specifico [SAR in W/kg]). Se viene assorbita per un certo periodo di tempo, si parla di dose cumulativa. La dose cumulativa si ottiene moltiplicando il valore SAR per la durata. La dose è espressa in joule (J) per chilogrammo di peso corporeo al giorno.
- È chiamato *effetto* l'impatto biologico o sulla salute (cfr. *cap. 6*).

5.2 Sorgenti di RNI ad alta frequenza come emissioni

Le sorgenti di RNI ad alta frequenza possono essere schematicamente suddivise in due categorie:

- Sorgenti lontane dal corpo come le stazioni radio di base o le antenne radio-televisive, router WLAN e telefoni cellulari di altre persone nelle vicinanze: in relazione a tali sorgenti remote, la persona si trova nel cosiddetto campo lontano e l'esposizione viene misurata come intensità di campo elettrico (in V/m) o densità del flusso di potenza in (W/m²).
Dal momento che il segnale è mediato nel tempo, non sono considerate le variazioni del campo indotte dalle sue modulazioni (ossia i livelli di picco). Per l'esposizione a queste sorgenti cfr. *capitolo 5.4*.
- Sorgenti vicine al corpo come telefoni cellulari e senza filo (cordless) oppure laptop: la persona si trova normalmente nel campo vicino e il tasso di assorbimento specifico (valore SAR) mediato nel tempo e nello spazio è la misura determinante dell'esposizione (unità: W/kg). Il valore SAR è mediato nel tempo, ossia non rileva né la modulazione né brevi interruzioni della radiazione. Per l'esposizione a queste sorgenti cfr. *capitolo 5.5*.

5.3 Immissioni di RNI

Le immissioni di RNI sono molteplici³⁶:

- In primo luogo si differenziano per la frequenza; in Svizzera, per la telefonia mobile sono utilizzate da tempo bande di frequenza di 400 (Polycom), 800 e 900 MHz, nonché 1,8, 2,1 e 2,6 GHz. All'inizio del 2019 sono state inoltre assegnate frequenze di 700 MHz, 1,4 e 3,5 GHz per la telefonia mobile. Per le reti WLAN sono utilizzate frequenze di 2,4 e 5 GHz.
- In secondo luogo, le immissioni di RNI si differenziano per la loro intensità, che dipende dall'intensità della potenza di trasmissione, dalla distanza dalla sorgente e da eventuali ostacoli presenti sulla via di propagazione. A pari distanza, le sorgenti fortemente emittenti generano immissioni più elevate di quelle che emettono debolmente. Tuttavia, avvicinandosi significativamente a una sorgente debolmente emittente, le immissioni che genera possono essere senz'altro più elevate di quelle di una sorgente lontana che emette radiofrequenze forti.
- In terzo luogo, le immissioni presentano un profilo temporale differente a seconda della sorgente. Le radiazioni degli impianti di radiodiffusione, ad esempio, rimangono costanti nel tempo, mentre quelle degli impianti di telefonia mobile registrano oscillazioni³⁶ in funzione dell'utilizzo della rete.

- Infine, a seconda della sorgente o della tecnologia (radio, telefonia mobile, WLAN, telefoni cordless, radar ecc.), la radiazione presenta una forma di segnale diversa che va da un segnale quasi sinusoidale senza distorsioni o interruzioni a radiazioni pulsate con impulsi molto brevi e pause inattive relativamente lunghe nel caso di radiazioni radar.

Non è chiaro quale misura dell'esposizione possa essere biologicamente rilevante in caso di immissioni giornaliere. È presumibile che sia importante l'immissione media; tuttavia, potrebbe esserlo anche l'esposizione massima o la durata in cui viene superata una determinata soglia. Inoltre, non è certo se alcune forme di segnale, in particolare quelle pulsanti, siano particolarmente efficaci dal punto di vista biologico³⁷.

La struttura della rete (cfr. *cap. 4.2*) può influenzare in una certa misura sia il carico massimo che l'immissione media. La forma del segnale, invece, dipende dalla tecnologia utilizzata.

5.4 Esposizione ambientale causata da sorgenti lontane dal corpo

5.4.1 Metodi di rilevazione

L'esposizione a radiazioni RNI ad alta frequenza nell'ambiente è rilevata con diversi metodi. Apparecchi di misurazione portatili (esposimetri) sono utilizzati con persone che si sottopongono ai test per rilevare l'esposizione individuale nella loro vita quotidiana (misurazioni volontarie). Gli esposimetri sono utilizzati anche da specialisti per eseguire misurazioni mentre camminano o sono alla guida di un veicolo. Ciò consente di rilevare numerosi dati nei luoghi dove la popolazione sta normalmente (misurazioni microambientali). Per rilevare le immissioni vengono eseguite misurazioni stazionarie con sofisticati apparecchi (misurazioni spot) oppure elaborati modelli di propagazione. Tutti questi metodi comportano vantaggi e svantaggi. Occorre sottolineare che nessuno di questi metodi, neppure quello che prevede le misurazioni individuali, consente di misurare la dose individuale complessiva di radiazione assorbita. Nelle misurazioni individuali è fortemente sottovalutato il contributo del proprio telefono, che viene utilizzato a diretto contatto con il corpo, e l'apparecchio più distante misura soltanto una piccola parte delle radiazioni. Le stime delle dosi cumulative di RNI ad alta frequenza assorbite sono riportate al *capitolo 5.6.1*.

5.4.2 Risultati delle misurazioni individuali

A tutt'oggi esistono solo poche rilevazioni dell'esposizione individuale alle RNI ad alta frequenza in Svizzera. I dati più recenti sono stati raccolti nel 2015/2016 presso da 115 persone nel Cantone di Zurigo³⁸. L'esposizione personale media alle RNI ad alta frequenza misurata dei partecipanti allo studio è stata di 0,18 V/m e i principali contributi sono risultati quelli delle stazioni radio di base (38 %) e dei telefoni cellulari utilizzati principalmente da altre persone (35 %). Meno significativi sono i contributi della radiodiffusione (18 %), delle reti WLAN (5 %) e dei cordless (4 %). L'esposizione alle RNI ad alta frequenza è risultata leggermente più elevata nei giovani adulti (0,22 V/m) rispetto agli adolescenti e ai loro genitori (0,16 V/m per individuo). Il massimo valore medio misurato è di 0,42 V/m. Per queste misurazioni non è stato considerato il contributo dell'uso del proprio telefono (cfr. *cap. 5.5*).

Oltre ai valori medi giornalieri, per ogni partecipante sono stati calcolati anche i valori medi per attività. In media, l'esposizione più elevata alle RNI ad alta frequenza è stata rilevata nei trasporti pubblici (treno: 0,55 V/m, autobus: 0,39 V/m, tram: 0,33 V/m; cfr. *Figura 10*), mentre in macchina è risultata pari a 0,29 V/m, all'aperto 0,30 V/m e sul posto di lavoro a 0,22 V/m. I valori più bassi sono stati registrati a scuola (0,15 V/m) e in casa (0,11 V/m). Tra gli abitanti delle regioni rurali e di quelle urbane sono emerse differenze relativamente modeste, sebbene l'esposizione alle RNI ad alta frequenza delle stazioni radio di base tenda ad aumentare con il grado di urbanizzazione.

Anche altri studi basati su misurazioni individuali condotti in Europa e in Australia rilevano generalmente un'esposizione media alle RNI ad alta frequenza attorno a 0,2 V/m³⁹.

Ai fini dell'interpretazione delle misurazioni individuali occorre considerare che nei test effettuati per strada l'apparecchio di misurazione è collocato sul corpo e gli effetti di schermatura dovuti al corpo umano possono portare a sottovalutare l'esposizione misurata. A seconda della banda di frequenza e della situazione il dato misurato può essere sottovalutato anche del 50 per cento⁴⁰. D'altro canto l'effetto del proprio telefono cellulare porta a sopravvalutare leggermente le RNI ad alta frequenza nell'ambiente⁴¹.

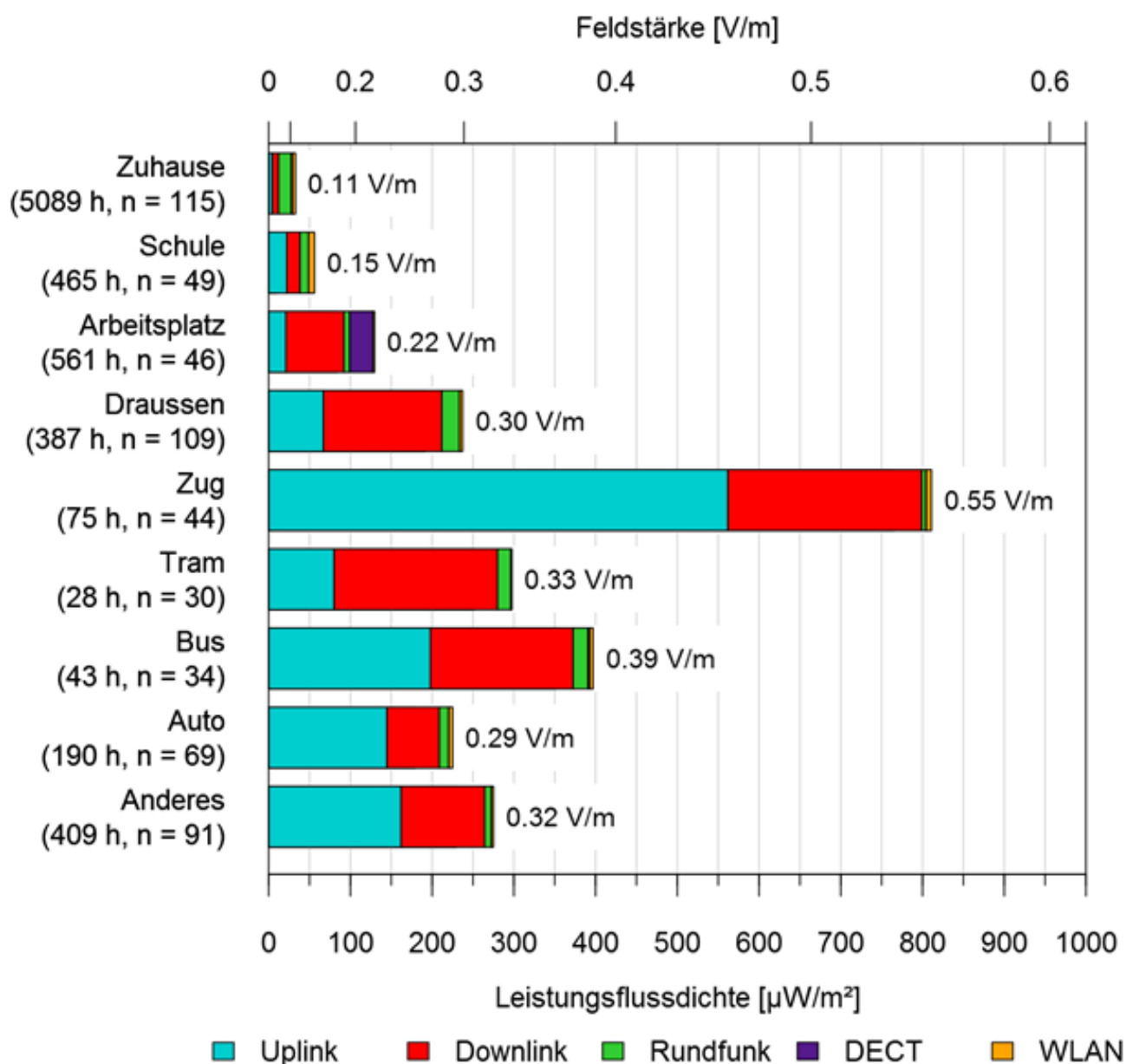


Figura 10: Confronto dell'esposizione individuale media della popolazione zurighese in studio alle RNI ad alta frequenza in diversi luoghi. La voce «Altro» si riferisce a tutte le altre attività o a diverse posizioni. I contributi delle diverse sorgenti alla densità del flusso di potenza possono essere sommati linearmente.⁴² Nel dato dell'intensità del campo elettrico i diversi contributi devono essere sommati quadraticamente. Il dato indicato e la scala dell'intensità del campo elettrico nel grafico si riferiscono dunque solo all'esposizione complessiva.

Per un confronto con i valori soglia sono determinanti soprattutto i valori massimi. Per caratterizzarli, nella *Tabella 11* sono indicati i valori medi e nella *Tabella 12* i valori massimi del 99° percentile rilevati nelle Margine di potenziamento degli impianti di telefonia mobile diverse attività. Il 99° percentile corrisponde al valore di esposizione superato nell'1 per cento del tempo di misurazione, quindi per 14,4 minuti in una misurazione di 24 ore.

I valori piú elevati sono stati registrati nell'uplink (radiazione dei telefoni cellulari), in particolare viaggiando in autobus, treno, tram o ferrovia. Anche a scuola l'utilizzo occasionale del telefono cellulare da parte degli studenti ha generato un valore del 99° percentile notevolmente elevato per l'uplink, sebbene l'esposizione media all'interno dell'edificio scolastico fosse piuttosto bassa.

I valori massimi del 99° percentile nel downlink (radiazione delle antenne di telefonia mobile) sono risultati pari a 5 V/m in treno e a 3 V/m altrove (Tabella 12). Ciò significa che, anche sommando tutte le bande di frequenza delle stazioni radio di base, l'esposizione misurata si colloca solo raramente tra 4 e 6 V/m, ossia nell'intervallo di intensità del campo elettrico stabilito come valore limite dell'impianto. Occorre osservare che il valore limite dell'impianto si riferisce alla radiazione di un solo impianto di telefonia mobile e non deve essere rispettato ovunque, bensì solo nei luoghi a utilizzazione sensibile.

Per DECT, radiodiffusione e WLAN, il 99° percentile era tipicamente inferiore a quello delle stazioni base mobili, tranne a casa, dove sia la media che il massimo del 99° percentile della WLAN e della radiodiffusione erano leggermente superiori a quelli del downlink mobile, con una grande differenza tra il valore massimo e quello medio del 99° percentile.

Tabella 11: Media dei valori del 99° percentile nella popolazione zurighese oggetto di studio per diverse attività. Tutti i valori sono espressi in V/m⁴³.

Luogo	Totale CEM-AF	Radiodiffusione	Downlink	Uplink	DECT	WLAN
Casa	0,22	0,14	0,11	0,07	0,05	0,12
Scuola	1,29	0,21	0,58	1,12	0,02	0,13
Luogo di lavoro	0,49	0,10	0,29	0,28	0,28	0,09
All'esterno	1,08	0,29	0,78	0,72	0,03	0,11
Autobus	1,71	0,43	0,95	1,47	0,11	0,13
Treno	2,23	0,14	1,23	1,98	0,03	0,15
Tram	1,19	0,20	0,85	0,89	0,04	0,07
Macchina	1,29	0,21	0,58	1,12	0,02	0,13
Altro	1,15	0,12	0,62	0,90	0,05	0,12

Tabella 12: Media dei valori del 99° percentile nella popolazione zurighese oggetto di studio per diverse attività. Tutti i valori sono espressi in V/m⁴⁴.

Luogo	Totale CEM-AF	Radiodiffusione	Downlink	Uplink	DECT	WLAN
Casa	0,84	0,84	0,46	0,41	0,34	0,57
Scuola	6,04	0,96	2,52	5,01	0,05	0,54
Luogo di lavoro	1,83	0,31	1,09	1,25	1,76	0,42
All'esterno	5,00	1,13	1,85	5,00	0,15	0,60
Autobus	5,01	2,11	2,35	5,00	0,44	0,44
Treno	7,11	0,58	5,02	5,15	0,10	0,55
Tram	4,18	0,47	1,84	4,15	0,08	0,14
Macchina	6,04	0,96	2,52	5,01	0,05	0,54
Altro	5,01	0,51	2,34	5,00	0,22	0,41

5.4.3 Risultati delle misurazioni microambientali

Se le misurazioni microambientali sono eseguite da specialisti, gli effetti di schermatura del proprio corpo possono essere ridotti collocando l'apparecchio di misurazione lontano dal corpo. Tali misurazioni sono state effettuate tra marzo e luglio 2014 in 51 zone della Svizzera⁴⁵. Mostrano che i principali contributi all'esposizione esterna provengono dalle stazioni radio di base (Figura 11). Sui mezzi di trasporto pubblici anche l'uplink (emissioni dei telefoni cellulari di terzi; l'utilizzo del proprio telefono cellulare non è considerato in queste misurazioni) ha avuto un ruolo significativo. L'esposizione alle RNI ad alta frequenza tende ad aumentare con il grado di urbanizzazione. È risultato piuttosto elevato anche nelle aree industriali e sui mezzi di trasporto pubblici (in particolare nei tram). Le zone residenziali rurali evidenziano una bassa esposizione alle RNI ad alta frequenza.

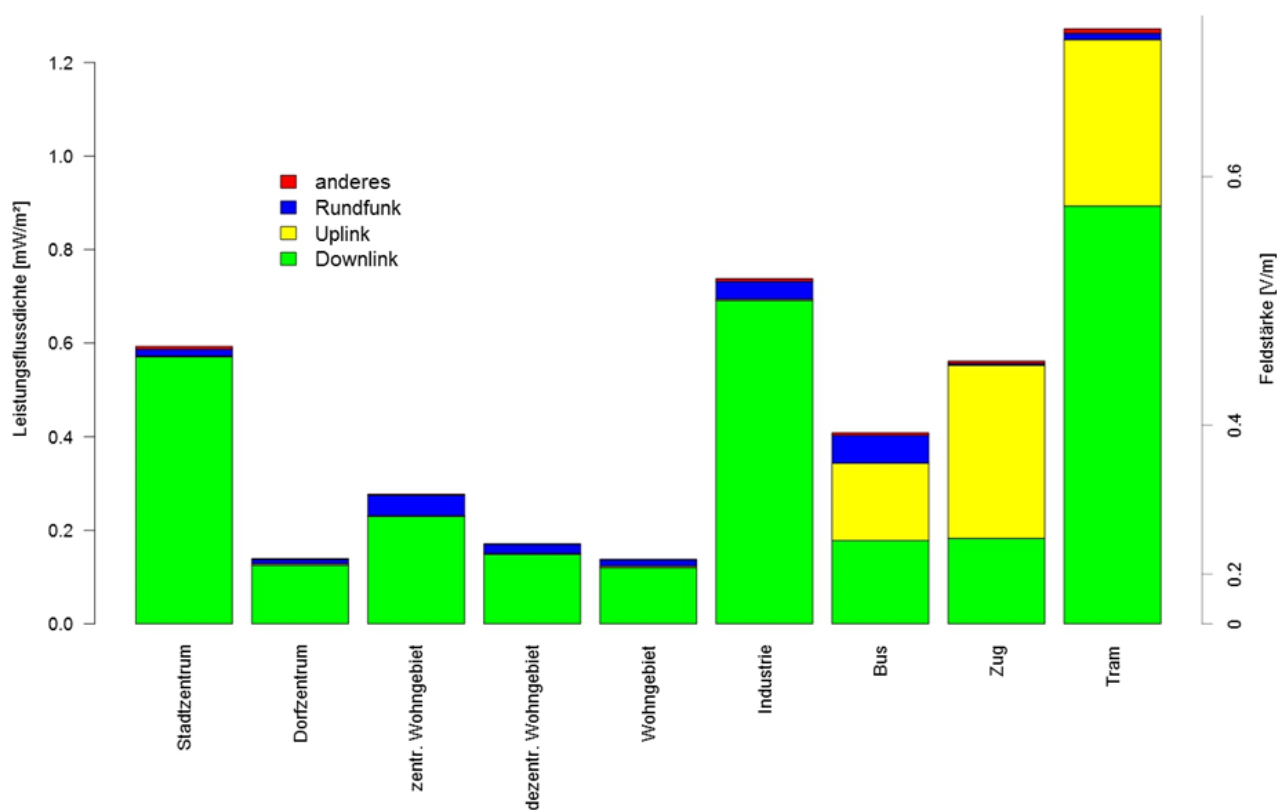


Figura 11: Contributi delle singole applicazioni radio all'esposizione media in diverse tipologie di microambienti. I contributi delle diverse sorgenti alla densità del flusso di potenza possono essere sommati linearmente. Nel dato dell'intensità del campo elettrico i diversi contributi devono essere sommati quadraticamente. La scala dell'intensità del campo elettrico nel grafico si riferisce dunque solo all'esposizione complessiva («zona residenziale centrale» e «zona residenziale periferica» = zona urbana; «zona residenziale» = zona rurale).

I valori misurati in Svizzera sono simili a quelli di altri paesi europei⁴⁶. Tuttavia, uno studio di misurazione microambientale in Paesi extraeuropei (Etiopia, Australia, Nepal, Sudafrica, USA) mostra esposizioni a RNI ad alta frequenza tendenzialmente più elevate che in Svizzera⁴⁷.

5.4.4 Evoluzione temporale dell'esposizione alle RNI ad alta frequenza

Considerando il numero esiguo di rilevazioni dell'esposizione individuale alle RNI ad alta frequenza in Svizzera, è possibile esprimersi solo limitatamente in merito all'evoluzione temporale. Due studi forniscono qualche prima indicazione.

Da un confronto tra l'esposizione individuale media alle RNI ad alta frequenza degli adulti nello studio zurighese⁴⁸ e l'esposizione misurata nello studio Qualifex⁴⁹, condotto con metodi analoghi tra il 2007 e il 2008, non emerge un incremento dell'esposizione individuale alle RNI ad alta frequenza (Figura 12).⁵⁰ Nello studio Qualifex l'esposizione alle RNI ad alta frequenza è risultata pari a 0,22 V/m, in quello zurighese a 0,18 V/m. Dieci anni fa in particolare il contributo dei cordless DECT e dei terminali di telefonia mobile era superiore a quello rilevato nel periodo in cui è stato condotto lo studio a Zurigo. Inoltre, gli efficienti algoritmi di regolazione della potenza delle tecnologie più recenti (UMTS e LTE) consentono una riduzione della potenza di trasmissione dei terminali rispetto alla tecnologia GSM. Anche per quanto riguarda le stazioni di telefonia mobile, le nuove tecnologie hanno reso la trasmissione dei dati più efficiente, pertanto l'esposizione è aumentata solo di poco tra il 2008 e il 2015, sebbene nel 2015 venisse trasmessa sulla rete mobile una quantità di dati di 200 volte superiore a quella del 2008.

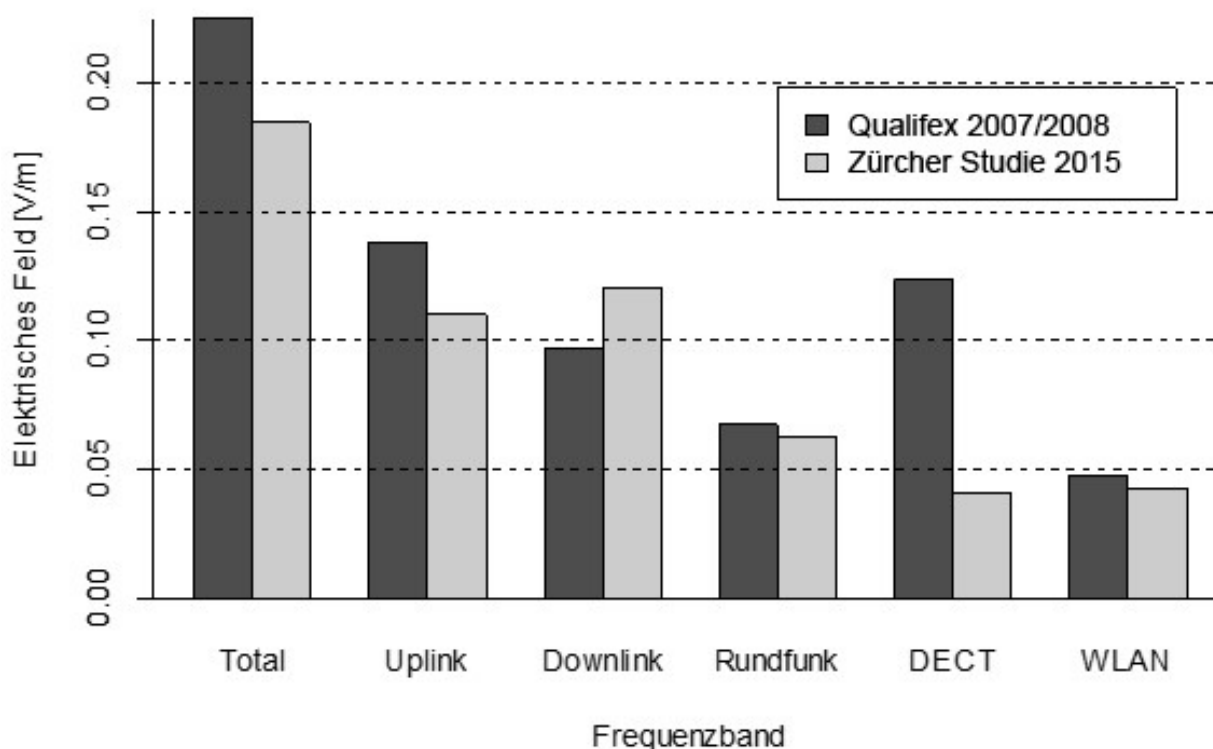


Figura 12: Confronto dell'esposizione individuale alle RNI ad alta frequenza tra due studi di misurazione condotti in Svizzera⁵¹

5.4.5 Panoramica sulla 5G

La quinta generazione di telefonia mobile (5G) non è ancora molto diffusa in Europa, pertanto esistono pochi studi sull'esposizione che ne consegue. Nella 5G sono utilizzate frequenze comprese fra 3,5 e 3,8 GHz, che evidenziano un comportamento di assorbimento nel corpo umano analogo a quello delle bande di frequenza sinora utilizzate nella telefonia mobile. Alcuni studi hanno dimostrato determinati effetti causati dal tipo di modulazione del segnale, tra cui una variazione delle onde cerebrali, pertanto tale aspetto è importante. Da questo punto di vista, la struttura del segnale della 5G non costituisce una rivoluzione, ma soltanto l'evoluzione dell'interfaccia radio della precedente tecnologia 4G. Infatti, anche la nuova interfaccia radio della 5G, chiamata «New Radio» (NR), utilizzerà la modulazione OFDM («orthogonal frequency division multiplexing», tecnologia radio multiplex a divisione di frequenza ortogonale). Ciò significa che la struttura e la dinamica del segnale si differenzieranno di poco dalla precedente tecnologia LTE. Numerose altre tecnologie, tra cui WLAN, DVB-T e DAB, utilizzano lo stesso tipo di modulazione del segnale, ma con un numero di gran lunga inferiore di subcanali e bande di frequenza molto più strette; tuttavia, non vi sono ancora studi specifici al riguardo.

Le simulazioni compiute hanno evidenziato che l'assorbimento di segnali con frequenze di 3,5 GHz in caso di esposizione in campo lontano non genera valori del SAR per l'intero corpo superiori a quelli delle tecnologie precedenti.⁵² Rispetto alle frequenze inferiori, l'assorbimento dell'energia negli organi interni è minore. Il 95 per cento circa dell'energia è assorbito nella pelle e fino a 2 cm al di sotto di essa. Sono interessanti i risultati ottenuti da misurazioni svolte su impianti di prova: è emerso che le densità medie del flusso di potenza a una distanza di appena 6 metri dall'antenna adattativa rappresentavano il 5 per cento appena dei valori limite di immissione stabiliti dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, ICNIRP).

Alcuni lavori di modellazione hanno affrontato la questione di un'esposizione massima realistica (definita come il 95° percentile) per le antenne Massive-MIMO utilizzate nella 5G rispetto al massimo teorico. Uno studio di modellazione del 2017 presuppone che per queste antenne adattative, che si orientano agli utenti per breve tempo, il valore medio temporale dell'esposizione sia inferiore.⁵³ Per una serie di configurazioni realistiche, ma scelte secondo un approccio conservativo, con un'antenna adattativa nella gamma di frequenze di 3,5 GHz è stato calcolato che nel 95 per cento di tutte le situazioni l'esposizione mediata sull'arco di 6 minuti riferita alla densità del flusso di potenza è inferiore al 15 per cento del valore massimo teorico (risp. al 39 % con riferimento all'intensità del campo elettrico). Assunti determinanti in questi calcoli sono costituiti dalla distribuzione geografica degli utenti e dal volume dei dati trasferiti a questi utenti. Il valore più alto è stato calcolato ipotizzando una maggiore densità di utenza al centro della cella radio e un utilizzo della rete di circa il 95 per cento, ed è risultato essere pari al 22 per cento del valore massimo teorico relativo alla densità del flusso di potenza (o il 47 % con riferimento all'intensità del campo elettrico). I valori medi a lungo termine, compresi tra l'1,5 e il 7 per cento (riferiti alla densità del flusso di potenza) sono di gran lunga inferiori ai massimi valori mediati su 6 minuti. Tuttavia, anche i valori mediati su 6 minuti dei più vecchi standard di telefonia mobile, nettamente al di sotto dello stato di esercizio massimo (UMTS trasmette in stand-by con il 16 % di potenza rispetto al pieno carico e per la tecnologia LTE la potenza di trasmissione nel 90 % di tutte le situazioni con un utilizzo elevato delle capacità di rete è inferiore al 12 % della potenza massima consentita).

A conclusioni analoghe è giunto uno studio del 2018⁵⁴, secondo cui con un approccio statistico dei valori estremi la distanza di sicurezza dalle antenne MIMO può essere dimezzata. La potenza di trasmissione mediata su 6 minuti ha raggiunto il 32 per cento della potenza massima nel 99 per cento dei casi e il 26 per cento della potenza massima nel 95 per cento dei casi.

5.5 Esposizione causata da dispositivi utilizzati vicino al corpo

5.5.1 Tecnologie utilizzate sinora

L'utilizzo di un telefono cellulare comporta un'esposizione alle RNI ad alta frequenza della testa o della mano di una persona che si serve del dispositivo per telefonare appoggiandolo direttamente all'orecchio oppure lo tiene in mano per servirsi di altre applicazioni, ad esempio navigare in Internet⁵⁵. L'esposizione causata da terminali (telefoni cellulare, laptop, tablet, telefoni cordless ecc.) dipende dai seguenti fattori⁵⁶:

- Durata di utilizzo: le radiazioni sono emesse in particolare in fase di trasmissione. Con il dispositivo in stand-by o in fase di ricezione l'esposizione alla radiazione è bassa.
- Distanza del dispositivo dal corpo: più la distanza aumenta, più l'esposizione diminuisce. Nel caso dei telefoni cellulari ciò è ottenibile, ad esempio, utilizzando kit vivavoce (cuffie) che consentono di ridurre l'esposizione fino a 100 volte.
- Potenza di trasmissione: quanto più forte è la potenza di trasmissione, tanto più elevata è l'esposizione. A sua volta, la potenza di trasmissione dipende da:
 - «Caratteristiche di trasmissione» del dispositivo: il tasso di assorbimento specifico SAR indica la quantità massima di radiazioni assorbita dal corpo durante l'uso del terminale. Quanto più è basso il valore SAR, tanto minore è l'esposizione.
 - Tecnologia mobile: telefonare con le nuove tecnologie UMTS e LTE invece della meno recente tecnologia GSM, ad esempio, riduce notevolmente l'esposizione.

- Qualità del collegamento: quanto migliore è la qualità del collegamento, tanto più «semplice» sarà per il segnale raggiungere una stazione di base o un punto di accesso (Access Point), ossia in particolare quanto più breve è la distanza tra il dispositivo e la stazione di base tanto più bassa è la potenza di trasmissione che il dispositivo deve fornire.

I terminali sono dotati di una funzione di regolazione della potenza di trasmissione che può variare notevolmente a seconda della qualità e del tipo di rete. Alcuni studi di misurazione condotti sui telefoni cellulari hanno dimostrato che nell'uso quotidiano le chiamate sulla rete 3G (UMTS) generano emissioni all'incirca da 100 a 500 volte inferiori alle chiamate sulla rete 2G (GSM).⁵⁷ Anche il tipo di utilizzo del telefono cellulare (chiamate, traffico di dati) influisce sulla potenza di trasmissione. Nelle aree urbane, dove la qualità della connessione è generalmente migliore, la potenza di trasmissione dei cellulari è mediamente inferiore a quella nelle zone rurali.⁵⁸ Questo risultato è stato confermato anche nel caso della Svizzera dalle misurazioni condotte nel 2010.⁵⁹ La potenza di trasmissione di un telefono UMTS era più di 100 volte inferiore a quella di un telefono GSM e diminuiva con l'aumentare della qualità della connessione.

Per i terminali 4G, 300 000 misurazioni della potenza di trasmissione eseguite in Svezia nell'arco di sette giorni hanno evidenziato valori analoghi a quelli dei terminali UMTS, nonostante un traffico di dati dieci volte superiore.⁶⁰ Nelle zone rurali il 95° percentile della potenza di trasmissione era pari al 2,2 per cento della potenza di trasmissione massima, mentre nelle aree urbane era inferiore all'1 per cento. I valori sono risultati ancora più bassi negli edifici adibiti a uffici.

In Serbia sono state recentemente oggetto di studi sistematici le potenze di trasmissione di terminali durante usi diversi su reti diverse (GSM, UMTS e WLAN) con buona e cattiva qualità della connessione.⁶¹ È emerso che, con una buona qualità di ricezione, la rete UMTS genera minori emissioni rispetto alle reti GSM e WLAN.

Uno studio francese di modellizzazione è giunto alla conclusione che nella 4G il contributo del proprio terminale rispetto al campo lontano è ancora inferiore a quello della 3G⁶², poiché il traffico di dati è molto veloce. Per i modelli sono state formulate ipotesi realistiche sul comportamento della popolazione nelle chiamate e nell'utilizzo di dati e, tra l'altro, è stato calcolato il valore SAR per tutto il corpo quando un cellulare viene tenuto all'altezza del torace per lo scambio di dati. Dai calcoli è emerso che il proprio dispositivo rappresenta soltanto il 25 per cento di tutte le immissioni del 4G assorbite.

5.5.2 Panoramica sulla 5G

Per i telefoni cellulari di quinta generazione si applicano le misurazioni del SAR e gli standard rilevanti ai fini delle misurazioni nella gamma di frequenze da 30 MHz a 6 GHz⁶³. La situazione è diversa per quelli che utilizzeranno onde millimetriche superiori ai 6 GHz (solitamente sopra i 24 GHz). Questa gamma di frequenze dovrà essere utilizzata in futuro per la 5G (in Europa probabilmente non prima del 2020, per la Svizzera i tempi non sono stati ancora definiti). Per tali frequenze con un comportamento di propagazione notevolmente diverso sono state sviluppate negli ultimi anni nuove tecniche di misurazione che consentono di determinare la densità del flusso di potenza (in W/m²) rilevante in questa gamma di frequenze⁶⁴. Sinora, per gli studi numerici dell'assorbimento di onde elettromagnetiche negli esseri umani, nella maggior parte dei casi la pelle è stata modellizzata come mezzo assorbente, omogeneo e con un determinato tenore di acqua. In prevalenza non sono state tenute in considerazione ulteriori specificità, tra cui i diversi strati della pelle e altre strutture in essa contenute. Si è dunque proceduto a grandi semplificazioni, poiché la pelle è un organo complesso. In diverse pubblicazioni è stato tuttavia calcolato l'innalzamento della temperatura indotto da onde millimetriche anche con un modello che considerasse i diversi strati della pelle. Nel 2018 è stato quindi calcolato un aumento della temperatura di 0,1 °C dovuto all'esposizione a un telefono cellulare che utilizzava la frequenza di 28 GHz⁶⁵. È stato inoltre constatato che la pelle può essere considerata per approssimazione come una pila stratificata di tessuti⁶⁶. Questo studio sottolinea l'importanza della superficie mediata, affinché sia possibile evitare un innalzamento della temperatura superiore a 1° C se i valori limite sono rispettati.

Uno studio condotto nel 2018 ritiene che tali approssimazioni siano sempre più inadeguate⁶⁷. Gli autori hanno studiato l'influenza della struttura delle ghiandole sudoripare sull'assorbimento. In considerazione del fatto che non sono momentaneamente disponibili misurazioni dei rispettivi tessuti nella corrispondente gamma di frequenza, i parametri fisici

dei tessuti sono stati stimati sulla base del tenore di acqua dei singoli strati. I risultati della modellizzazione rivelano che nel caso delle onde millimetriche la topologia e le strutture piú fini della pelle possono avere un'influenza significativa sull'assorbimento nella pelle. In questo studio la differenza del SAR massimo locale nella pelle calcolato considerando o non considerando le ghiandole sudoripare va da 1000 a 10 000 volte (ma solo a partire da una frequenza di 50 GHz). Le ghiandole sudoripare si rivelano microstrutture con una capacità di assorbimento molto piú elevata. I risultati dello studio dovranno essere verificati e validati con ulteriori indagini. Inoltre, i pertinenti parametri tissutali dovranno essere determinati mediante misurazioni.

5.6 Confronto dell'esposizione causata da sorgenti vicine e da sorgenti lontane

5.6.1 Considerazioni fondamentali

L'esposizione generata da una stazione di base è notevolmente diversa da quella causata da un terminale. I telefoni cellulari e altri apparecchi terminali hanno nella maggior parte dei casi una potenza di trasmissione molto inferiore a quella di una stazione di base. Tuttavia, l'esposizione umana al terminale durante l'uso (traffico di dati, conversazione) è generalmente molto piú elevata di quella della stazione di base piú potente. Il motivo è da ricondurre al fatto che spesso il terminale è utilizzato a una distanza di pochi millimetri dalla testa o di pochi centimetri dal corpo, mentre di rado ci si avvicina all'antenna di una stazione di base a distanze inferiori a qualche metro. A causa della maggiore distanza dalla stazione di base, tutto il corpo è esposto in modo uniforme alle sue radiazioni. Il terminale irradia invece prevalentemente la testa o una parte del corpo nelle sue immediate vicinanze.

Un'altra differenza consiste nel fatto che nelle tecnologie 2G, 3G e 4G la stazione di base invia continuamente un segnale di controllo, mentre il terminale trasmette solo durante una conversazione o il traffico di dati (anche in modalità stand-by); con la 5G i segnali di controllo inviati dalla stazione di base sono inferiori rispetto a quelli delle tecnologie precedenti. Un terminale acceso in modalità stand-by, quindi se non è in corso una conversazione o la trasmissione di dati, trasmette un breve segnale solo a intervalli di qualche minuto per comunicare a quale cella è agganciato.

Tabella 13: Confronto dell'esposizione causata dalle stazioni di base (macrocelle) e dai terminali

Stazione di base	Terminale
· Trasmettitore in prevalenza piú forte	· Trasmettitore debole
· Maggiore distanza dalle persone	· A seconda dell'utilizzo, distanza dal corpo da brevissima a breve
· Esposizione uniforme di tutto il corpo	· Esposizione locale di una parte del corpo
· Bassa potenza assorbita	· Potenza assorbita localmente molto elevata
· Esposizione continua, ma diversa nel corso della giornata e con un controllo dinamico della potenza e della direzione di trasmissione	· Radiazione solo durante una connessione (conversazione, traffico di dati)
· Irraggia su un'ampia area ed espone tutte le persone che si trovano nelle vicinanze	· Espone prevalentemente l'utente e i non utenti che si trovano nelle vicinanze

5.6.2 Confronto della dose assorbita

Il confronto dell'esposizione da campi lontani e vicini non è banale. Ciò è già visibile nelle diverse unità di misura (cfr. *cap. 5.2*). A priori non è dunque chiaro quale sia il parametro di confronto migliore. Nell'epidemiologia si è internazionalmente affermato un indicatore della dose cumulativa (J/kg) che media il valore SAR su grandi volumi (ad es. la massa

cerebrale) e lo moltiplica per la durata dell'esposizione. Occorre tuttavia sottolineare che questa unità di misura non è indicata per descrivere gli effetti che dipendono dalla dose oppure si verificano solo al di sopra di una determinata soglia, ad esempio gli effetti termici, che si manifestano solo a partire da una determinata temperatura (cfr. ad es. il valore SAR massimo di cui al *cap. 5.8*). Fondamentalmente si tratta di un'unità di misura conservativa, nel senso che comprende anche i contributi di dose indotti da basse esposizioni. Tuttavia, le variazioni del campo indotte dalle modulazioni del segnale (o i livelli di picco) non sono tenute in considerazione con questo sistema di misurazione.

Nel 2013 è stato eseguito per la prima volta un confronto tra l'esposizione in campo vicino e quella in campo lontano⁶⁸, calcolando i SAR per tutto il corpo e specifici per determinati organi in diverse situazioni di esposizione in campo lontano e vicino e moltiplicando questi valori per la corrispondente durata di esposizione o di utilizzo. Si otteneva così la dose cumulativa su intervalli di 24 ore. I calcoli si sono basati sui valori medi dell'esposizione alle RNI ad alta frequenza rilevati nello studio Qualifex⁶⁹. Per le sorgenti in campo lontano questi valori sono riportati nella *Figura 12*, per i telefoni cellulari e i cordless sono stati presupposti utilizzi di 26 minuti alla settimana (dati dell'operatore) e di 62 minuti alla settimana (autoriportati). Sono stati calcolati due scenari: nel primo è stato ipotizzato che una persona utilizzi soltanto la rete GSM, nel secondo soltanto la rete UMTS. I calcoli hanno dimostrato che con l'uso del GSM, la dose cumulativa per l'intero corpo è costituita in gran parte dalla quota dovuta all'uso del proprio telefono cellulare (*Tabella 14*). Nell'uso dell'UMTS, invece, il contributo del telefono cellulare è esiguo e la maggior parte proviene dalle sorgenti lontane e dal telefono cordless.

Tabella 14: Dose cumulativa su 24 ore (in mJ/kg) sull'intero corpo e su organi specifici per l'esposizione media nello studio Qualifex⁷⁰ (valore medio su un totale di 198 misurazioni dell'esposizione).

Organo	GSM- 900- Mobiltelefo n	Telefono cellulare UMTS	Telefono cordless DECT	Totale Sorgenti in campo lontano	Rapporto (campo vicino/lonta no) per il GSM	Rapporto (campo vicino/lontano) per l'UMTS
<i>Tutto il corpo</i>	111	0,7	27	35	3	0,8
Cervello (materia grigia)	1002	5	197	42	24	5
Ipotalamo	1109	5	187	27	41	7
Tessuti nervosi	23	0,09	4	7	3	0,6
Midollo osseo rosso	46	0,2	9	20	2	0,5
Testicoli	0,7	0,001	0,03	76	1:100	1:2350

Questi calcoli delle dosi sono stati aggiornati nel 2015 e completati con ulteriori scenari (ad es. uso di Internet con gli smartphone)⁷¹. Sulla base delle misurazioni dell'esposizione alle RNI ad alta frequenza e delle stime personali dell'uso di dispositivi di comunicazione cordless durante il periodo di misurazione, è stata calcolata la dose cumulativa media di RNI ad alta frequenza assorbita dal cervello e da tutto il corpo sull'arco di 24 ore. Sono stati calcolati diversi scenari:

- scenario intermedio ipotizzando che le telefonate abbiano luogo per il 50 per cento sulla rete GSM e per l'altro 50 per cento sulla rete UMTS;
- tutte le telefonate vengono effettuate sulla rete UMTS o sulla rete GSM;

- analisi di sensibilità in cui, per ogni banda di frequenza delle stazioni radio di base viene utilizzato di volta in volta il valore medio più elevato misurato su una persona sottoposta al test durante l'intero periodo di misurazione.

Se si aggiungono le frequenze di banda per il downlink, nei primi due scenari l'intensità media del campo è pari a 0,11 V/m per le immissioni di stazioni radio di base. Nell'analisi di sensibilità con il downlink più elevato misurato di volta in volta risulta un valore sommato per il downlink di 0,51 V/m per le cinque bande di frequenza.

La figura 12 mostra i diversi contributi di sorgente delle dosi medie di RNI ad alta frequenza assorbite dal cervello e dall'intero corpo. Nel caso del cervello, il 96,2 per cento dell'intera dose di 594 mJ/kg/giorno proviene da sorgenti in campo vicino. Le più importanti sono le chiamate con il cellulare, che rappresentano il 78 per cento della dose cumulativa del cervello. Le sorgenti in campo lontano contribuiscono solo in misura minima alla dose assorbita dal cervello: radio-diffusione 0,9 per cento, downlink della telefonia mobile 2,1 per cento, WLAN 0,1 per cento, stazioni di base dei telefoni cordless 0,1 per cento e telefoni cellulari di altri utenti 0,5 per cento. In riferimento all'esposizione di tutto il corpo, le sorgenti in campo lontano rivestono un'importanza maggiore; tuttavia, contribuiscono solo per il 10,2 per cento alla dose cumulativa pari complessivamente a 194 mJ/kg/giorno. Circa la metà del contributo in campo lontano proviene dalle stazioni radio di base (5 % dell'intera dose). Nell'utilizzo dei dispositivi, per la dose cumulativa di tutto il corpo sono rilevanti, oltre alle chiamate con il cellulare (33 %), anche i contributi delle telefonate effettuate con i cordless (8 %), il traffico di dati con i telefoni cellulari (19 %) nonché computer, laptop e tablet (29 %).

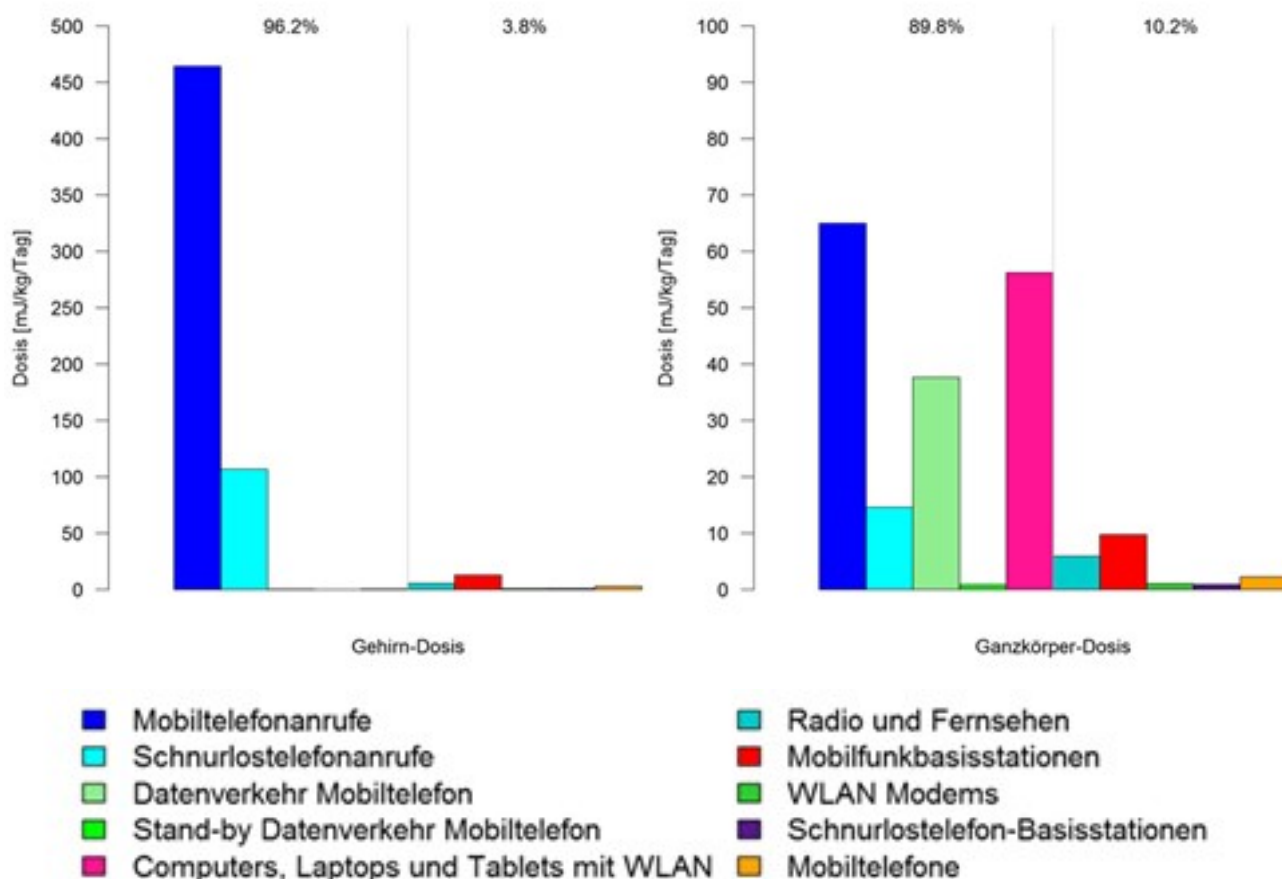


Figura 13: Panoramica della dose cumulativa media di RNI ad alta frequenza sull'arco di 24 ore assorbita dal cervello (a sinistra) e da tutto il corpo (a destra) presumendo che le chiamate con il cellulare siano effettuate per il 50 per cento sulla rete GSM e per il 50 per cento sulla rete UMTS. Si tenga conto delle diverse scale utilizzate. I valori percentuali indicano di volta in volta le quote delle sorgenti di RNI ad alta frequenza vicine al corpo (a sinistra) e lontane dal corpo (a destra) sull'intera dose.

Dato che le emissioni delle telefonate con il cellulare effettuate sulla rete UMTS sono nettamente inferiori, per il secondo scenario si delinea un quadro completamente diverso, presupponendo che tutte le telefonate con il cellulare siano effettuate sulla rete UMTS. In tal caso, la dose cumulativa di RNI ad alta frequenza sul cervello nell'arco di 24 ore si riduce a 136 mJ/kg/giorno e l'esposizione dell'intero corpo a 130 mJ/kg/giorno. In questo caso le telefonate con il cellulare contribuiscono alla dose cerebrale solo per il 5 per cento e la maggior parte della dose cerebrale cumulativa proviene da telefonate con i cordless (78 %). Per quanto riguarda l'esposizione di tutto il corpo, i principali contributi derivano dal traffico di dati con i cellulari (29 %) nonché da computer, laptop e tablet (43 %). La quota delle telefonate effettuate con i cellulari è pari appena allo 0,7 per cento della dose dell'intero corpo. Ipotizzando invece che le telefonate con il cellulare siano effettuate sulla rete GSM, la dose cerebrale cumulativa è pari a 1052 mJ/kg/giorno (contributo delle telefonate con il cellulare: 87 %) e la dose cumulativa di tutto il corpo è di 258 mJ/kg/giorno (contributo delle telefonate con il cellulare: 50 %).

Nel terzo scenario è stato quantificato il contributo delle stazioni radio di base alla dose cumulativa di RNI ad alta frequenza, se per il downlink viene utilizzato il valore massimo di 0,51 V/m. Dal momento che i suddetti valori massimi provengono da diversi partecipanti al test, questo scenario costituisce il caso peggiore in assoluto, che non si è verificato nel campione in studio. Per le telefonate con il cellulare è stato nuovamente ipotizzato che fossero effettuate per il 50 per cento sulla rete GSM e per il 50 per cento sulla rete UMTS. In questo scenario del caso peggiore in downlink la dose cumulativa cerebrale è di 817 mJ/kg/giorno e la dose dell'intero corpo di 333 mJ/kg/giorno. Tuttavia, l'utilizzo quotidiano di un telefono cellulare per 5,2 minuti al giorno si conferma il contributo maggiore alla dose cerebrale rispetto all'esposizione alle sorgenti di downlink (57 % contro il 29 %). Per quanto riguarda l'esposizione di tutto il corpo, in questo caso poco meno della metà (44 %) proviene dal downlink. Tale contributo corrisponde all'incirca alla somma dei contributi delle telefonate con il cellulare e del traffico di dati su cellulari, computer, laptop e tablet (48 %). Ciò dimostra che, anche nelle condizioni dello scenario peggiore, in caso di utilizzo medio dei dispositivi di comunicazione una parte considerevole della dose cumulativa di tutto il corpo deriva dall'uso del proprio dispositivo (52 %).

Occorre sottolineare che questi calcoli delle dosi medie implicano notevoli fattori di incertezza e potrebbero fornire anche risultati molto diversi da un caso all'altro. Sono pochi i dati disponibili sulla potenza di trasmissione tipica dei diversi dispositivi e sulla distanza tra il corpo e il dispositivo in situazioni tipiche di utilizzo. Entrambi sono parametri molto importanti, ognuno dei quali può variare notevolmente con l'evoluzione della tecnica. Nello studio Geronimo⁷², il modello di calcolo della dose è stato ulteriormente affinato e aggiornato. Tuttavia, non è ancora disponibile al pubblico. Occorre altresì osservare che l'assorbimento delle RNI ad alta frequenza non consente di esprimersi sui possibili effetti non termici.

5.7 Fattori che influenzano l'esposizione e possibilità di limitarla

5.7.1 Fattori che influenzano l'esposizione causata dalle stazioni di base

L'esposizione nelle vicinanze di una stazione di base dipende fondamentalmente dai seguenti fattori:

- potenza di trasmissione equivalente dell'antenna
- modello di irraggiamento nello spazio dell'antenna (direzione di trasmissione/diagramma delle antenne)
- distanza dall'antenna
- attenuazione del segnale dovuta a muri e tetti di edifici; attenuazione del segnale dovuta all'atmosfera
- quantità di dati trasmessi (traffico di dati)

Se i suddetti fattori sono noti in una situazione concreta, è possibile calcolare l'immissione, espressa come intensità del campo elettrico in volt per metro (V/m), causata da un'antenna di telefonia mobile in un determinato luogo nelle vicinanze. Per il calcolo delle immissioni viene utilizzata la potenza equivalente irradiata ERP (effective radiated power o

equivalent radiated power) in watt (W). L'ERP descrive la potenza di trasmissione efficace nella principale direzione di irraggiamento, considerando l'effetto focalizzante delle antenne di trasmissione. Non deve essere confusa con la potenza di trasmissione immessa, che nelle antenne direttive è notevolmente inferiore all'ERP.

Quanto più elevata è la potenza equivalente di trasmissione di un impianto, tanto maggiore è anche l'esposizione generata in un determinato luogo nelle vicinanze. Tuttavia, se viene espressa come intensità del campo elettrico, il rapporto tra la potenza di trasmissione e l'esposizione non è lineare: raddoppiando la potenza di trasmissione, l'intensità del campo elettrico aumenta soltanto del fattore, ossia del 41 per cento; se la potenza è triplicata, l'intensità del campo elettrico aumenta del fattore, ossia del 73 per cento.

Per ottenere un'opportuna copertura, nella telefonia mobile vengono utilizzate speciali antenne che orientano l'emissione del segnale in orizzontale e in verticale. Queste antenne non trasmettono uniformemente in tutte le direzioni, bensì raggruppano i segnali radio e li dirigono all'interno di un cono nella principale direzione di irraggiamento voluta. Al di fuori del cono le radiazioni sono ancora presenti, ma risultano molto ridotte. Tuttavia, oltre all'irraggiamento principale esistono i cosiddetti «lobi laterali». La radiazione è più elevata anche al loro interno. Lungo la principale direzione di irraggiamento l'intensità del campo elettrico si dimezza con il raddoppiare della distanza. Al livello del suolo l'andamento è più complesso. Le immissioni nelle vicinanze di un'antenna provengono principalmente dai lobi laterali.

Se i segnali radio colpiscono l'involucro di un edificio, una parte di essi si riflette e una parte viene assorbita nell'involucro. La potenza della parte rimanente del segnale radio nell'edificio è dunque indebolita. In particolare le pareti e i soffitti in calcestruzzo, le facciate metalliche e le vetrate isolate smorzano fortemente i segnali radio. Murature, tetti in mattoni, finestre in legno o in vetro non rivestito, invece, attenuano solo leggermente i segnali.

L'esposizione nelle vicinanze di un impianto di telefonia mobile varia nel corso della giornata anche in base al numero delle conversazioni effettuate e dei dati trasmessi nonché al numero di utenti. Oltre ai canali di controllo dedicati, che nelle tecnologie 2G, 3G e 4G trasmettono permanentemente, vengono attivati ulteriori canali di traffico in funzione delle esigenze, che aumentano l'esposizione durante il collegamento. Le variazioni giornaliere delle immissioni riflettono il comportamento degli utenti di dispositivi mobili gestiti dalla stazione di base: durante il giorno, vi è di solito un aumento della domanda di dati e i canali di traffico sono collegati di conseguenza. Nelle ore serali si registra un nuovo picco, mentre nella notte le quantità di dati trasmessi diminuiscono e, con esse, anche le immissioni.

5.7.2 Limitazione delle immissioni causate dalle stazioni di base

Limitare le immissioni causate dalle stazioni di base è possibile intervenendo su diversi fattori:

- Potenza di trasmissione: la potenza di trasmissione di un'antenna deve essere tanto forte da consentire ai segnali radio da trasmettere di raggiungere i terminali anche sul margine della cella. Non deve tuttavia essere troppo intensa, poiché altrimenti i segnali in altre cellule sarebbero disturbati. La potenza di trasmissione necessaria a una stazione di base diminuisce in proporzione alle dimensioni della cella radio da coprire, dal momento che i terminali cui trasmettere il segnale si trovano a una distanza minore dalla stazione di base rispetto a quanto avviene in una cella radio molto grande. Occorre tuttavia un segnale con una maggiore larghezza di banda, circa 100 MHz nella banda di 3,5 GHz, di conseguenza più potenza, anche se viene coperta solo una piccola cella.
- Il criterio cui si ricorre spesso per valutare la rete è soltanto l'intensità di campo della copertura, sebbene «copertura» significhi che un collegamento mobile è in linea di principio possibile. È spesso trascurato il criterio della capacità (quindi il volume di dati disponibile che tutti gli utenti contemporaneamente attivi in una cella radio devono condividere), sebbene svolga un ruolo decisivo nella pianificazione della telefonia mobile. In particolare le elevate capacità di trasmissione dati da ottenere con la 5G saranno possibili solo con un aumento della larghezza di banda utilizzata.
- Capacità: a parità di capacità (volume di dati trasmissibili), una rete più densa con trasmettitori a bassa potenza, ma con la stessa tecnologia radio e larghezza di banda, richiede una potenza di trasmissione complessivamente inferiore e genera meno immissioni di una rete a maglie larghe con trasmettitori potenti⁷³. Tuttavia, questo non dice nulla sull'esposizione effettiva, in quanto questa dipende anche dalla distanza della persona dai trasmettitori.

Nel caso di un'immissione media costante, una rete più fitta con macrocelle più piccole (con trasmettitori a bassa potenza, ma tecnologia radio e larghezza di banda identiche) ha una maggiore capacità di una rete meno fitta con antenne potenti.

- Distanza dall'antenna: nelle immediate vicinanze di antenne a piccole cellule (ossia antenne con una potenza di trasmissione inferiore a 6 watt ERP), l'immissione può essere alta come nelle vicinanze di un impianto a macrocelle⁷⁴. È quindi importante che nelle reti di piccole celle, soprattutto in impianti Indoor, le antenne siano collocate dove non soggiornano persone nelle immediate vicinanze per lunghi periodi di tempo. Di conseguenza, le antenne di piccole celle possono non essere posizionate in modo ottimale dal punto di vista della rete. In questo caso, non possono raggiungere pienamente gli obiettivi di approvvigionamento (copertura, capacità ecc.), rendendo necessarie impianti aggiuntivi per colmare le lacune. Tuttavia, nella pianificazione della rete, le piccole celle possono essere utilizzate in modo efficiente solo se si trovano dove sono gli utenti, poiché il collegamento e la capacità di trasmissione di dati del terminale migliora quanto più breve è il collegamento radio e minore il numero degli ostacoli in grado di attenuare il segnale.
- Traffico di dati (aspetto del segnale di controllo): una parte delle immissioni potrebbe essere inoltre ridotta se venisse utilizzata un'unica rete invece di diverse reti mobili indipendenti tra loro. In particolare, la segnalazione dovrebbe essere effettuata una sola volta per area, invece che indipendentemente per ogni rete. Nel caso della nuova tecnologia 5G, questi segnali di controllo sono diventati più sottili e flessibili. La 5G emetterà quindi un numero di segnali di controllo molto inferiore rispetto al suo predecessore, l'LTE.
- Nuove tecnologie per le antenne: le antenne oggi utilizzate irradiano i segnali da trasmettere per un utente all'intera cella radio. Le nuove tecnologie, tra cui le antenne adattative («smart antennas», «beamforming» ecc.), consentono invece di inviare i segnali solo nelle direzioni in cui sono richiesti. Le direzioni prive di terminali sono dunque meno esposte. Nel complesso è presumibile che l'esposizione media calcolata nell'area causata da antenne adattative sia inferiore (a parità di volume di dati) a quella generata dalle tradizionali antenne statiche.⁷⁵

5.7.3 Fattori che influenzano l'esposizione causata da terminali

Solo una parte dei fattori menzionati al *capitolo 5.5.1* che determinano l'esposizione causata da un terminale ha un nesso con la struttura della rete. Per quanto riguarda la struttura della rete, il valore massimo SAR e la distanza del dispositivo dal corpo non svolgono alcun ruolo, pertanto questi fattori non saranno più considerati nelle analisi seguenti.

Affinché una rete possa contribuire a limitare le immissioni dei terminali, sono essenziali la tecnologia mobile e la qualità del collegamento.

- Tecnologia mobile: il *capitolo 5.5.1* illustra che i telefoni cellulari UMTS e LTE regolano la propria potenza in modo molto più efficiente dei dispositivi GSM, comportando quindi anche una minore esposizione.
- Per l'utilizzo della 5G nella banda dei 3,5 GHz è ipotizzabile che si osserverà un comportamento simile alla tecnologia LTE.
- Qualità del collegamento: se la qualità del collegamento radio tra il dispositivo mobile e la stazione di base è buona, la potenza di trasmissione del dispositivo e, quindi, anche l'esposizione dell'utente sono basse. La qualità del collegamento migliora quanto più breve è il collegamento radio e minore il numero di ostacoli in grado di attenuare il segnale. Una frequente affermazione in merito alla buona qualità del collegamento, ossia che «più forte è la potenza di trasmissione della stazione di base, più bassa è la potenza di trasmissione del terminale», non è corretta, poiché dipende soltanto dalla qualità del segnale tra un telefono cellulare e la stazione di base.

5.7.4 Limitazione delle immissioni causate dai terminali

Per risparmiare la carica della batteria, un telefono cellulare cerca di trasmettere con la minore potenza possibile. A tal fine, la potenza di trasmissione tra terminali e stazione di base è regolata in modo che la stazione di base possa ricevere i segnali dei terminali con una qualità sufficiente⁷⁶. Se anche la stazione di base deve ricevere con una qualità sufficiente

il segnale del terminale che trasmette con una potenza minima, il terminale dovrebbe trovarsi alla distanza piú breve possibile dalla stazione di base (collegamento radio breve) e in questo tratto dovrebbe essere presente il minor numero possibile di ostacoli in grado di attenuare il segnale (ad es. involucri degli edifici o carrozzerie di veicoli).

I collegamenti radio brevi con pochi ostacoli che attenuino il segnale hanno anche il vantaggio di poter trasferire volumi di dati piú elevati rispetto a quelli lunghi con una maggiore attenuazione del segnale. Cosí si riduce anche la durata della trasmissione del segnale del terminale, quindi l'esposizione è minore.

Dal momento che la sensibilità del ricevitore delle stazioni di base si ripercuote sulla potenza di trasmissione del terminale, sarebbe possibile aumentare ulteriormente l'efficienza (quindi ridurre ulteriormente l'esposizione) con una migliore qualità dell'elettronica impiegata nei terminali e nelle stazioni di base.

5.7.5 Possibilità di limitare l'esposizione della popolazione nel potenziamento della rete

Dalle considerazioni suesposte risulta che anche a livello della struttura della rete e del suo potenziamento esistono possibilità di limitare l'esposizione della popolazione generata dalle stazioni di base e dai terminali.

Come affermato in precedenza, la potenza di trasmissione necessaria ai terminali e alle stazioni di base diminuisce quanto piú breve è il collegamento radio e minore il numero di ostacoli in grado di attenuare il segnale. Il modo migliore per ridurre al minimo le immissioni causate dalla telefonia mobile è dunque portare i segnali il piú vicino possibile agli utenti finali mediante reti in fibra ottica (o anche mediante collegamenti in ponte radio per circa due terzi delle economie domestiche e delle imprese svizzere) e limitare il piú possibile la lunghezza e la presenza di ostacoli nella restante sezione aerea.

Per ridurre al minimo le immissioni causate dalle radiazioni della telefonia mobile la soluzione migliore è dunque, almeno in teoria, una rete il piú possibile fitta con trasmettitori a bassa potenza, ma comunque con una capacità elevata dei singoli impianti. A una data capacità, le reti piú fitte causano in media immissioni inferiori rispetto a quelle con grandi celle.

Per accrescere la capacità sarebbe necessario aumentare la potenza delle celle oppure, ancora una volta, renderle piú fitte. Dal punto di vista tecnico occorre osservare che una concentrazione elevata di celle può causare maggiori problemi di interferenza, con un effetto negativo sulla capacità delle reti. Lo stesso vale anche per l'aumento delle capacità delle macrocelle.

Per mantenere basse le potenze di trasmissione nell'uplink e nel downlink, occorrerebbe ridurre al minimo gli ostacoli, tra cui gli involucri degli edifici o le carrozzerie dei veicoli, che i radiosegnali devono penetrare. Ciò può essere ottenuto separando la rete indoor da quella outdoor. Qui la fisica pone alcuni limiti: una separazione di questo genere è difficile da ottenere soprattutto per le basse frequenze, che penetrano bene negli edifici, se non vengono schermati tutti gli involucri degli edifici e le finestre. Dal punto di vista puramente tecnico, una netta separazione tra rete indoor e rete outdoor non è auspicabile, poiché fa aumentare la probabilità di un'interruzione del collegamento nell'area intermedia. Inoltre, in determinati casi è indispensabile una trasmissione indoor dall'esterno o una trasmissione indoor garantita, ad esempio le organizzazioni Spitex utilizzano tablet e dipendono da una buona rete mobile.

Per separare la rete indoor da quella outdoor, i locali interni possono essere muniti di antenne interne (celle femto, pico, WLAN, ripetitori). In determinate circostanze potrebbe occorrere un'antenna in ogni grande locale di un edificio. In considerazione della tipica durata di utilizzo, è presumibile che il trasferimento di gran parte dei dati sulla rete mobile avvenga all'interno degli edifici in modo quasi stazionario⁷⁷,rendendo ancora piú appropriata una trasmissione indoor dall'interno.

In Svizzera si contano circa 2,5 milioni di edifici. Se la maggior parte di essi dovesse essere munita di impianti dedicati indoor, l'installazione di queste antenne (a volte in diversi locali di un edificio) risulterebbe molto costosa.

In particolare nel caso dei trasmettitori indoor è opportuno riflettere bene su dove collocarli (buona copertura dei locali, distanza minima dalle persone). Infatti, anche trasmettitori a bassa potenza possono aumentare l'esposizione sulle brevi distanze.

Se occorre penetrare attraverso le facciate degli edifici o le carrozzerie dei veicoli, è possibile ridurre l'esposizione aumentando al massimo la permeabilità alle radiazioni della telefonia mobile dei suddetti involucri. Di recente sono state montate nei vagoni ferroviari finestre termoisolanti, il cui rivestimento metallico è opportunamente perforato, quindi i segnali radio risultano meno indeboliti. Per gli edifici questa strada è meno indicata, poiché nella maggior parte dei casi altre strutture edilizie attenuano i segnali comunque meno dei vetri rivestiti. La laserizzazione, che migliora la permeabilità dei vetri, consente di aumentare la ricezione del segnale solo se le facciate dell'edificio sono metalliche e le pareti in cemento armato, ma comunque solo nel primo locale dietro la finestra.

Inoltre, le possibilità offerte dalle nuove tecnologie possono essere utilizzate per ridurre al minimo le immissioni, come le antenne adattive⁷⁸. Infine, le tecnologie radio più efficienti richiedono meno energia per volume di dati trasmessi. Per questo motivo i servizi di radiocomunicazione obsoleti e inefficienti come il 2G dovrebbero essere sostituiti al più presto da quelli moderni.

5.8 Modellizzazione dell'esposizione causata dalle stazioni di base e dai terminali 5G

5.8.1 Procedimento

Alle precedenti considerazioni di fondo si aggiungono i risultati di uno studio condotto dalla IT'IS Foundation, associata al Politecnico di Zurigo, su incarico dell'UFAM nell'ambito dell'elaborazione del presente rapporto. Un rapporto dettagliato di questo studio è disponibile in inglese⁷⁹. Di seguito sono sintetizzati alcuni punti essenziali.

Lo studio si prefiggeva di modellizzare l'esposizione complessiva della popolazione alla 5G per diverse strutture di rete e differenti scenari di utilizzo. Determinando vari fattori d'influenza sull'esposizione totale è possibile dedurre provvedimenti mirati per ridurre al minimo l'esposizione della popolazione alla telefonia mobile.

L'esposizione totale qui calcolata è data dalla combinazione delle stazioni radio di base, del proprio terminale e dei terminali di utenti nelle vicinanze. È stato calcolato di volta in volta il valore SAR massimo nel corpo e non la dose cumulativa per tutto il corpo su 24 ore come nel capitolo 5.6. Il valore SAR massimo è significativo ai fini degli effetti che si producono solo al di sopra di un determinato valore soglia (cfr. cap. 5.6.1).

Considerando il poco tempo a disposizione dello studio, non è stato possibile svolgere simulazioni su larga scala considerando le modellizzazioni della propagazione e dell'esposizione. È stato dunque scelto un procedimento secondo il metodo di simulazione Montecarlo. Tenendo presente che, per il momento, mancano dati attendibili per la rete 5G in esercizio reale, sono stati estrapolati i dati della rete LTE.

Secondo le indicazioni fornite dagli operatori di rete mobile, nella rete 5G con frequenze di 3,5 GHz è prevista una velocità di trasmissione di 100 MBit/s ovunque (velocità di trasmissione da 10 a 20 volte superiore a quello della rete LTE) e di 3 GBit/s come valore di picco. Va osservato che questo studio non fornisce valori assoluti dell'esposizione, bensì un confronto dell'esposizione nei diversi scenari delle strutture di rete e dei comportamenti di utilizzo. Dal momento che in Svizzera la 5G sarà presumibilmente realizzato con una topologia di rete ibrida (rete con macro e microcelle), lo studio si è concentrato sull'impatto della quota di piccole celle nella rete ibrida (grado della rete interna) sull'esposizione totale.

5.8.2 Risultati

Nella prima parte dello studio è stata esaminata, sulla base di diversi modelli di testa, l'esposizione del cervello causata dal proprio telefono cellulare per frequenze comprese tra 700 MHz e 3,6 GHz. È risultato che:

- con l'aumento della frequenza diminuisce la profondità di penetrazione dei campi nella testa;
- con frequenze di 3,6 GHz il cervello subisce un'esposizione di circa 6 volte inferiore rispetto a quanto avviene con frequenze al di sotto di 1 GHz e di circa due volte inferiore rispetto alle frequenze di 1,8–2 GHz;
- tuttavia, l'esposizione di tessuti vicini alle superfici corporee esposte, come la pelle, gli occhi ecc., può aumentare leggermente con frequenze intorno a 3,6 GHz;

- il valore di picco locale sulla superficie esterna della materia grigia del sistema nervoso centrale rimane costante con tutte le frequenze.

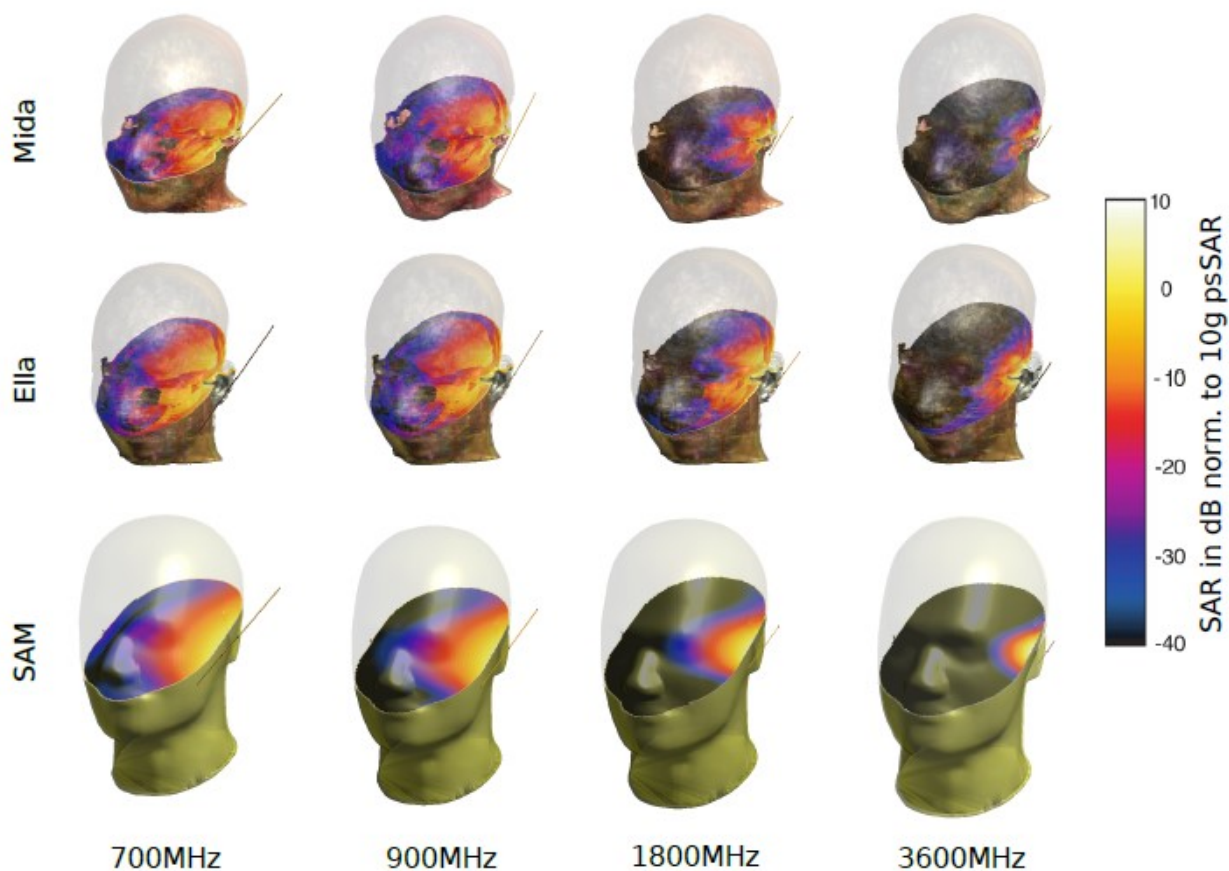


Figura 14: Distribuzione del tasso di assorbimento specifico SAR in diversi modelli di testa umana con frequenze da 700 MHz a 3,6 GHz. Il SAR è espresso in dB normalizzato a 10g psSAR (psa = Peak Spatial-Average, valore spaziale di picco mediato). Con l'aumento della frequenza diminuisce la profondità di penetrazione dei campi nella testa. La fila superiore mostra il modello MIDA, un modello anatomico multimodale e dettagliato della testa e del collo di un essere umano. Nella fila centrale è raffigurata «Ella», il modello della testa di una donna. La fila in basso mostra il manichino antropomorfo SAM (Specific Anthropomorphic Mannequin), utilizzato anche per le misurazioni standardizzate del SAR.

Nella seconda parte dello studio è stata esaminata l'influenza della struttura della rete e del comportamento di utilizzo sull'esposizione totale della popolazione causata dalla telefonia mobile. In oltre 200 scenari di esposizione sono stati calcolati gli effetti sull'esposizione totale di diverse strutture di rete (mediante una variazione delle dimensioni delle celle e ulteriori reti indoor create con piccole celle), del comportamento di utilizzo proprio e degli altri utenti nelle vicinanze. È risultato che:

- In tutti gli utenti di telefoni cellulari l'esposizione indotta dal proprio terminale è dominante (come già avviene con le attuali frequenze di telefonia mobile).

Rispetto ai non utenti l'esposizione è:

- da 4 a 10 volte superiore negli utenti con un uso limitato (100 MByte di upload giornaliero di dati);
- da 20 a 300 volte superiore negli utenti con un uso moderato (1 GByte di upload giornaliero di dati);
- da 300 a 10 000 volte superiore negli utenti con un uso intenso (10 GByte di upload giornaliero di dati);

- In media l'esposizione per i non utenti è minore di 1000 volte rispetto a quella degli utenti.
- L'esposizione massima per un non utente non è determinata da una stazione di base, bensì dal terminale di un utente che si trova nelle vicinanze. Nello scenario urbano l'impatto degli utenti vicini è quattro volte superiore a quello della stazione di base. Tuttavia, per la dose cumulativa su tutto il corpo sull'arco di 24 ore sono dominanti le immissioni delle stazioni di base.
- La riduzione del raggio della cella porta a un abbassamento da 2 a 10 volte dell'esposizione totale degli utenti. I non utenti subiscono tuttavia un leggero aumento di 1,6 volte su un basso livello di esposizione.
- L'ulteriore copertura negli spazi interni mediante piccole celle porta a ridurre a un decimo l'esposizione per tutti gli utenti. Per gli utenti assidui l'esposizione si riduce addirittura di 600 volte se lo spazio interno è coperto esclusivamente con piccole celle.
- Per i non utilizzatori, le piccole cellule supplementari aumentano l'esposizione di un fattore da 2 a 10. Tuttavia, questo rimane inferiore all'esposizione cui sono esposti gli utilizzatori nella misura di un fattore da 10 a 1000.
- L'esposizione totale è ridotta fino a un terzo con l'efficienza spettrale più elevata della nuova tecnologia.

I risultati dello studio sono limitati a causa dei dati di rete disponibili e delle ipotesi formulate. Lo studio non ha considerato i seguenti aspetti:

- l'effetto delle antenne adattative nelle stazioni di base (Massive MIMO) e di sistemi Multi-User MIMO nei dispositivi cellulari;
- percorsi alternativi di trasmissione dei dati (ad es. utilizzo di WLAN);
- onde millimetriche (dal momento che in Svizzera non saranno utilizzate per la telefonia mobile nel prossimo futuro);
- esposizione indotta da altre fonti, tra cui WLAN, radiodiffusione o altre applicazioni radio;
- riduzione dell'esposizione dei non utenti grazie a un accurato collocamento delle antenne di piccole celle nel locale o al loro spegnimento in caso di non utilizzo;
- la modellizzazione ha riguardato solo un operatore di rete, non tre;
- effetti di una ricezione non ottimale nei locali interni.

In considerazione dell'interpretazione dei risultati occorre inoltre osservare quanto segue:

- si tratta dello scenario peggiore, che nella vita quotidiana dovrebbe verificarsi raramente (95° percentile dei carichi massimi delle sorgenti modellate allo stesso tempo e nello stesso luogo);
- la misura dell'esposizione non consente di esprimersi in merito agli effetti sulla salute, poiché non distingue quali parti del corpo sono interessati dall'esposizione (testa, tronco, arti).

L'esposizione causata dal proprio dispositivo mobile dipende in notevole misura dalla parte del corpo in cui il dispositivo mobile viene utilizzato (ad es. vicino alla testa, in mano ecc.). Nello studio è stato utilizzato il valore SAR medio su tutte le possibili posizioni di utilizzo. Non si possono trarre conclusioni sull'effettiva esposizione di organi sensibili come il cervello umano. L'esposizione causata dal proprio dispositivo mobile dipende molto anche dalla distanza dal corpo durante l'utilizzo. Aumentando la distanza (ad es. appoggiando il dispositivo su una scrivania davanti all'utente) è possibile ridurre l'esposizione di un fattore notevolmente superiore a 10.

In sintesi i risultati dello studio dimostrano che per gli utenti attivi di telefonia mobile la maggior parte dell'esposizione è imputabile al proprio dispositivo mobile. Oltre ai comportamenti individuali di utilizzo, l'esposizione totale è tuttavia

strettamente correlata all'infrastruttura di rete. In generale una rete di telefonia mobile, che riduce la perdita di percorso con celle piú piccole e un'ulteriore copertura indoor, contribuirà a diminuire l'esposizione totale degli utenti. Per i non utenti, tuttavia, un'ulteriore concentrazione di celle comporta un aumento dell'esposizione.

6 Effetti sulla salute

6.1 Considerazioni preliminari

Nel 2000 è entrata in vigore l'ORNI, conformemente ai requisiti della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb). Secondo la LPAmb, i valori limite d'immissione devono essere stabiliti in base allo stato della ricerca scientifica e dell'esperienza. Occorre inoltre tenere conto dei gruppi di popolazione sensibili e garantire che le immissioni non siano dannose né influiscano negativamente sul benessere delle persone. Le incertezze relative agli effetti biologici e alle possibili conseguenze a lungo termine dell'esposizione a RNI inferiori al valore limite di immissione sono state prese in considerazione introducendo una limitazione preventiva delle emissioni (valore limite dell'impianto).

Rispetto alla situazione attuale, nel periodo in cui fu elaborata l'ORNI, ossia alla fine degli anni Novanta, gli effetti delle RNI-AF sulla salute erano di gran lunga meno studiati. Il rapporto⁸⁰ pubblicato nel 1998 dall'allora Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAP) trattava gli effetti delle RNI sulla salute, ma non quelli delle RNI-AF. Nel 2003 si valutò, per la prima volta in modo sistematico, lo stato delle conoscenze per quanto concerne gli effetti delle RNI-AF sulla salute in Svizzera. Si ritenne probabile che l'utilizzo di telefoni cellulari avesse un effetto sui flussi cerebrali, sulle funzioni cognitive, sulle fasi del sonno e che provocasse sintomi aspecifici. Si considerava inoltre possibile che l'esposizione ad antenne di telefonia mobile o a trasmettitori radio avesse effetti sulla qualità soggettiva del sonno e provocasse leucemie. Altrettanto possibili, inoltre, furono considerati un'ipersensibilità elettromagnetica e un rischio di tumori cerebrali in relazione all'utilizzo del telefono cellulare. Da allora sono stati condotti numerosi studi in tutto il mondo e anche in Svizzera, tra l'altro nell'ambito del PNR 57 (Programma nazionale di ricerca «Radiazioni non ionizzanti – Ambiente e salute») e da parte della FSM, patrocinata da due operatori di telefonia mobile e da Swissgrid. Ciò ha migliorato i dati sugli effetti delle RNI-AF. Tuttavia, ci sono ancora molte lacune nelle conoscenze, soprattutto per quanto riguarda gli effetti che non possono essere spiegati con il modello dell'effetto termico.

A livello mondiale, il progresso delle conoscenze in merito agli effetti delle RNI-AF sulla salute viene regolarmente registrato in rapporti riepilogativi, elaborati da gruppi di esperti internazionali o da autorità governative specializzate. L'UFAM ha continuato a pubblicare i nuovi risultati della ricerca in appositi rapporti tecnici, l'ultimo dei quali, Hug et al. (2014)⁸¹, è stato elaborato ai fini del rapporto del Consiglio federale «Reti mobili di nuova generazione»⁸² in adempimento dei postulati Noser (12.3580) e Gruppo liberale radicale (14.3149). Sulla base della letteratura pubblicata fino a fine luglio 2013, sono state valutate le prove degli effetti biologici di radiazioni ad alta frequenza di debole intensità. Nel 2014 l'UFAM ha istituito, per una consulenza specializzata, il Gruppo consultivo di esperti in materia di radiazioni non ionizzanti (BERENIS) che, da allora, esamina i lavori scientifici pubblicati sui campi elettromagnetici e sceglie, in vista di una valutazione dettagliata, quelli che ritiene siano, o potrebbero essere, significativi per proteggere la popolazione. Procedendo in tal modo, tuttavia, il gruppo di esperti crea, seppur consapevolmente, un effetto di selezione che può comportare distorsioni. Valutare i risultati degli studi scientifici permette di individuare anticipatamente i rischi potenziali. Per quanto possibile, non va trascurato alcun indizio di una possibile nocività che richiederebbe un intervento. Queste valutazioni sono pubblicate in una newsletter trimestrale.

6.2 Obiettivi e procedura

Per quanto concerne gli effetti sulla salute, al presente rapporto è stato fissato un obiettivo, ossia mostrare lo stato attuale della ricerca in merito alle ripercussioni sull'essere umano delle radiazioni ad alta frequenza, partendo da quanto constatato nel rapporto Hug et al. del giugno 2014 e integrando e discutendo i nuovi studi pubblicati da allora.

La questione principale che occorre analizzare è la seguente: considerato il principio di precauzione, vi sono indizi o risultati affidabili in merito a effetti che si verificherebbero al di sotto dei valori limite ICNIRP (o dei valori limite di immissione dell'ORNI)? La presente valutazione si fonda sul rapporto Hug et al. (2014) «Beurteilung der Evidenz für biologische Effekte schwacher Hochfrequenzstrahlung», i cui risultati sono riassunti nel capitolo 6.4. I lavori originali apparsi in seguito e che sono stati considerati importanti, sono stati analizzati in dettaglio e presentati in relazione all'esposizione e ai suoi effetti sulla salute. Questi lavori sono stati selezionati principalmente in base alle newsletter periodiche del

gruppo di esperti BERENIS. A questi sono stati aggiunti i piú recenti rapporti riepilogativi internazionali. Infine, sono stati valutati gli elementi di prova, e le eventuali modifiche da essi subite dopo il 2013. La valutazione degli elementi di prova si basa sulla classificazione EFHRAN, riconosciuta a livello internazionale, che a sua volta si fonda sul sistema adottato dall'Agencia internazionale per la ricerca sul cancro (AIRC), e al quale è stato fatto riferimento anche nel rapporto Hug et al. (2014). Questa classificazione si riferisce non solo al rischio di tumori, ma anche ad altri valori di riferimento sanitari o fisiologici e può quindi essere applicata piú ampiamente. Le prove sono state suddivise in quattro livelli: «sufficienti», «limitate», «insufficienti» e «di assenza» (Tabella 15).

La valutazione delle prove è stata effettuata nel sottogruppo 3, applicando un metodo di consenso interno. Per ogni effetto considerato, i dati a disposizione sono stati confrontati con le definizioni dei diversi livelli previsti dalla classificazione. Se vi era unanimità tra i membri, è stato indicato il livello corrispondente. In caso di disaccordo, è stata indicata la fascia entro la quale si situano gli effetti, precisando in modo trasparente gli argomenti che hanno spinto a valutazioni diverse. Inoltre, è stata presa in considerazione la possibilità di formulare affermazioni in merito al livello di esposizione a partire dal quale appaiono determinati effetti.

Occorre sottolineare che il presente rapporto non è un rapporto riepilogativo sistematico nel senso di una revisione Cochrane⁸³, bensì una compilazione di fatti sugli effetti sulla salute. Tra le numerose pubblicazioni apparse, sono state prese in considerazione solo le piú significative e pertinenti per la problematica in questione. Per quanto riguarda eventuali effetti sulla salute della tecnologia 5G, non esistono studi scientifici conclusi. La valutazione dei rischi del gruppo di lavoro si è quindi basata su studi effettuati in passato sulle tecnologie 2G, 3G e 4G e che operano con frequenze della stessa gamma di quelle attualmente utilizzate per la 5G.

Tabella 15: Schema di valutazione EFHRAN a quattro livelli

Classificazione	Criteri necessari
Prove sufficienti	<ul style="list-style-type: none"> È stata osservata una correlazione positiva tra esposizione ed effetto. L'effetto è stato confermato da diversi studi svolti da ricercatori indipendenti o fondati su differenti protocolli di indagine, e vi è un nesso coerente tra esposizione ed effetto. Altre variabili (fattori confondenti) possono essere escluse con sufficiente certezza.
Prove limitate	<ul style="list-style-type: none"> La prova dell'effetto si basa solo su pochi studi, oppure permangono questioni irrisolte riguardanti il disegno dello studio, la sua conduzione o la sua interpretazione. Negli studi in questione, non è possibile escludere con sufficiente certezza altre variabili.
Prove insufficienti	<ul style="list-style-type: none"> La qualità, la convergenza o l'importanza statistica degli studi disponibili non consentono di trarre conclusioni univoche.
Prove di assenza	<ul style="list-style-type: none"> Nell'ambito di diversi studi, ricercatori indipendenti che hanno applicato protocolli di indagine differenti non hanno osservato effetti su almeno due specie o due tipi di cellule e in relazione a una sufficiente gamma di intensità di campo.

6.3 Aspetti metodologici

Idealmente, gli effetti delle RNI-AF sull'essere umano dovrebbero essere valutati sulla base di una revisione sistematica della bibliografia. Una revisione sistematica di questo genere è attualmente in corso di svolgimento da parte dell'OMS. Circa 20 scienziati di diverse discipline sono coinvolti in questo processo. Il lavoro dura ormai da oltre cinque anni. Il prossimo passo sarà la revisione sistematica della letteratura sui seguenti aspetti: tumori, riproduzione, compromissione cognitiva e disturbi non specifici. L'OMS prevede un ulteriore periodo di circa un anno, se il finanziamento è garantito. A tale riguardo occorre ribadire in modo chiaro che, nel quadro del presente rapporto, non è stato possibile seguire un approccio sistematico di questo tipo.

L'attuale stato delle conoscenze scientifiche è stato delineato in due modi:

- riunendo le affermazioni espresse da importanti comitati internazionali di esperti in merito agli effetti sulla salute (in tutto sette rapporti tecnici); e
- riunendo gli studi originali più importanti apparsi tra il 2013 e il 2018. I principali studi selezionati sono quelli che il gruppo di esperti BERENIS ha considerato pertinenti e che ha valutato in una delle ultime 16 newsletter. Questa selezione è stata integrata con ricerche bibliografiche a parte e con pareri specialistici.

6.3.1 Studi originali

Il gruppo di esperti BERENIS ha consultato un totale di 1757 pubblicazioni apparse tra il 1° gennaio 2014 e la fine di novembre 2018. Queste pubblicazioni concernono l'intera gamma di frequenze, dai campi statici, elettrici o magnetici, fino alle RNI-AF. Di tutti gli studi esaminati, 189 sono stati discussi in dettaglio e, al termine, 83 sono stati riassunti e valutati in una newsletter. Tra questi, ai fini del presente rapporto sono stati selezionati gli studi che soddisfano al meglio le seguenti condizioni:

- rilevanza per la salute o il benessere dell'essere umano;
- informatività per dedurre nessi tra l'esposizione a RNI-AF nell'ambiente e i suoi effetti;
- importanza per comprendere i meccanismi d'azione biologici;
- di qualità scientifica elevata.

Inoltre, sono state eseguite ricerche bibliografiche a parte e sono stati consultati esperti per verificare che non mancasero studi importanti.

Finora il gruppo di esperti BERENIS non ha considerato in via prioritaria gli studi sull'esposizione della popolazione che non comprendessero anche l'analisi di possibili effetti sulla salute. Tuttavia, tali dati sono importanti per mettere in evidenza l'esposizione reale della popolazione alle stazioni di base e agli apparecchi terminali e, per quanto possibile, alla futura 5G. Questi studi sono stati identificati mediante una ricerca bibliografica a parte. Poiché il presente rapporto intende valutare l'esposizione reale della popolazione svizzera alle RNI-AF, la ricerca bibliografica si è concentrata su studi riguardanti l'esposizione in Svizzera. Gli studi di misurazione internazionali ai quali la Svizzera ha partecipato offrono informazioni per effettuare un confronto con la situazione di altri Paesi. I risultati della ricerca bibliografica e quelli concernenti gli obiettivi posti al presente rapporto sono riassunti nei *capitoli 5.4 e 5.6*.

6.3.2 Rapporti di esperti internazionali

Sono state prese in considerazione le valutazioni elaborate da sette gruppi di esperti in merito ai rischi legati alle RNI-AF. I rapporti di questi gruppi sono stati pubblicati dalle seguenti istituzioni: SCENIHR (Commissione di esperti dell'Unione europea, pubblicata nel 2015)⁸⁴, SSM (Svezia, 2018)⁸⁵, ARPANSA (Australia, 2014)⁸⁶, ANSES (Francia, due relazioni 2016 e 2018)⁸⁷, ICNIRP (internazionale, 2018)⁸⁸, TAB (Germania, 2017)⁸⁹.

Il rapporto ARPANSA non è un'analisi sistematica della bibliografia, ma una sua valutazione sommaria per il periodo dal 2002 all'agosto 2012, eseguita da tre esperti nominati dal governo australiano. Il rapporto SSM è l'ultima edizione di aggiornamenti bibliografici periodici, nei quali sono discussi progressi scientifici rilevanti. Questi rapporti riepilogativi sono stati utilizzati per la ricerca bibliografica, in particolare per verificare che non mancassero studi importanti dopo il 2014. Il rapporto ANSES del 2016 si riferisce esclusivamente agli effetti sui bambini⁹⁰, mentre quello del 2018 è dedicato all'ipersensibilità elettromagnetica (2018)⁹¹. Il rapporto TAB non è stato ancora pubblicato ufficialmente, ma il gruppo di lavoro ha avuto accesso ai suoi contenuti (analisi bibliografica non sistematica fino a fine 2017).

Le prove scientifiche che figurano in questi studi, così come le valutazioni degli esperti sui risultati interessanti ai fini del presente capitolo (effetti sulla salute), sono stati riassunti in una tabella, così da poterli confrontare con le valutazioni espresse nel rapporto Hug et al. (2014), che teneva già conto dei rapporti SCENIHR e ARPANSA.

6.4 Stato delle conoscenze nel 2014 in sintesi

Nel 2014 lo stato delle conoscenze scientifiche sugli effetti biologici delle radiazioni ad alta frequenza di bassa intensità era stato riassunto in un rapporto dettagliato (Hug et al. 2014). Questo rapporto aveva preso in considerazione i risultati di studi su esseri umani, animali e colture cellulari e aveva incluso anche i campi delle stazioni di base o di altri trasmettitori, nonché di dispositivi quali i telefoni cellulari. Aveva inoltre dedicato un'attenzione particolare ai principali risultati relativi agli effetti che rientrano nell'ambito del principio di precauzione sancito nella legislazione in materia di protezione dell'ambiente, poiché inferiori ai limiti di immissione stabiliti per proteggere dai noti effetti termici. Il rapporto aveva tenuto conto degli studi pubblicati fino alla fine di luglio 2013.

Il presente rapporto si fonda sulla valutazione della salute in Hug et al (2014), che viene illustrata di seguito (cfr. anche *Tabella 16*):

- *Rischio di tumori nell'area della testa: prove limitate.* Nel 2011 l'AIRC ha classificato le radiazioni ad alta frequenza come potenzialmente cancerogene per l'essere umano. Studi epidemiologici hanno evidenziato un aumento del rischio di glioma e neurinoma acustico, ma non si possono escludere con sufficiente certezza uno sviluppo casuale oppure carenze metodologiche degli studi. I risultati di nuovi studi epidemiologici sulla correlazione tra l'utilizzo del telefono cellulare e lo sviluppo di tumori nell'area della testa sono eterogenei, ma vi sono indizi isolati di un aumento del rischio. Le lacune non ancora colmate dalla ricerca in questo ambito, in particolare per quanto riguarda i tumori a crescita lenta, e l'insufficienza dei dati disponibili sul rischio al quale si espongono le persone che utilizzano il cellulare per lunghi periodi, impediscono ancora di trarre conclusioni definitive in merito alle possibili correlazioni con un rischio di tumore cerebrale. Ciò è dovuto anche al fatto che negli ultimi 20 anni sono cambiati notevolmente sia il comportamento degli utenti (in passato il telefono cellulare veniva utilizzato per singole chiamate, mentre oggi molte persone sono quasi costantemente online con apparecchi wireless e assorbono quindi dosi maggiori) che gli apparecchi utilizzati (che presentano caratteristiche diverse per quanto concerne la radiazione e la modulazione).
- *Impatto sul comportamento di bambini e adolescenti: prove insufficienti.* Vi sono indizi isolati di effetti sul comportamento dovuti all'esposizione a frequenze elevate in fase prenatale o postnatale. Si tratta esclusivamente di risultati individuali, poiché ogni studio ha analizzato un'esposizione diversa (utilizzo di telefoni cellulari da parte di bambini o di madri incinte oppure esposizione a trasmettitori fissi). In uno studio di buona qualità sono stati analizzati gli effetti dell'esposizione a trasmettitori fissi. Per i bambini non è stata rilevata una correlazione tra i livelli di esposizione e anomalie comportamentali. Gli adolescenti che rientravano nel quarto di esposizione più elevato, invece, presentavano statisticamente più anomalie comportamentali e un'iperattività maggiore rispetto a persone meno esposte, per cui non si possono escludere altri fattori che influenzano il risultato nei singoli casi.
- *Disturbi aspecifici e ipersensibilità elettromagnetica: prove insufficienti.* Circa il 5 per cento della popolazione svizzera si considera elettrosensibile. Queste persone attribuiscono soggettivamente i loro disturbi di salute e le loro sensazioni negative all'esposizione a campi elettromagnetici nell'ambiente di vita o di lavoro. Esperimenti in doppio cieco hanno fornito prove solide per escludere una correlazione tra disturbi aspecifici ed esposizione a frequenze

elevate per brevi periodi. Tuttavia, poiché mancano indagini mirate con test ripetuti, non si può scartare completamente l'ipotesi che singole persone possano reagire in modo particolarmente sensibile all'esposizione. Anche per quanto concerne l'esposizione a frequenze elevate per periodi lunghi non sono emerse finora prove di una correlazione con l'emergenza di disturbi specifici. Ad ogni modo, la validità degli studi sull'esposizione prolungata è limitata, poiché si tratta in larga parte di analisi trasversali con differenze di esposizione molto ridotte.

- *Ripercussioni sulla fertilità: prove limitate.* Vi sono studi che hanno rilevato effetti negativi su vari parametri di qualità dello sperma esposto, in vitro, a radiazioni ad alta frequenza. Anche da esperimenti su animali emergono indizi di un cambiamento dello sperma dopo esposizioni a telefonia mobile. Gli studi in vivo sull'essere umano, che hanno a loro volta mostrato effetti negativi relativamente uniformi sulla qualità dello sperma, sono stati giudicati meno significativi a causa di limitazioni metodologiche.
- *Ripercussioni sui flussi cerebrali: prove sufficienti.* Una serie di studi sperimentali e di buona qualità sull'essere umano è giunta alla conclusione che l'esposizione della testa a frequenze elevate dovute alla telefonia mobile influisce sulle onde cerebrali sia a riposo in stato di veglia, sia durante il sonno. Vi sono indizi di effetti specifici dovuti alla modulazione che suggeriscono che intervenga un meccanismo d'azione non termico. Questi esiti, infatti, non possono essere spiegati con il modello dell'effetto termico. La variabilità interindividuale degli effetti indica che vi sono sensibilità diverse alle radiazioni ad alta frequenza. La caratteristica del segnale, ossia la specificità della modulazione degli impulsi, non sembra essere decisiva per l'attivazione dell'effetto. Segnali modulati ad impulsi con una frequenza di modulazione nella gamma di ritmi biologicamente rilevanti sembrano essere sufficienti. Secondo gli studi presi in considerazione, gli effetti fisiologici al di sotto della soglia termica non influiscono sulle prestazioni cognitive o sulla qualità del sonno. Il loro impatto sulla salute non è chiaro.
- *Flusso ematico e metabolismo cerebrali: prove limitate.* La maggior parte degli studi ha evidenziato effetti legati all'esposizione a telefoni cellulari GSM, anche se il modello di reazione non si è rivelato uniforme. Uno studio ha osservato un aumento del flusso ematico cerebrale, mentre altri studi hanno constatato una diminuzione o cambiamenti, in entrambe le direzioni, per diverse regioni cerebrali. Nel complesso, in questo ambito gli elementi probanti sono più deboli rispetto a quelli concernenti gli effetti sulle onde cerebrali. Vi sono indizi di effetti specifici dovuti alla modulazione che suggeriscono che intervenga un meccanismo d'azione non termico. L'impatto dei cambiamenti osservati sulla salute non è chiaro.
- *Cancerogenesi e cocancerogenesi: prove limitate.* Studi a lungo termine che hanno esposto topi o ratti a frequenze elevate non sono giunti, in generale, ad alcuna prova di un aumento di nuove malattie tumorali. Tuttavia, vari studi su modelli animali hanno mostrato, per quanto riguarda la cocancerogenesi, un aumento o un'accelerazione della crescita tumorale in animali da laboratorio esposti, ossia animali con difetti genetici che aumentano il rischio di tumore oppure in animali che, oltre che essere esposti a frequenze elevate, sono stati sottoposti a un trattamento il cui effetto cancerogeno è noto. Poiché anche gli esseri umani, nel loro ambiente quotidiano, sono sovente esposti a più di una fonte potenzialmente dannosa, questo tipo di esperimenti è molto importante per una valutazione dei rischi. Nella sua valutazione del 2011, il gruppo di esperti dell'AIRC ha pertanto considerato «limitate» le prove complessive relative a un rischio tumorale negli animali esposti a radiazioni ad alta frequenza.
- *Barriera emato-encefalica: prove insufficienti.* In diversi esperimenti su animali – che tuttavia, per vari motivi, sono poco significativi – è stata osservata una maggiore permeabilità della barriera emato-encefalica in relazione a un'esposizione a frequenze elevate. Nella maggior parte dei casi, i numerosi esperimenti di replicazione non hanno dato effetti oppure solo prove molto deboli.
- *Ripercussioni sulla stabilità genetica: prove insufficienti o limitate.* I dati a disposizione sono generalmente molto eterogenei a causa della diversa qualità e dei diversi schemi sperimentali adottati negli studi cellulari. Le prove di effetti dannosi diretti sul DNA dovuti all'esposizione a frequenze elevate sono soggette a controversie. Al contrario, in casi di coesposizione a sostanze notoriamente genotossiche si è osservato un aumento dell'effetto dannoso di un agente mutageno sul DNA. Inoltre, gli studi suggeriscono l'esistenza di un disturbo della divisione cromosomica.

- *Moltiplicazione cellulare (proliferazione): prove insufficienti.* Diversi studi hanno dimostrato che i campi ad alta frequenza possono influire sulla moltiplicazione cellulare. Tuttavia, i dati disponibili non sono univoci e non è ancora chiaro in che modo questi effetti, osservati in cellule tumorali coltivate in laboratorio, possano valere anche per cellule normali di tessuti umani.
- *Morte cellulare programmata (apoptosi): prove limitate.* Diversi studi recenti hanno osservato un aumento del tasso di mortalità cellulare in diverse linee cellulari umane e di mammiferi.
- *Specie reattive dell'ossigeno (stress ossidativo): prove limitate.* Alcuni studi cellulari hanno osservato che le radiazioni ad alta frequenza rafforzano la formazione di ROS che, a loro volta, possono comportare danni alle cellule o al patrimonio genetico.
- *Espressione dei geni e delle proteine: prove limitate.* Sull'espressione di proteine da choc termico dovuta all'esposizione a frequenze elevate, gli studi hanno dato risultati sia positivi che negativi. Anche i dati disponibili per altre proteine non sono ancora chiari. Poiché molti studi si limitano a descrivere le differenze senza procedere a una validazione funzionale, l'importanza dei cambiamenti osservati rimane poco chiara.
- *Meccanismi di interazione molecolare e biofisica:* i valori limite ICNIRP, adottati come riferimento per le immissioni in Svizzera, proteggono dagli effetti termici. Gli effetti osservati al di sotto dei valori limite sono pertanto definiti effetti non termici. Questa distinzione tra effetti termici e non termici può essere fuorviante, perché anche al di sotto dei valori limite di immissione si possono verificare processi microtermici che comportano un impatto. In studi sulla fisiologia cerebrale dell'essere umano, ma anche su effetti genotossici (in vitro), sono stati osservati più volte effetti specifici dovuti alla modulazione che mostrano un influsso non solo dell'apporto energetico, ma anche delle caratteristiche del segnale. Questo, unito al fatto che la modulazione non ha alcuna incidenza sull'energia assorbita e quindi su un effetto termico, sono chiari indizi dell'esistenza di effetti biofisici non termici, per i quali non esiste tuttavia ancora un modello d'impatto. Per quanto concerne molti dei meccanismi biofisici discussi, è piuttosto improbabile che al di sotto della soglia termica possano esercitare un'influenza rilevante su sistemi biologici. Tuttavia, non sono ancora stati scoperti tutti i meccanismi di interazione più importanti tra le strutture biologiche e i campi elettromagnetici deboli con diverse caratteristiche di segnale. Osservazioni sporadiche lascerebbero presagire che l'esposizione a frequenze elevate ha effetti biologici che non possono essere spiegati con i classici modelli radiobiologici. È difficile fornire una conferma sperimentale univoca di possibili meccanismi molecolari o effetti di campo.

Il rapporto Hug et al. (2014) affermava inoltre che al momento di fissare i valori limite in determinate situazioni sfavorevoli, i fattori di sicurezza erano stati sopravvalutati. Considerato il verificarsi di effetti specifici dovuti alla modulazione, auspicava una migliore comprensione dei meccanismi biofisici e biologici che intervengono. Ciò avrebbe permesso di ridurre le incertezze in merito ai possibili effetti sulla salute delle radiazioni ad alta frequenza, in particolare per quanto riguarda l'intervallo delle dosi deboli e le esposizioni prolungate.

6.5 Rapporti di esperti internazionali dopo il 2014

A fini di sintesi, sulla base dei punti finali del rapporto di Hug et al. (2014) e con piccole estensioni, si riportano di seguito le categorie di evidenza dei vari rapporti pubblicati dal 2014 (tab. 16). Alcuni di questi rapporti di esperti non hanno operato una valutazione formale delle prove, e la classificazione è stata effettuata confrontando i testi con le corrispondenti categorie di prove. Altri hanno fatto ricorso a una classificazione a cinque livelli, nella quale le prove «insufficienti» sono state suddivise in prove «deboli» e «aperte». Quest'ultimo livello si riferisce a risultati per i quali il numero ancora troppo ridotto di studi impedisce di giungere a una conclusione. I rapporti di esperti presi in considerazione sono stati pubblicati tra il 2014 e il 2018 e, di conseguenza, non hanno potuto riferirsi ai risultati di studi più recenti, che sono invece stati inclusi nel presente rapporto.

Tabella 16: Sintesi delle prove prese in considerazione da rapporti di esperti pubblicati dopo il 2014

Risultato	Hug, 2014	SCENIHR	SSM	ARPANSA		ANSES-Kids	ICNIRP	TAB
Tumori nell'area della testa (cellulare)	L	L	AP	L		O	AP	AP
Tumori (impianti)	AP	AS	--	AP		--	AP	AP
Comportamento di giovani e bambini	AP	AP	O	O		O	O	AP
Condizioni di salute e sintomi (cronici)	AP	AS	AS	O	AP	O	AS	AS
Condizioni di salute e sintomi (acuti)	AS	AS	AS	O	AP	AP	AS	AS
Fertilità	L	AS	O	O		O	AP	AP
Flussi cerebrali	S	S	L	L		--	S	S
Flusso ematico e metabolismo cerebrali	L	--	--	--		--	AP	--
Cocancerogenesi in esperimenti su animali	L	O	--	--		--	AP	AP
Barriera emato-encefalica	AP	AP	O	--		--	?	AS
Effetti dannosi sul DNA (diretti)	AP	AP	AP	--		O	AP	AP
Effetti dannosi sul DNA (coesposizione)	L	AP	AP	--		O	AP	AP
Proliferazione cellulare	AP	AP	AP	--		O	AP	AP
Apoptosi	L	AP	AP	--		O	AP	AP
Stress ossidativo	L	AP	AP	--		O	AP	AP
Espressione dei geni e delle proteine	L	AP	AP	--		O	AP	AP
Sviluppo, gravidanza	--	AP	AP	--		O	O	AP
Capacità cognitive	--	AP	AP	--		L	L	AP

Le categorie di prove sono state distinte sulla base di colori e lettere, come segue:

	Hug / TAB		Altri rapporti
S	Sufficienti	S	Sufficienti
L	Limitate	L	Limitate
AP	Insufficienti	AP	Deboli
		O	Aperte
AS	Prove di assenza	AS	Prove di assenza
--	Nessuna indicazione	--	Nessuna indicazione

Oltre ai rapporti che figurano nella *Tabella 16*, l'ANSES ha valutato, in collaborazione con 16 esperti francesi, la bibliografia sull'ipersensibilità elettromagnetica pubblicata tra aprile 2009 e luglio 2016.⁹² Il gruppo di esperti ha constatato che, in generale, i risultati delle ricerche in questo ambito sono viziati da gravi carenze metodologiche. In particolare, risulta molto eterogeneo il reclutamento, in quanto non esistono criteri oggettivi e generalmente validi per caratterizzare i pazienti con ipersensibilità elettromagnetica. Altrettanto eterogeneo è apparso il rilevamento dei sintomi e delle fonti. Pertanto, le indagini sulla frequenza dei casi di ipersensibilità elettromagnetica sono state valutate con riserva; il punto al quale sono giunti gli studi negli ultimi anni suggerisce di situarla attorno al 5 per cento, senza tendenza all'aumento. I risultati negativi di test di provocazione sperimentali potrebbero significare che non vi è correlazione. Al contempo, potrebbe darsi che le lacune metodologiche degli studi, soprattutto a livello di reclutamento, possano spingere a valutare in modo errato una correlazione effettivamente esistente. Potrebbe darsi infine che gli effetti si manifestino solo in determinate condizioni o situazioni di esposizione, finora non ancora comprese. L'effetto nocebo, più volte descritto scientificamente⁹³, favorirebbe la persistenza dei disturbi e non escluderebbe che possano essere scatenati da una fonte di RNI. Sulla base degli studi disponibili, si può tuttavia affermare che i pazienti con ipersensibilità elettromagnetica si sentono globalmente meno bene, sono più depressi e ansiosi rispetto a un gruppo di confronto. In merito, va ricordato che le malattie croniche e rare sono tipicamente accompagnate da un aumento dell'ansia e della depressione. Non è chiaro se i cambiamenti nell'esposizione alterino qualcosa nello stato di salute delle persone interessate. Da questo punto di vista, le zone e i locali privi di radiazioni non appaiono scientificamente giustificati.

6.6 Valutazione delle prove sulla base di studi più recenti

Sottoporre le prove a una valutazione serve a delineare lo stato della ricerca sugli effetti delle radiazioni ad alta frequenza sull'essere umano. In questa prospettiva, considerato il principio di precauzione che occorre rispettare, la problematica principale è stabilire se vi siano indizi o risultati affidabili per quanto riguarda gli effetti al di sotto dei valori limite ICNIRP (o dei valori limite di immissione dell'ORNI).

Tenendo conto dei rapporti di esperti, per quanto concerne prove dei diversi, possibili effetti delle RNI, la valutazione della bibliografia scientifica pubblicata dopo il 2014 è giunta alle seguenti conclusioni:

- *Tumori dovuti all'uso prolungato del telefono cellulare*: i risultati di nuovi studi epidemiologici sui tumori cerebrali maligni sono contrastanti. Uno studio di coorte prospettico ha rilevato una correlazione negativa tra l'utilizzo del telefono cellulare e l'insorgere di glioma, mentre due studi caso-controllo hanno osservato un aumento del rischio per le persone che usano molto il cellulare. Poiché i rischi rilevati nei due studi caso-controllo dovrebbero riflettersi anche in un aumento dei tumori cerebrali, sono state analizzate le tendenze dei tassi di morbilità in diversi Paesi. Questi studi non hanno riscontrato alcuna prova di un aumento dell'incidenza dei tumori dopo che la maggior parte della popolazione nei relativi Paesi ha iniziato (tenendo conto di un certo margine di tempo) ad usare i telefoni cellulari. Ciò suggerisce che i rischi molto elevati osservati in alcuni studi caso-controllo siano probabilmente da ricondurre alla metodologia applicata e siano dovuti ad una sopravvalutazione sistematica del tempo trascorso al cellulare da parte di pazienti affetti da tumore cerebrale rispetto a quello trascorso dalle persone del gruppo di riferimento.
- Dopo il 2014 sono stati pubblicati due grandi studi su animali che hanno evidenziato effetti cancerogeni legati all'esposizione a RNI-AF (NTP e Ramazzini). Tuttavia, come per tutti gli studi su animali, vi sono incertezze per quanto riguarda il trasferimento dei risultati all'essere umano e la situazione quotidiana di esposizione a RNI-AF. Ad ogni modo, i risultati di questo tipo di studi sono importanti per la classificazione dei rischi tumorali elaborata dall'AIRC.
- Rispetto allo stato delle conoscenze nel 2014, oggi alcuni membri del gruppo di lavoro ritengono che i nuovi studi sugli animali tendano a suggerire un aumento degli elementi di prova, mentre altri ritengono che i risultati non siano abbastanza solidi per un'affermazione in tal senso. I tassi di morbilità costanti censiti in diversi registri dei tumori tenderebbero ad affievolire gli elementi di prova. Nel complesso, pertanto, la valutazione li considera ancora limitati. Ciò significa che restano questioni irrisolte in merito al disegno degli studi, alla loro conduzione o alla loro interpretazione, e che resta impossibile escludere con una certezza soddisfacente l'influsso di altre variabili.

- *Tumori causati da trasmettitori*: gli studi in materia sono ancora pochi. Uno studio apparso nel 2014 non ha riscontrato alcun legame tra l'esposizione a trasmettitori radio-televisivi e tutti i casi di tumore infantile diagnosticati in Svizzera tra il 1985 e il 2008. Uno degli studi su animali menzionati in precedenza ha rilevato un aumento degli schwannomi cardiaci nei ratti di sesso maschile con esposizione a vita nell'intervallo dei valori limite di immissione (50 V/m). Come nel 2014, gli elementi di prova al riguardo sono considerati insufficienti.
- *Cocancerogenesi in esperimenti su animali*: uno studio pubblicato nel 2015 ha confermato i risultati precedenti, secondo i quali l'esposizione simultanea a RNI-AF e a una sostanza notoriamente cancerogena comporta una crescita tumorale più rapida rispetto a un'esposizione alla sola sostanza cancerogena. Il fatto che sia stato possibile replicare questa promozione tumorale potrebbe essere utilizzato come argomento per modificare la classificazione degli elementi di prova, che passerebbero da limitati a sufficienti. Tuttavia, a tale modifica si oppongono la mancanza di un nesso tra esposizione ed effetto e limitazioni metodologiche dello studio. Gli esperimenti sulla cocancerogenesi sono rilevanti poiché, in linea di principio, anche l'essere umano è sovente esposto, nel suo ambiente quotidiano, a più di una fonte potenzialmente dannosa. Tuttavia, uno studio di coorte sulla probabilità di sopravvivenza di 806 pazienti affetti da glioma in funzione dell'utilizzo del telefono cellulare non ha riscontrato indizi di un effetto di promozione tumorale. Nel complesso, si ritiene pertanto che gli elementi di prova siano limitati.
- *Condizioni di salute e sintomi dovuti all'esposizione quotidiana a trasmettitori o all'impiego quotidiano di telefoni cellulari*: una serie di nuovi studi condotti in Olanda e in Svizzera non ha riscontrato alcuna correlazione tra la comparsa di sintomi e l'esposizione modellizzata a RNI-AF a domicilio. Ciò suggerisce che tale correlazione non esista (prove di assenza). In questi studi (come nella realtà), la percentuale di persone esposte a esposizioni medie più elevate (ad es. >0,5 V/m) è molto bassa e quindi non sufficientemente significativa per valutare gli effetti dell'esposizione nell'intervallo del valore limite dell'impianto e oltre. Gli elementi di prova sono pertanto stati considerati insufficienti. Alcuni membri del gruppo di lavoro ritengono che, sulla base dell'esperienza pratica con pazienti che attribuiscono in modo plausibile i loro disturbi a un'elevata esposizione a RNI, non si possa escludere una correlazione, anche se nei singoli casi non è possibile fornire prove di tali effetti.
- *Condizioni di salute e sintomi dovuti a esposizioni di breve durata*: dal 2014 non sono quasi più stati condotti studi di provocazione concernenti gli effetti acuti delle RNI-AF sulle condizioni di salute. Anche in passato è stato dimostrato che non vi è alcuna correlazione in questo ambito.
- *Impatto sul comportamento di bambini e adolescenti esposti in fase prenatale a telefoni cellulari e a trasmettitori fissi*: vi sono alcuni nuovi studi su questo argomento, ma le associazioni osservate occasionalmente non mostrano un quadro coerente. Inoltre, uno studio longitudinale suggerisce che gli adolescenti con problemi comportamentali tendono ad usare i telefoni cellulari più sovente, piuttosto che sia l'utilizzo del telefono cellulare a provocare problemi comportamentali (causalità inversa). Gli elementi di prova sono pertanto considerati insufficienti.
- *Capacità cognitive in caso di uso intensivo del telefono cellulare*: uno studio pubblicato nel 2018 ha rilevato un influsso a lungo termine delle RNI-AF sulla memoria a breve termine e uno studio sperimentale ha dimostrato in un test cognitivo che, dopo notti di esposizione a RNI-AF, il miglioramento che usualmente si accompagna al sonno era ridotto. Se tali effetti cognitivi fossero reali e non potessero essere compensati a lungo termine, ciò avrebbe un impatto rilevante sulla società in termini di rendimento. Tuttavia, diversi altri studi sperimentali a breve termine e altri studi epidemiologici non forniscono un quadro d'insieme coerente, cosicché le prove vanno considerate insufficienti. Questo effetto sulla salute non era stato valutato nel 2014.
- *Sviluppo del feto in caso di uso intensivo del telefono cellulare da parte della madre durante la gravidanza*: un primo grande studio prospettico di coorte svolto in Norvegia non trova alcuna prova di correlazione a questo riguardo⁹⁴. Tuttavia, lo studio non può fare alcuna affermazione sull'influenza delle HF-NIS sugli aborti spontanei prima della quindicesima settimana di gravidanza, motivo per cui i fatti non sono ancora chiari. Gli elementi di prova sono pertanto considerati insufficienti.
- *Qualità dello sperma*: nel rapporto Hug et al (2014), sulla base di studi allora recenti, le prove di un influsso dell'utilizzo quotidiano del telefono cellulare sulla qualità dello sperma erano state considerate limitate. Ad oggi, queste

osservazioni non hanno potuto essere confermate da studi di migliore qualità effettuati sull'essere umano. Tuttavia, vi sono anche studi su animali che riscontrano, a livello sperimentale, indizi di effetti negativi in caso di esposizioni relativamente basse (150 mW/kg). Studi in vitro su questo argomento non sono stati valutati nel dettaglio. Sulla base degli studi sull'essere umano, gli elementi di prova sono considerati insufficienti. Poiché i potenziali influssi sulla riproduzione sono rilevanti, questo aspetto dovrebbe essere oggetto di maggiore attenzione.

- *Flussi cerebrali in caso di esposizione a telefoni cellulari:* come nel 2014, le prove sono considerate sufficienti. I nuovi studi, non numerosi, confermano i risultati precedenti, anche se vanno rilevate alcune differenze a livello di risultati.

Come illustrato sopra, il gruppo di lavoro non ha valutato in modo approfondito i numerosi studi in vitro e in vivo poiché, considerato il gran numero di sistemi biologici ai quali questi studi si riferiscono, non disponeva delle relative competenze. Di conseguenza, per una serie di effetti biologici (barriera emato-encefalica, effetti dannosi sul DNA, proliferazione cellulare, apoptosi, stress ossidativo, espressione dei geni e delle proteine) le prove non sono state valutate. Tuttavia, diverse pubblicazioni hanno descritto un influsso delle RNI-AF sullo stress ossidativo (ROS). Allo stato attuale delle conoscenze, si sa che le ROS a basse concentrazioni sono favorevoli alla salute e importanti nei meccanismi di risposta a processi infiammatori, mentre a concentrazioni elevate sono state associate a varie patologie quali cancro, diabete e malattie cardiovascolari.

In sintesi, le conclusioni alle quali giunge il gruppo di lavoro sono le seguenti:

Ad oggi non sono stati dimostrati effetti consistenti sulla salute al di sotto dei valori di riferimento ICNIRP (o dei valori limite di immissione dell'ORNI) né con le frequenze di telefonia mobile utilizzate oggi.

- Sono state riscontrate prove di effetti fisiologici sull'essere umano per quanto riguarda l'esposizione del cervello (assorbimento locale) entro i valori di riferimento ICNIRP, soprattutto sui flussi cerebrali. Questi studi sperimentali hanno anche rilevato in parte effetti diversi a seconda della modulazione, il che suggerisce che, oltre alla potenza del segnale, potrebbe svolgere un ruolo anche la sua forma, cosa che tuttavia non è possibile spiegare con il modello dell'effetto termico. Tuttavia, non è ancora stato valutato in modo sufficientemente sistematico in che misura la caratteristica del segnale (ad es. la modulazione) abbia un impatto.
- Non vi sono praticamente studi sull'essere umano che analizzino l'esposizione dell'intero corpo nel relativo intervallo di valori limite. Sebbene in linea di principio consentite, nella vita quotidiana tali esposizioni sono praticamente inesistenti, il che rende difficili gli studi osservazionali. Negli studi epidemiologici, le persone più esposte lo sono a radiazioni significativamente meno forti (circa 0,2-1 V/m). Non vi sono prove che queste esposizioni abbiano effetti sulla salute.
- Nella pratica medica vi sono casi in cui i disturbi possono plausibilmente essere attribuiti a RNI elevate alle quali la persona è esposta nella vita quotidiana. Tuttavia, nei singoli casi non è possibile fornire la prova di tale correlazione. Anche studi randomizzati in doppio cieco non sono stati in grado di fornire alcuna prova di tale ipersensibilità elettromagnetica; questi hanno analizzato soprattutto la percezione legata a esposizioni di breve durata.
- Sono stati effettuati numerosi studi in vitro e in vivo che rilevano sovente effetti biologici (ad es. ROS), ma i cui risultati non sono consolidati. Ad esempio, non esiste un modello plausibile per quanto concerne le correlazioni tra esposizione ed effetti oppure per capire quali sarebbero le cellule più sensibili.
- Esistono già diversi studi in vitro e in vivo per le esposizioni nella gamma da 30 a 65 GHz. Tuttavia, i risultati non sono sufficientemente solidi per confluire in una valutazione delle prove.
- A causa delle domande aperte, nel capitolo 10.4.1 sono descritti gli effetti potenziali per i quali sono indicate ulteriori ricerche.

Tabella 17: Panoramica della situazione delle prove. Confronto tra la valutazione del gruppo di lavoro (2019) e quella del rapporto Hug et al. (2014)

Risultato	Esposizione	Valutazione delle prove 2014	Valutazione delle prove 2019
Tumori (soprattutto glioblastomi e neurilemmomi)	Utilizzo prolungato o intenso del telefono cellulare	prove limitate	prove limitate
	Trasmettitori	prove insufficienti	prove insufficienti
Cocancerogenesi in esperimenti su animali	2014 $\geq 0,9$ W/kg 2019 $\geq 0,04$ W/kg	prove limitate	prove limitate
Condizioni di salute e sintomi	Esposizione quotidiana a telefoni cellulari e trasmettitori	prove insufficienti	prove di assenza / prove insufficienti
	A corto termine: telefoni cellulari e trasmettitori <1 h)	prove di assenza	prove di assenza
Impatto sul comportamento di giovani e bambini	Diverse esposizioni: in fase prenatale (utilizzo del telefono cellulare da parte della madre), utilizzo del telefono cellulare da parte del bambino, esposizione a trasmettitori fissi	prove insufficienti	prove insufficienti
Capacità cognitive	Utilizzo intenso del telefono cellulare	prove non valutate	prove insufficienti
Sviluppo, gravidanza	Utilizzo intenso del telefono cellulare da parte della madre	prove non valutate	prove insufficienti
Fertilità (qualità dello sperma)	Utilizzo giornaliero del telefono cellulare	prove limitate	prove insufficienti
Flussi cerebrali	Esposizione a telefoni cellulari ≤ 8 h	prove sufficienti	prove sufficienti
Flusso ematico e metabolismo cerebrali Encefalo	$\geq 0,9$ W/kg*	prove limitate	prove non valutate
Barriera emato-encefalica	$< 0,1$ W/kg*	prove insufficienti	prove non valutate
Effetti dannosi sul DNA (diretti)	≥ 2 W/kg*	prove insufficienti	prove non valutate
Effetti dannosi sul DNA (indiretti)	≥ 2 W/kg* o $\geq 0,1$ W/kg*	prove limitate	prove non valutate
Proliferazione cellulare (moltiplicazione)	≥ 1 W/kg*	prove insufficienti	prove non valutate
Apoptosi (morte cellulare programmata)	$\geq 1,6$ W/kg*	prove limitate	prove non valutate
Stress ossidativo – ROS	≥ 2 W/kg*	prove limitate	prove non valutate
Espressione dei geni e delle proteine	Non chiara	prove limitate	prove non valutate

* Per i risultati di esperimenti su animali e su cellule viene indicato il tasso di assorbimento specifico (valore SAR) più basso in relazione al quale sono stati osservati effetti in almeno uno degli studi considerati in Hug et al. (2014).

7 Procedura ed esecuzione

7.1 Ricerca di siti per antenne

7.1.1 Condizioni quadro

Il quadro legale per la procedura d'autorizzazione delle stazioni di base di telefonia mobile comprende le leggi e le ordinanze seguenti come pure i relativi aiuti all'esecuzione:

- La legge sulle telecomunicazioni e le concessioni per l'utilizzo delle frequenze di telefonia mobile regolamentano anche la contenza delle infrastrutture dei fornitori di telefonia mobile e le esigenze in materia di copertura minima della superficie e della popolazione con servizi di telefonia mobile.
- In base alle norme e ai principi sanciti nella legge sulla protezione dell'ambiente, nell'ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI) e nelle raccomandazioni sull'esecuzione di quest'ultima sono stabiliti i valori limite d'immissione, i valori limite dell'impianto, la nozione di impianto, il tipo e le modalità di calcolo matematico e di misurazione delle intensità dei campi elettrici.
- La legge sulla pianificazione del territorio regola le esigenze per i siti che si trovano al di fuori delle zone edificabili. Dal momento che, secondo la legge sulla pianificazione del territorio, le zone abitate devono essere coperte da impianti presenti nella zona stessa, gli impianti devono essere realizzati in zone edificabili, ovvero residenziali.
- Le procedure d'autorizzazione sono disciplinate a livello cantonale. In genere, per ogni impianto con una potenza di trasmissione superiore a 6 Watt ERP e per le modifiche ai sensi dell'ORNI, è necessaria una domanda di costruzione (cfr. cap. 7.2).

Le raccomandazioni della Commissione federale dei monumenti storici⁹⁵ (Documento fondamentale 2018) limitano ulteriormente l'acquisizione di siti di telefonia mobile. L'integrità degli oggetti protetti non deve essere pregiudicata nella sua sostanza materiale dall'installazione di un impianto di telefonia mobile. Questa norma rende per vari aspetti impossibile l'acquisizione di potenziali oggetti situati nei centri urbani (centro storico).

A ciò si aggiunge per ogni oggetto protetto un'area di protezione del contesto. All'oggetto protetto non può essere arrecato alcun pregiudizio determinante. Numerosi Comuni sono inoltre elencati nell'Inventario federale degli insediamenti svizzeri da proteggere d'importanza nazionale (ISOS) o nell'Inventario federale dei paesaggi, siti e monumenti naturali (IFP)⁹⁶.

In seguito a decisioni politiche, diverse città e molti Comuni hanno escluso tutti i propri immobili dai beni patrimoniali e dai beni amministrativi per la costruzione di stazioni di telefonia mobile (ad es. le moratorie per le antenne nelle città di Berna e di Ginevra e la moratoria parziale nella città di Zurigo).

7.1.2 Norme in materia di pianificazione territoriale

L'intero parco edilizio svizzero comprende circa 2,5 milioni di edifici. Il 24 per cento, ovvero 595 000 oggetti, si trova al di fuori delle zone edificabili e il 10 per cento circa è utilizzato come superficie adibita a uffici, superficie a uso commerciale e superficie di deposito. Quasi due terzi di tutti gli edifici della Svizzera sono destinati principalmente a uso residenziale, e due terzi di questi sono case unifamiliari.

Gli impianti di radiocomunicazione che servono la zona dell'insediamento devono di norma essere costruiti all'interno delle zone edificabili; in linea di massima le antenne costruite nelle zone edificabili sono conformi alla destinazione della zona. Al di fuori delle zone edificabili gli impianti di telefonia mobile vengono autorizzati solo se l'ubicazione è vincolata.

Dalla nuova recente giurisprudenza del Tribunale federale si desume chiaramente che, mediante il piano di utilizzazione, è possibile influire sulla scelta dell'ubicazione delle antenne di radiocomunicazione mobile all'interno della zona dell'insediamento. I Comuni e i Cantoni sono in certa misura autorizzati, nei limiti delle loro competenze derivanti dal diritto

edilizio e della pianificazione del territorio, a emanare prescrizioni legali relative agli impianti di radiocomunicazione, a condizione che siano rispettati i limiti prescritti dalla legislazione federale. Nel singolo caso può succedere che un impianto non possa raggiungere l'obiettivo di copertura inizialmente previsto e si debbano quindi installare impianti supplementari.

Nell'interesse della protezione del paesaggio e per preservare l'aspetto degli abitati, è dunque possibile guidare la scelta delle ubicazioni per gli impianti di radiocomunicazione mobile tramite diversi strumenti comunali e cantonali per la pianificazione e il coordinamento delle ubicazioni nell'ottica di una pianificazione positiva/negativa. Il cosiddetto modello a cascata serve per definire le priorità da accordare alle possibili ubicazioni secondo zone specifiche. L'installazione di un impianto in una zona con un livello di priorità inferiore (ad es. zone sia abitative che commerciali o zone esclusivamente abitative) è ammessa soltanto se l'impianto non può essere realizzato in una zona con un livello di priorità superiore (ad es. zona industriale). Gli impianti non riconoscibili come antenne (ad es. impianti nascosti o mascherati) non rientrano nella regolamentazione a cascata.

In merito alle possibili misure di pianificazione, il Tribunale federale si è espresso anche a favore di un'intesa con gli operatori. Dal 2009 diversi Comuni hanno inoltre introdotto come alternativa il cosiddetto «modello di dialogo». Si tratta sostanzialmente di un'informazione precoce delle autorità comunali sui piani di potenziamento previsti dagli operatori al fine di facilitare la collaborazione con i Comuni. Il modello consente inoltre alle autorità competenti di avere un minimo di voce in capitolo per quanto riguarda l'individuazione dell'ubicazione idonea alle antenne. Il modello di dialogo viene ora adottato nel 50 per cento circa dei Comuni svizzeri.

7.1.3 Prezzi di locazione

Il mercato svizzero delle telecomunicazioni è stato liberalizzato nel 1998. Nell'aprile dello stesso anno, in aggiunta alla licenza per Swisscom, sono state rilasciate altre due licenze GSM a diAx (oggi Sunrise) e Orange (oggi Salt). Quest'anno e nei prossimi anni giungono pertanto a scadenza numerosi contratti di locazione per stazioni di telefonia mobile (erette su terreni o tetti di edifici) stipulati per una durata di 15 o 20 anni e che devono pertanto essere rinegoziati. La maggior parte dei contratti prevede che il canone di locazione segua l'indice, motivo per cui i contratti vengono costantemente adattati al rincaro. Dal momento che, spesso, la ricerca di siti sostitutivi presenta notevoli difficoltà e richiede molto tempo, si ha un aumento a volte sproporzionale delle pigioni. Un terzo dei contratti rinegoziati comporta un aumento dei prezzi di oltre il 50 per cento.

7.1.4 Sfide

I canoni di locazione per le stazioni di telefonia mobile aumentano costantemente, mentre il portafoglio si riduce sempre più (ad es. pianificazione negativa, moratorie ecc.). Non possiamo presumere che stante le attuali condizioni quadro, si potrà disporre di un numero di siti sufficiente per il lancio della tecnologia 5G a condizioni economicamente sostenibili. Inoltre, l'attuale densità normativa (zone di pianificazione, cascate, vincoli per le autorizzazioni ecc.) e soprattutto le resistenze presenti nei Comuni e nelle città rendono praticamente impossibile acquisire e autorizzare in tempi brevi gli ulteriori siti per telefonia mobile necessari per la rapida introduzione della tecnologia 5G.

Considerate le difficoltà legate all'acquisizione di siti e la già elevata densità delle reti, esse possono essere potenziate e rese più fitte solo in misura limitata. Spesso, la contenza all'interno della zona edificabile è raramente possibile e, pertanto, la concentrazione in un sito non è realizzabile: se il valore limite dell'impianto fissato dall'ORNI in un luogo a utilizzazione sensibile è praticamente già raggiunto da uno o più siti di un operatore di telefonia mobile, non c'è più posto per ulteriori prestazioni di altri fornitori e all'interno di un raggio specifico non possono essere allestite altre stazioni di telefonia mobile.

Persino nel caso in cui un impianto disponga ancora di un potenziale libero, l'operatore non è obbligato a metterlo a disposizione di un concorrente. La quota di contenza svizzera è tendenzialmente inferiore a quella vigente all'estero.

Considerata la mancata possibilità di ampliamento o contenenza e la limitata disponibilità di siti alternativi idonei, può succedere che, per rendere più fitte le reti, si debba ripiegare su ubicazioni non ottimali né dal punto di vista degli operatori né da quello degli effetti che le radiazioni delle tecnologie di telefonia mobile attuali e future hanno sulla salute.

7.2 Autorizzazione e attuazione da parte dei Cantoni e dei Comuni

7.2.1 Situazione attuale

L'esecuzione dell'ORNI per gli impianti commerciali di telefonia mobile compete ai Cantoni e ai Comuni, mentre per gli impianti di radiocomunicazione ferroviaria (GSM-Rail) è di competenza dell'Ufficio federale dei trasporti. In genere i servizi cantonali o comunali competenti per le RNI eseguono la valutazione ambientale degli impianti di telefonia mobile nell'ambito delle domande di costruzione (di seguito, ove non precisato, si parla di «servizi competenti per le RNI»).

Sebbene le procedure di autorizzazione e di controllo degli impianti commerciali di telefonia mobile possano variare leggermente da un Cantone all'altro, i principi di fondo sono gli stessi ovunque.

7.2.1.1 Nuove costruzioni e trasformazioni soggette all'obbligo di autorizzazione

- *Presentazione di domanda di costruzione con scheda dei dati sul sito:* per la costruzione e la trasformazione (alcune eccezioni a parte, cfr. cap. 7.2.1.2) di nuovi impianti di telefonia mobile con una potenza superiore a 6 W ERP, l'operatore di telefonia mobile è tenuto a presentare una domanda di costruzione all'autorità competente per l'autorizzazione. I documenti necessari includono anche la scheda dei dati sul sito, nella quale l'operatore fornisce dati relativi a tutti i parametri di esercizio rilevanti dell'impianto – per esempio la potenza di trasmissione e la direzione principale di irradiazione di tutte le antenne – e calcola le radiazioni previste nelle vicinanze dell'impianto. La compilazione di una scheda dei dati sul sito non è prevista per gli impianti di telefonia mobile con una potenza di trasmissione massima di 6 Watt ERP; in genere è sufficiente un semplice modulo di notifica. L'autorità competente decide se occorre l'autorizzazione edilizia.
- *Pubblicazione della domanda di costruzione e possibilità di opposizione:* il Comune è tenuto a pubblicare e a esporre pubblicamente la domanda di costruzione. Nella scheda dei dati sul sito è indicata la distanza dall'impianto fino alla quale si ha diritto a presentare opposizione. In molti Cantoni i soggetti interessati possono prendere visione dei documenti in tale arco di tempo ed eventualmente presentare opposizione. In altri Cantoni (ad es. nel Cantone di Zurigo), in questo periodo di tempo è possibile richiedere la decisione prevista dal diritto edilizio che autorizza a presentare ricorso una volta rilasciata oppure negata l'autorizzazione dell'impianto.
- *Verifica materiale della domanda di costruzione con scheda dei dati sul sito:* l'autorità competente per il rilascio della licenza di costruzione esamina la domanda e, se necessario, si avvale del sostegno del servizio competente per le RNI per valutare la scheda dei dati sul sito. Il servizio verifica i dati presenti nella scheda. In genere ciò presuppone una precedente ispezione sul posto e una modellizzazione (calcolo) delle radiazioni eseguita da soggetti indipendenti. L'intervento di costruzione o trasformazione dell'impianto sarà autorizzato solo quando si ha la certezza che i parametri di esercizio richiesti consentono di rispettare i valori limite previsti dall'ORNI. Se il servizio competente per le RNI riscontra la presenza di errori rilevanti nella scheda dei dati sul sito, il richiedente la dovrà rettificare. In pratica succede spesso che occorrono diverse sessioni di correzioni prima che il rapporto tecnico definitivo possa essere presentato al servizio competente per le RNI.
- *Licenza di costruzione e possibilità di ricorso:* un impianto di telefonia mobile pianificato che rispetta le prescrizioni del diritto edilizio e, secondo le previsioni di calcolo, i valori limite previsti dall'ORNI deve ricevere l'autorizzazione dell'autorità competente. La decisione in merito alla domanda di costruzione viene comunicata al richiedente e agli oppositori i quali (esattamente come i ricorrenti che possono adire il tribunale solo dopo l'autorizzazione dell'impianto) hanno la possibilità di impugnare la decisione attraverso le istanze di ricorso cantonali fino a giungere al Tribunale federale.

- *Collaudo dei lavori:* dopo la costruzione o la trasformazione dell'impianto, l'autorità preposta alla licenza di costruzione verifica che l'impianto sia conforme alla licenza. In riferimento alle RNI questa verifica comprende la localizzazione dei tralicci e delle antenne, i tipi di antenne montati e il relativo orientamento. A quel momento le radiazioni non ionizzanti emesse dalle antenne non possono ancora essere controllate, poiché l'impianto potrà essere messo in funzione solo dopo il collaudo finale da parte dell'autorità.
- *Misurazioni di collaudo:* nei luoghi ad utilizzazione sensibile (LAUS) situati nelle vicinanze dell'impianto, nei quali il valore limite dell'impianto è già matematicamente esaurito per oltre l'80 per cento, le autorità chiedono in genere una misurazione di collaudo del carico di radiazioni dopo la messa in servizio dell'impianto. La misurazione è a carico dell'operatore dell'impianto e viene in genere eseguita da un'azienda accreditata. Con essa si verifica, non solo su carta, ma anche nell'esercizio reale, se un impianto rispetta il valore limite dell'impianto anche in condizioni «worst case». Eventuali scostamenti tra il calcolo e la misurazione possono essere dovuti, per esempio, a parametri di schermatura, a ombre o riflessi. Se viene rilevato un superamento dei valori, i parametri d'esercizio dell'impianto vengono modificati in modo che il valore limite sia rispettato. La scheda dei dati sul sito viene rielaborata di conseguenza e andrà a sostituire quella autorizzata. Il servizio cantonale competente per le RNI verifica sia il rapporto di misurazione che eventuali modifiche apportate alla scheda dei dati sul sito.
- *Sistema di assicurazione della qualità (sistema AQ):* in una decisione del 2005 il Tribunale federale ha richiesto che l'esercizio degli impianti di telefonia mobile fosse controllato meglio e che si garantisse il rispetto delle potenze di trasmissione e delle direzioni di trasmissione autorizzate. Di conseguenza gli operatori delle reti hanno allestito nelle proprie centrali di rete dei sistemi AQ che vengono verificati e autenticati periodicamente da servizi indipendenti. Il sistema AQ è una banca dati nella quale i valori impostati per la direzione di irradiazione e la potenza di trasmissione massima di ogni singola antenna sono registrati e confrontati ogni giorno con i valori autorizzati. Se si verificano differenze, occorre porvi rimedio nell'arco di 24 ore mediante il comando a distanza; se ciò non fosse possibile, viene concessa una settimana lavorativa. Le autorità esecutive vengono informate bimestralmente di tutte le differenze e della loro eliminazione. I servizi competenti per le RNI non hanno accesso diretto alle banche dati AQ interne degli operatori, i quali devono consentire la possibilità di consultare la propria banca dati senza restrizione alcuna. I servizi competenti per le RNI hanno inoltre la possibilità di prendere visione e controllare i dati d'esercizio e di autorizzazione di tutti gli impianti in una banca dati dell'UFOM e di eseguire controlli a campione. Gli operatori sono tenuti a mettere a disposizione questi dati per la banca dati dell'UFOM e ad aggiornarli ogni due settimane.

7.2.1.2 Modifiche di impianti di telefonia mobile non soggette ad autorizzazioni

I Cantoni possono autorizzare determinate modifiche operative e costruttive (di competenza cantonale) in deroga alla procedura d'autorizzazione ordinaria. Nella sua raccomandazione⁹⁷ la Conferenza svizzera dei direttori delle pubbliche costruzioni, della pianificazione del territorio e dell'ambiente (DCPA) ha definito dei criteri in materia d'immissioni specifici, la cui osservanza viene attestata presentando una corrispondente scheda dei dati sul sito aggiornata. Inoltre, il perimetro in funzione della potenza entro il quale può essere presentata opposizione per l'impianto non deve essere ampliato, altrimenti si dovrebbe concedere ai nuovi soggetti interessati la possibilità di sollevare opposizione, la quale richiederebbe una nuova procedura per la licenza di costruzione. Non tutti i Cantoni utilizzano l'opportunità offerta dalle modifiche minori.

Le cosiddette modifiche minori sono state definite dal gruppo di lavoro RNI del Cercl'Air nella raccomandazione del 12 agosto 2015. Esempi tipici sono la sostituzione di antenne con altre dal diagramma d'antenna differente e la redistribuzione di potenza tra antenne e frequenze con valori limite dell'impianto diversi ma la cui direzione di irradiazione orizzontale è uguale.

Determinate modifiche operative non rientrano nella definizione di modifica dell'ORNI e non richiedono pertanto alcuna procedura d'autorizzazione. Dette modifiche sono definite nel complemento del 28 marzo 2013 dell'UFAM alle raccomandazioni sull'esecuzione dell'ORNI per le stazioni di base di telefonia mobile e WLL e contemplano anche la redistribuzione della potenza di trasmissione come pure la somma o l'aggiunta di bande di frequenza all'interno della stessa

antenna o degli stessi valori limite dell'impianto. La scheda dei dati sul sito deve tuttavia essere aggiornata e i criteri di immissioni descritti nel complemento devono essere rispettati. I servizi competenti per le RNI esaminano in genere la scheda dei dati aggiornata per accertare il rispetto delle relative prescrizioni dell'UFAM.

La neutralità tecnologica della scheda dei dati sul sito vigente dal 2010 consente all'operatore di modificare in qualsiasi momento le tecniche di trasmissione (attualmente 2G, 3G, 4G, 5G) sulle diverse frequenze, senza dover adattare la scheda dei dati sul sito. Anche le ridistribuzioni della potenza all'interno di bande di frequenza già sommate sono ammesse senza dover modificare la scheda dei dati sul sito. In entrambi i casi non è richiesto alcun aggiornamento della scheda.

7.2.1.3 Percentuale di modifiche non soggette ad autorizzazione rispetto alle domande di costruzione ordinarie

Per evitare le lunghe procedure legate alle licenze di costruzione, gli operatori cercano, ove possibile, di intervenire sugli impianti con modifiche minori, che non comprendono solo interventi dovuti a variazioni nelle esigenze dei clienti, ma anche l'introduzione di nuove generazioni di telefonia mobile, spesso connesse a un cambio di antenne. Le autorità si ritrovano pertanto a dover controllare un numero decisamente maggiore di schede dei dati sul sito relative a modifiche minori rispetto alle schede presentate per le domande di costruzione (per le modifiche minori viene presentato circa il triplo di schede dei dati sul sito rispetto a quelle relative a domande di costruzione). Benché i controlli per una modifica minore siano ridotti rispetto a quelli previsti per una scheda dei dati sul sito esaminata nell'ambito di una domanda di costruzione, considerata l'ingente quantità di modifiche minori queste operazioni di controllo comportano una grande mole di lavoro per i servizi competenti per le RNI. Il lavoro amministrativo per i servizi competenti per le RNI è grosso-modo uguale in entrambi i casi.

7.2.1.4 Svolgimento del controllo di modifiche non soggette ad autorizzazione

Il controllo delle schede dei dati sul sito che documentano modifiche non soggette all'obbligo di autorizzazione segue procedure che variano da un Cantone all'altro. La scheda dei dati sul sito può essere presentata solo al servizio cantonale competente per le RNI, solo al Comune o a entrambi (possibilità previste dalla raccomandazione della DCPA). In diversi Cantoni le modifiche non soggette ad autorizzazione vengono esaminate solo dal servizio competente per le RNI, senza il coinvolgimento dell'autorità competente per la licenza di costruzione. In genere il servizio competente per le RNI conferma all'operatore l'osservanza dei criteri applicabili alle modifiche minori, il quale attiva quindi la scheda dei dati sul sito aggiornata ed esegue eventuali modifiche edilizie.

7.2.2 Fattori d'influenza sull'esecuzione svolta finora

Nel 2013 l'UFAM, congiuntamente ai responsabili cantonali in materia di esecuzione e a servizi federali selezionati, ha commissionato un'analisi dell'esecuzione delle prescrizioni ambientali⁹⁸. I Cantoni interpellati hanno dichiarato che, rispetto agli altri ambiti ambientali, le RNI sono il settore che presenta il minor numero di deficit in materia di esecuzione.

7.2.2.1 Fattori di successo

Nella maggior parte dei casi gli impianti di telefonia mobile in Svizzera vengono gestiti nell'ambito dei parametri di esercizio autorizzati; la violazione dei valori limite nei LAUS è un evento molto raro. Secondo l'UFAM e i Cantoni ciò è dovuto ai seguenti fattori presenti nel sistema esecutivo previsto per gli impianti di telefonia mobile:

- *Basi legali chiare e buoni aiuti all'esecuzione:* l'autorizzazione di una modifica nuova o sostanziale di un impianto esistente richiede una domanda di costruzione ed è soggetta a chiare regole che sono sancite nell'ORNI emanata dalla Confederazione e precisate nell'aiuto all'esecuzione. Queste regolamentazioni esplicite consentono a tutti i

soggetti coinvolti di sapere cosa fare. Il modello di una versione standard della scheda dei dati sul sito (dichiarazione sulle emissioni) assicura che tutti gli operatori dichiarino in modo uniforme i dati relativi all'esercizio di un impianto e rilevanti per le RNI così come i calcoli sulle radiazioni nei LAUS maggiormente esposti nelle vicinanze dell'impianto. Altri strumenti di esecuzione (complemento agli aiuti all'esecuzione, raccomandazione DCPA) definiscono i criteri applicabili alle modifiche minori, che consentono l'esecuzione di piccole modifiche operative o il cambio di antenne anche senza presentare una domanda di costruzione.

- Esistenza di servizi centrali competenti per le RNI: sebbene in molti Cantoni la procedura per la licenza di costruzione competa ai Comuni, la valutazione ambientale degli impianti di telefonia mobile viene in genere eseguita dai servizi cantonali (o urbani) centrali competenti per le RNI nell'ambito della domanda di costruzione. Questi servizi dispongono della competenza tecnica, dell'esperienza e degli strumenti di lavoro ausiliari che (in particolare) i piccoli Comuni non hanno.
- Buona collaborazione tra i vari servizi competenti per le RNI e i servizi federali preposti: uno scambio periodico tra i vari servizi competenti per le RNI e tra questi e i servizi federali preposti (UFAM, UFCOM, UFT) nell'ambito del gruppo di lavoro RNI di Cercl'Air consente di chiarire rapidamente eventuali problemi di natura giuridica, tecnica o concernenti l'esecuzione, garantendo in tal modo un'esecuzione quanto più possibile uniforme dell'ORNI. Il gruppo di lavoro è inoltre l'organismo interlocutore per gli operatori commerciali di telefonia mobile, grazie al quale è garantita la gestione efficiente delle richieste da e verso i fornitori.
- Sistemi di controllo e *garanzia della qualità funzionanti*: il controllo della conformità dell'esercizio al termine della procedura per la licenza di costruzione è garantito da efficienti sistemi interni di garanzia della qualità e da controlli esterni dell'esercizio effettivo delle antenne, eseguiti dai servizi competenti per le RNI tramite la banca dati dell'UFCOM.

In uno studio di recente pubblicazione⁹⁹ sono stati esaminati i fattori di successo (secondo l'autorità) presenti nei settori ambientali che si caratterizzano per un'esecuzione di buon livello. Per quanto concerne le RNI, sono stati intervistati i rappresentanti dell'UFAM, di cinque servizi cantonali competenti per le RNI, dell'Unione delle città, dell'ASUT e di un operatore di telefonia mobile. Gli autori hanno identificato quattro fattori chiave che contribuiscono in misura determinante al successo dell'esecuzione dell'ORNI negli impianti di telefonia mobile. Tre di questi coincidono con i punti sopra menzionati: chiarezza delle norme statuite nell'ORNI e buoni aiuti all'esecuzione, valido lavoro delle autorità cantonali e comunali e dei fornitori di telefonia mobile nella fase di autorizzazione edilizia, valido sistema di controllo.

Gli autori riconoscono anche che la pressione pubblica (locale) incide in modo determinante sull'esecuzione. Tale pressione deriva in particolare da un disagio latente presente nella popolazione nei confronti delle radiazioni emesse dalle antenne di telefonia mobile ed è sostenuta dalle attività di organizzazioni critiche e dalla presentazione nei mass media. La pressione ha indotto Comuni e Cantoni a investire molto nell'esecuzione. Le procedure per la licenza di costruzione garantiscono trasparenza in riferimento alle antenne pianificate, oltre a prevedere una possibilità di partecipazione che si concentra sui casi concreti incanalando i ricorsi.

Considerate gli effetti a lungo termine sulla salute poco noti, il principio di precauzione previsto dalla LPAmb trova una rigorosa attuazione nell'ORNI. L'attuazione del principio di precauzione è criticata da più parti. Tuttavia, la modalità di attuazione rappresenta sostanzialmente un chiaro segnale che, in relazione al disagio latente della popolazione e alla pressione pubblica (locale), è stato ed è tuttora importante per reagire a tale pressione. Oltre a regolare in modo esauritivo la prevenzione richiesta dalla LPAmb, i valori limite dell'impianto garantiscono ai soggetti coinvolti la necessaria certezza del diritto. Un impianto di telefonia mobile che rispetta i valori limite previsti dall'ORNI e le ulteriori prescrizioni del diritto edilizio deve essere autorizzato dall'autorità competente.

La pressione pubblica (locale), in forma di opposizioni interposte durante la procedura per la licenza di costruzione ovvero di richieste concernenti l'esercizio delle antenne di telefonia mobile esistenti, ha favorito l'emanazione di requisiti severi, aiutando i soggetti coinvolti nell'esecuzione a svolgere un buon lavoro.

7.2.2.2 Sfide

Nell'esecuzione attuale in materia di RNI i Cantoni riscontrano le seguenti sfide:

- *Numero crescente di schede dei dati sui siti da esaminare:* l'osservanza delle precise e rigorose norme giuridiche secondo le quali un impianto di telefonia mobile può essere costruito e gestito richiede un controllo altrettanto preciso e, di conseguenza, prolisso, che i servizi competenti per le RNI devono effettuare nella procedura d'autorizzazione e durante l'esercizio.
- *Grande dinamismo nella tecnologia per la telefonia mobile:* alla luce del grande dinamismo che anima la telefonia mobile, le modifiche minori non soggette ad autorizzazione come pure gli interventi di costruzione o trasformazione degli impianti vengono eseguiti a intervalli sempre più brevi. In ciascun caso occorre comunque verificare la conformità giuridica delle corrispondenti schede dei dati sui siti. Le risorse temporali a tal fine necessarie dei servizi competenti per le RNI sono già prevalentemente esaurite. Il fatto che un determinato numero di schede dei dati sul sito già esaminate non venga mai attivato operativamente, rende il tutto ancora più problematico. Il rapido e continuo sviluppo delle tecnologie di telefonia mobile presuppone anche il costante perfezionamento tecnico dei servizi competenti per le RNI, che devono essere in grado di controllare completamente le schede dei dati sui siti. Non di rado, ad esempio sullo sfondo dell'introduzione della tecnologia 5G, risulta necessario adattare anche le raccomandazioni sull'esecuzione, ulteriori strumenti se non addirittura l'ORNI. Le aziende incaricate delle misurazioni, che per esempio effettuano le misurazioni di collaudo nell'ambito delle procedure per la licenza di costruzione, dipendono dal regolare aggiornamento delle prescrizioni di misurazione del METAS e dell'UFAM.
- *Qualità delle schede dei dati sul sito dei gestori di telefonia mobile:* l'aumento della quantità di schede dei dati sul sito da controllare o autorizzare ha ultimamente comportato una riduzione media della qualità delle schede. Un terzo delle schede presentate deve essere rielaborato dai gestori perché di qualità insufficiente. Rilevamenti errati dei siti, la mancata o errata considerazione delle parcelle libere edificabili e localizzazioni errate dei cosiddetti punti «worst case» nei siti sensibili sono gli errori più frequenti che comportano per i richiedenti la necessità di rettificare le schede per poter ricevere l'autorizzazione. I chiarimenti degli errori e le richieste di correzione da parte dei servizi competenti per le RNI sono molto dispendiosi in termini di tempo e anche l'attuazione delle correzioni da parte dei gestori comporta in genere ritardi notevoli nelle procedure.
- *Triangolazione Comune, Cantone e gestore di telefonia mobile:* un'ulteriore difficoltà presente nella procedura d'autorizzazione è costituita dal fatto che, nella maggior parte dei Cantoni, l'autorizzazione di un impianto di telefonia mobile, compresa la scheda dei dati sul sito, è di competenza del Comune. Il servizio cantonale competente per le RNI è in pratica l'interlocutore centrale per i gestori per quanto riguarda gli aspetti rilevanti per le RNI. Poiché esso non ha facoltà decisionale, è in genere necessario rivolgersi al Comune preposto all'autorizzazione il quale poi, sempre con il sostegno tecnico del Cantone, dovrà prendere una decisione. Sebbene la raccomandazione DCPA, per esempio, contenga alcune raccomandazioni semplificative in merito, la comunicazione attraverso questa triangolazione tra Comune, Cantone e gestore di telefonia mobile rallenta tutte le procedure di autorizzazione e di controllo, vincolando risorse in tutte le autorità, ma senza contribuire a migliorare la protezione dalle RNI.
- *Consulenza e informazione:* i timori di parte della popolazione nei confronti delle radiazioni delle stazioni di base non si placano. La consulenza e le informazioni in merito competono in gran parte ai servizi competenti per le RNI.
- *La telefonia mobile come tecnologia di importanza (inter)nazionale sotto la responsabilità comunale:* da tempo la comunicazione senza filo è diventata un'esigenza fondamentale nell'odierna società e nell'economia di oggi. I fornitori commerciali devono coordinare e pianificare infrastrutture di rete e strategie di radiotrasmissione in grado di garantire efficienza e sostenibilità in futuro. Ciò contrasta nettamente con la gestione delle procedure di autorizzazione che, in genere, sono soggette a legislazioni edilizie diverse a seconda del Comune e a procedure che variano a livello cantonale. I Comuni mancano spesso della competenza tecnica necessaria per verificare direttamente la valutazione di un impianto in riferimento alle radiazioni non ionizzanti. Devono pertanto fare affidamento sulle stime di un centro di controllo esterno (in genere il servizio cantonale competente per le RNI). Tuttavia, fatte salve poche restrizioni (aspetto degli abitati, cascata), sono tenuti ai sensi del diritto federale ad autorizzare gli impianti di telefonia mobile che risultano conformi rispetto alle RNI. Per questo motivo suscitano spesso il

malumore della popolazione locale e devono di conseguenza gestire ricorsi interposti per impianti che il servizio cantonale ha ritenuto idonei all'autorizzazione.

7.2.2 Sfide future per le autorità incaricate del rilascio dell'autorizzazione

L'esecuzione attuale dell'ORNI presenta due aspetti concomitanti. Da un lato si riscontra che la telefonia mobile è regolamentata in modo più preciso e specifico rispetto ad altri settori ambientali. Questa regolamentazione chiara ed efficiente determina pochi dubbi in fase di attuazione operativa e la valutazione della conformità ambientale degli impianti risulta molto uniforme e ben strutturata a livello nazionale. Al contempo, invece, sussiste un ingente carico amministrativo da parte delle autorità esecutive e dei gestori. Il potenziamento delle reti di telefonia mobile 5G, oltre alle reti esistenti degli operatori commerciali, richiederà nei prossimi anni la costruzione di un gran numero di nuovi impianti di telefonia mobile e di adattamenti praticamente a tutti i circa 18 000 impianti esistenti sul territorio svizzero. Ciò andrà a gravare notevolmente sul lavoro di autorizzazione, controllo e consulenza per i servizi specializzati interessati delle autorità cantonali e comunali e, senza un aumento sostanziale delle risorse, tale lavoro resterà praticamente ingestibile.

Si prevedono ripercussioni concrete sull'attività di autorizzazione, controllo e consulenza delle autorità cantonali e comunali nei settori seguenti:

- Ricerca di siti adatti per nuovi impianti: soprattutto nelle aree urbane e negli agglomerati, ma anche nei piccoli Comuni e nelle zone rurali si deve prevedere una maggiore attività dei gestori per la ricerca di siti adatti per nuovi impianti di telefonia mobile.
- Domande di costruzione: da subito e per molti anni si assisterà a un sensibile aumento delle domande di costruzione per nuovi progetti e interventi di trasformazione.
- Rapporti di misurazione e ulteriori controlli: allo stesso modo, ma probabilmente con uno sfasamento temporale di uno-due anni, crescerà anche il numero dei rapporti di misurazione da controllare e degli ulteriori controlli da eseguire.
- Opposizioni e ricorsi: l'aumento delle domande di costruzione porterà con sé un aumento – probabilmente in misura sproporzionata – delle opposizioni e dei ricorsi, con un conseguente aggravio di lavoro per la loro gestione.
- Modifiche agli impianti esistenti non soggette ad autorizzazione: si prevede che anche il numero delle schede dei dati sul sito sottoposte a controllo per le modifiche non soggette ad autorizzazione aumenterà in media sensibilmente rispetto agli ultimi anni.
- Consulenza: in seguito all'aumento delle nuove costruzioni e dei potenziamenti degli impianti di telefonia mobile si attende, almeno temporaneamente, un incremento significativo delle richieste presentate dalla popolazione. L'utilizzo previsto di una nuova tecnologia per la telefonia mobile in gamme di frequenze più alte comporterà un aumento di richieste da parte degli abitanti coinvolti e dei cittadini preoccupati.

L'esercizio di una rete mobile è già oggi dinamico e si contraddistingue per la necessità di apportare frequenti adattamenti agli impianti, al fine di soddisfare le più svariate esigenze dei clienti. L'introduzione della tecnologia 5G, che consente adattamenti ancor più rapidi e mirati, presuppone di conseguenza un comando di rete molto flessibile. Per poter continuare a controllare il rispetto dei valori limite nella procedura di autorizzazione e il successivo esercizio degli impianti, sono necessari adattamenti all'attuale sistema di esecuzione che ancor oggi è commisurato a un esercizio piuttosto statico degli impianti.

In occasione della sua assemblea generale del 19 settembre 2019, la DCPA ha affermato che i Cantoni tengono conto delle preoccupazioni della popolazione e che esigono una nuova valutazione scientifica dei rischi delle nuove tecnologie¹⁰⁰. Nel quadro del prossimo rilascio delle concessioni (ad es. nel campo delle onde millimetriche) gli aiuti all'esecuzione della Confederazione dovrebbero essere pubblicati in contemporanea. Occorrono inoltre studi scientifici che mostrano se e, se del caso, quali rischi esistano per la salute della popolazione (valutazione dei rischi). Una parte dei ricavi del rilascio delle concessioni agli operatori di telefonia deve essere utilizzata nella ricerca sui rischi nel settore della salute e sull'innovazione negli sviluppi delle reti.

7.3 Interventi attuali concernenti l'ORNI e gli aiuti all'esecuzione

In seguito agli ulteriori sviluppi tecnologici della telefonia mobile diventa periodicamente necessario perfezionare anche gli strumenti per l'esecuzione. Indipendentemente dal gruppo di lavoro Radiotelefonía mobile e radiazioni, sono attualmente in corso i lavori di seguito descritti.

7.3.1 Semplificazione delle procedure di autorizzazione

L'ORNI non si esprime sulle procedure di autorizzazione, che sono in genere di competenza dei Cantoni e dei Comuni. In diversi interventi a livello politico sono già state richieste le corrispondenti semplificazioni procedurali. In particolare la Commissione dei trasporti e delle telecomunicazioni del Consiglio nazionale ha sottoposto al Consiglio federale la richiesta di semplificare le lunghe procedure di autorizzazione necessarie per le modifiche agli impianti di trasmissione esistenti. Nella sua lettera del 3 agosto 2018 alla DCPA, la consigliera federale Doris Leuthard ha accolto favorevolmente una simile semplificazione, a condizione che sia garantito il rispetto delle disposizioni dell'ORNI. Al tempo stesso ha chiesto sostegno alla DCPA, dal momento che vari ambiti sostanziali dell'esecuzione sono di competenza dei Cantoni.

A fine 2018 la DCPA ha incaricato la CCA di garantire la partecipazione dei Cantoni e il coordinamento con la DCPA nel gruppo di lavoro Radiotelefonía mobile e radiazioni della Confederazione, per favorire la semplificazione delle procedure. Sarà pertanto necessario analizzare le conseguenze che i risultati attuali ai quali è giunto il gruppo di lavoro federale avranno sulle raccomandazioni della DCPA del 2013 concernenti l'autorizzazione degli impianti di telefonia mobile. In ogni caso dovrà essere sottoposta alla DCPA una richiesta di modifica delle raccomandazioni.

La CCA ha affidato al Cercl'Air l'incarico di valutare le possibilità di procedere a un'esecuzione più efficiente e alla semplificazione delle procedure di autorizzazione. Il team di progetto, formato dai rappresentanti dei servizi cantonali competenti per le RNI, dell'UFAM e della Conferenza Svizzera dei Segretari dei Lavori Pubblici, ha iniziato i lavori nel gennaio 2019.

7.3.2 Revisione dell'ORNI nel 2019

L'ORNI è formulata secondo il principio della neutralità tecnologica ed è quindi valida indipendentemente dal fatto che la tecnologia di telefonia mobile utilizzata sia 3G (UMTS), 4G (LTE) o 5G (New Radio). In vista dell'ulteriore sviluppo della tecnologia mobile, si è resa comunque necessaria una revisione dell'ORNI che ha colmato le lacune normative che avrebbero potuto ostacolare il potenziamento delle reti 5G.

- La revisione ha riguardato da una parte la definizione di un valore limite per l'impianto per le frequenze tra 900 e 1800 MHz. Per questa gamma di frequenze l'ORNI non prevede ancora un valore limite dell'impianto. Tuttavia, nell'ambito dell'attribuzione delle nuove frequenze di telefonia mobile a inizio 2019, sono state assegnate alla telefonia mobile anche frequenze attorno ai 1400 MHz.
- Dall'altra parte, nell'ORNI è stato sancito un principio utile per valutare le cosiddette antenne adattive («beamforming»). Tali antenne sono già ora utilizzate in modo crescente.
- Infine, con la revisione è stato conferito anche l'incarico di introdurre un monitoraggio delle RNI, che deve fornire informazioni sull'esposizione della popolazione alle emissioni della telefonia mobile p (cfr. *cap. 10.2*).

L'ordinanza riveduta è stata adottata il 17 aprile 2019 dal Consiglio federale ed è entrata in vigore il 1° giugno 2019¹⁰¹.

7.3.3 Aiuti all'esecuzione per le antenne adattive

Nel 2019, in seguito all'entrata in vigore della revisione dell'ORNI, dovrà essere pubblicato un complemento agli aiuti all'esecuzione vigenti per gli impianti di telefonia mobile, che illustrerà come valutare le antenne adattive nel corso della procedura di autorizzazione. In tale contesto dovranno essere rispettati i seguenti principi:

- le antenne adattive non dovranno essere ostacolate;
- le limitazioni preventive delle emissioni dovranno essere rispettate;
- l'esecuzione dovrà essere realizzabile nella pratica.

L'elaborazione di questo complemento agli aiuti all'esecuzione sarà seguita da un gruppo di esperti, nel quale saranno rappresentati gli attori coinvolti come le autorità esecutive, i gestori di telefonia mobile e i Medici per l'Ambiente.

7.3.4 Verifica del metodo di misurazione

Già nell'autunno 2017 un gruppo composto da rappresentanti di UFAM, UFCOM, METAS e Swisscom ha avviato i lavori per la verifica del metodo di misurazione delle radiazioni della telefonia mobile, in seguito alle critiche sollevate dai gestori di telefonia mobile secondo cui il metodo di misurazione (metodo rotativo) raccomandato da UFAM e METAS sarebbe difficilmente riproducibile e produrrebbe risultati che sopravvalutano sistematicamente la radiazione determinante.

Secondo l'UFAM le differenze sistematiche tra il metodo di calcolo e il metodo di misurazione sarebbero particolarmente dannose e le raccomandazioni sull'esecuzione dovrebbero essere modificate di conseguenza.

Da allora METAS e UFAM hanno presentato un progetto nel quale il sopra menzionato metodo rotativo dovrà essere confrontato con il metodo del calcolo del valore medio. Gli studi sono andati avanti fino all'estate 2019 ed è ora in corso la loro analisi.

Una conseguenza potrebbe essere la rielaborazione delle raccomandazioni sulle misurazioni di METAS e UFAM o l'adattamento del metodo di calcolo.

8 Opzioni

Alla luce degli elementi illustrati nei precedenti capitoli per la prossima generazione di telefonia mobile 5G si prospettano diversi provvedimenti e opzioni ipotizzabili. Il gruppo di lavoro ha identificato in tutto 58 provvedimenti, riuniti in gruppi tematici (cfr. *Allegato 1*:). Sono state quindi elaborate le seguenti opzioni possibili, valutandole in riferimento alle loro ripercussioni rispetto a diversi criteri:

- Opzione 1 (cap. 8.1): Mantenimento dello status quo secondo i requisiti ORNI
- Opzione 2 (cap. 8.2): Nessuna modifica del valore limite dell'impianto, ma requisiti ORNI più severi nei confronti delle piccole celle e delle antenne adattative (proposta: Medici per l'ambiente MpA)
- Opzione 3 (cap. 8.3): Aumento del valore limite dell'impianto a 6 V/m unitari e valutazione della media (proposta: Associazione svizzera delle telecomunicazioni asut)
- Opzione 4 (cap. 8.4): Aumento del valore limite dell'impianto a 11,5 V/m per operatore (proposta: Commissione federale delle comunicazioni ComCom)
- Opzione 5 (cap. 8.5): Aumento del valore limite dell'impianto a 20 V/m unitari (proposta: Associazione svizzera delle telecomunicazioni asut)

Il gruppo di lavoro ha valutato, secondo tutta una serie di criteri, dapprima i provvedimenti e successivamente le opzioni. Tutte le opzioni rispettano il valore limite d'immissione, il quale protegge dalle conseguenze sulla salute attestate scientificamente. Le diverse opzioni tengono inoltre variabilmente conto del principio di precauzione sancito nella LPAmb. Ne consegue che i margini di precauzione rispetto ai possibili effetti a lungo termine sulla salute sono quindi di dimensioni variabili.

Nella *Tabella 18* è riportata una panoramica delle opzioni con le valutazioni dei seguenti criteri:

- Numero di impianti di telefonia mobile supplementari per l'introduzione della tecnologia 5G:
A seconda dell'opzione sarà necessario un numero variabile di impianti di telefonia mobile supplementari e potenziamenti degli impianti esistenti. Per potenziamento si intende la pianificazione, l'installazione e l'esercizio di apparecchiature 5G, comprese le antenne adattative, in un determinato sito. Le cifre si basano su una stima elaborata dal settore della telefonia mobile (cfr. sotto).
- Modifica (rispetto a oggi) dell'esposizione massima dovuta agli impianti di telefonia mobile nei luoghi a utilizzazione sensibile (LAUS):
Questa dipende dal valore limite dell'impianto e dalle condizioni d'esercizio in cui deve essere rispettato tale valore (massima potenza irradiata o calcolo della media temporale).
- Modifica (rispetto a oggi) dell'esposizione dovuta alla telefonia mobile:
Le modifiche nell'esposizione possono essere consultate nel *capitolo 5*.
- Risorse finanziarie:
Per stimare le ripercussioni finanziarie delle singole opzioni, le risorse finanziarie per l'investimento complessivo e per l'esercizio su un periodo di cinque anni sono state raggruppate di volta in volta sulla base dei costi per l'ampliamento di singoli impianti (cfr. *Tabella 10*).
- Tempi per il recepimento delle modifiche legislative:
Per un adattamento a livello di ordinanza (ad es. modifica dell'ORNI) si considera un intervallo di tempo di due anni, e di cinque anni per un adattamento a livello di legge.
- Tempi previsti per l'introduzione capillare della tecnologia 5G:
L'introduzione di tale tecnologia in Svizzera è già iniziata ed è tuttora in corso. A seconda dell'opzione, gli interventi di sviluppo subiranno un'accelerazione o un rallentamento rispetto al passato. I tempi previsti per l'introduzione capillare della tecnologia sono determinati dai tempi necessari per recepire le modifiche legislative e dai

tempi per allestire i nuovi siti per antenne e potenziare quelli esistenti. Per stimare i tempi di realizzazione si è ipotizzata la costruzione di 1000 nuovi siti all'anno. Attualmente, sono circa 500 i siti costruiti ogni anno ex novo o trasformati.

Stima del numero supplementare di impianti di telefonia mobile necessari per l'introduzione della tecnologia 5G

In Svizzera sono presenti 8542 impianti di telefonia mobile con una potenza superiore a 6 W ERP (cfr. *cap. 4.3.1*). Secondo l'UFCOM, dal conteggio separato di impianti ubicati nel medesimo luogo ma di operatori differenti, risultano 10 943 impianti (stato al dicembre 2018).

Per l'introduzione della tecnologia 5G è necessaria una potenza di 12.4 volte superiore rispetto ad oggi (o 10.9 dB), come indicato al *capitolo 4.3.6.1*. Per stimare il numero di impianti necessari all'introduzione del 5G di alta qualità su tutto il territorio svizzero, si è proceduto nel modo seguente:

- La stima si basa sul presupposto che il numero di impianti di telefonia mobile ulteriori è proporzionale alla potenza ulteriore necessaria.
- A dipendenza del tipo di opzione esiste la possibilità di aumentare la potenza attuale degli impianti. Ad esempio, l'incremento del valore limite dell'impianto a un valore unitario di 20 V/m nell'opzione 5 porterebbe a un incremento della potenza fino a un fattore 16 (o 12 dB).
- Un'ulteriore aumento della potenza si ha applicando un fattore di correzione nell'ambito della valutazione delle antenne adattative. Con un fattore di correzione si tiene conto del fatto che l'esposizione delle antenne adattative nella media temporale è inferiore a quella delle antenne tradizionali. Nelle opzioni 1, 3 e 4 è stato considerato un fattore di correzione di 6 dB. Questo fattore non è stato considerato nell'opzione 2 e nell'opzione 5 non è necessario.
- Moltiplicando questi fattori (o sommandoli in dB) si ottiene la potenza ancora necessaria per l'introdurre la tecnologia 5G nei siti.
- Il numero di impianti esistenti viene moltiplicato con questo fattore, e il risultato indica il numero totale di impianti supplementari necessari.
- A dipendenza dell'opzione, un certo numero di impianti esistenti può essere ampliato e tolto dal risultato ottenuto (nell'opzione 1 ad es. 5149 impianti).
- Dal numero di impianti supplementari ancora necessari si toglie inoltre la parte di potenza per il 4G (fattore 0.92), siccome nei nuovi ulteriori siti dev'essere realizzato unicamente il 5G. Quale risultato finale si ottiene il numero di ulteriori antenne necessarie per l'espansione al 5G. Queste sono elencate nella *tabella 18*.

Nella *Figura 15* sono rappresentate le opzioni integrate ai criteri seguenti:

- Tempo necessario per diffondere in Svizzera una tecnologia 5G di buona qualità (asse x)
- Grado e qualità della diffusione della tecnologia (asse y blu)
- Esposizione massima a impianti di telefonia mobile nei luoghi a utilizzazione sensibile (asse y verde).

Il tempo necessario per avere una diffusione in tutto il territorio svizzero della tecnologia 5G di buona qualità secondo la standard ITU IMT-2020 è rappresentato in categorie approssimative (0-10 anni, 10-20 anni, 20- 30 anni, più di 30 anni)

Le superfici triangolari blu rappresentano qualitativamente il grado di avanzamento del potenziamento alla tecnologia 5G, avviato già nel 2019, e la qualità finale raggiungibile in base all'opzione considerata.

L'asse y verde indica l'esposizione massima ammissibile in base all'opzione alle immissioni di un impianto di telefonia mobile nei LAUS. Il grafico non fornisce però indicazioni né in merito alla ripartizione spaziale dell'esposizione, né in

merito al numero di persone e alla durata prevedibile della loro presenza nei luoghi esposti, e, di conseguenza, nemmeno in merito all'esposizione media della popolazione. Egualmente non è considerata l'esposizione a uplink di terminali. Quest'ultima rappresenta la parte principale dell'esposizione degli utenti. Nella *Tabella 18* è visibile l'influsso delle opzioni sull'esposizione al telefono mobile.

Osservazioni di fondo in merito alle opzioni

Il gruppo di lavoro formula le seguenti osservazioni di fondo in relazione alle opzioni:

- L'Unione delle città svizzere raccomanda una perizia economica sulle conseguenze dei costi delle cinque opzioni preventivate. Secondo il parere dell'UCS non sussisterebbero i presupposti necessari per una valutazione della sostenibilità economica da effettuarsi nell'ambito del principio di precauzione sancito dal diritto in materia di protezione dell'ambiente.
- Medici per l'ambiente (MpA) fa notare come, a causa dell'attuale incremento esponenziale dei dati trasferiti, con tutte le opzioni prima o poi occorrerà densificare le reti. MpA si pone inoltre la questione della sostenibilità di determinate opzioni, chiedendosi in particolare quanto tempo ci vorrà nel caso di un eventuale innalzamento dei valori limite perché anche questi siano sfruttati completamente.
- L'UFPP sottolinea che una copertura affidabile della rete di telefonia mobile in Svizzera riveste grande importanza per le autorità e organizzazioni attive nel campo del salvataggio e della sicurezza (AOSS). La popolazione dovrebbe essere sempre in grado di effettuare una chiamata d'emergenza. Per gestire qualunque situazione, le forze d'intervento devono utilizzare la telefonia mobile. L'indebolimento della copertura costituirebbe pertanto un rischio sostanziale per il salvataggio e la sicurezza.
- Per l'installazione della tecnologia 5G, gli operatori di telefonia mobile pretendono condizioni quadro che consentano un rapido avvio dello sviluppo della rete e, al contempo, rendano possibile una copertura a livello nazionale e di elevata qualità entro i prossimi cinque anni circa. In caso contrario la telefonia mobile in Svizzera non saranno più competitive a livello internazionale e si dovrà rinviare l'introduzione di nuove applicazioni e servizi in altri settori.
- Sunrise osserva inoltre che la conformità delle opzioni con le finalità della strategia «Svizzera digitale» e alla luce dell'indisponibilità di siti di cui al *capitolo 7.1* non è stata valutata esplicitamente ed è stata considerata in maniera implicita soltanto nelle opzioni 4 e 5.

Tabella 18: Panoramica delle cinque opzioni con informazioni sul numero di impianti di telefonia mobile supplementari, sulla modifica dell'esposizione, sui costi e sui tempi per la realizzazione in Svizzera di una rete 5G capillare e di qualità. L'opzione 2 non sarà in grado di garantire alcuna copertura 5G comparabile.

Opzione n.	Nome	Numero di impianti di telefonia mobile supplementari	Modifica (rispetto a oggi) dell'esposizione massima dovuta agli impianti di telefonia mobile nei luoghi a utilizzazione sensibile (LAUS)	Modifica (rispetto a oggi) dell'esposizione dovuta alla telefonia mobile	Risorse finanziarie per l'investimento	Risorse finanziarie per l'esercizio (su 5 anni)	Tempi per il recepimento delle modifiche legislative	Tempo necessario per una copertura di qualità del 5G
1	Mantenimento dello status quo secondo i requisiti ORNI	26 500 + potenziamento di 5000 impianti esistenti	Rimane più o meno uguale	Cala leggermente	7,7 mia.	2,1 mia.	0 anni	20-30 anni
2	Nessuna modifica del valore limite dell'impianto, ma requisiti ORNI più severi nei confronti delle piccole celle e delle antenne adattative	46 500	Rimane più o meno uguale	Cala leggermente	13 mia.	3,5 mia.	5 anni	> 30 anni
3	Aumento del valore limite dell'impianto a 6 V/m unitari e valutazione della media	7500 + potenziamento di tutti gli impianti esistenti	Aumenta	Cala leggermente	3,2 mia.	0,8 mia.	2 anni	10-20 anni
4	Aumento del valore limite dell'impianto a 11,5 V/m per gestore	Potenziamento di 3000 impianti esistenti; utilizzazione congiunta di 3500 impianti esistenti	Aumenta sensibilmente	Rimane uguale	0,9 mia.	0,3 mia.	2 anni	0-10 anni
5	Aumento del valore limite dell'impianto a 20 V/m unitari	0 macrocelle supplementari, potenziamento di 8500 impianti esistenti, densificazione con 2000 piccole celle (per il 50% delle microcelle attuali)	Aumenta sensibilmente	Rimane uguale	1,0 mia.	0,3 mia.	2 anni	0-10 anni

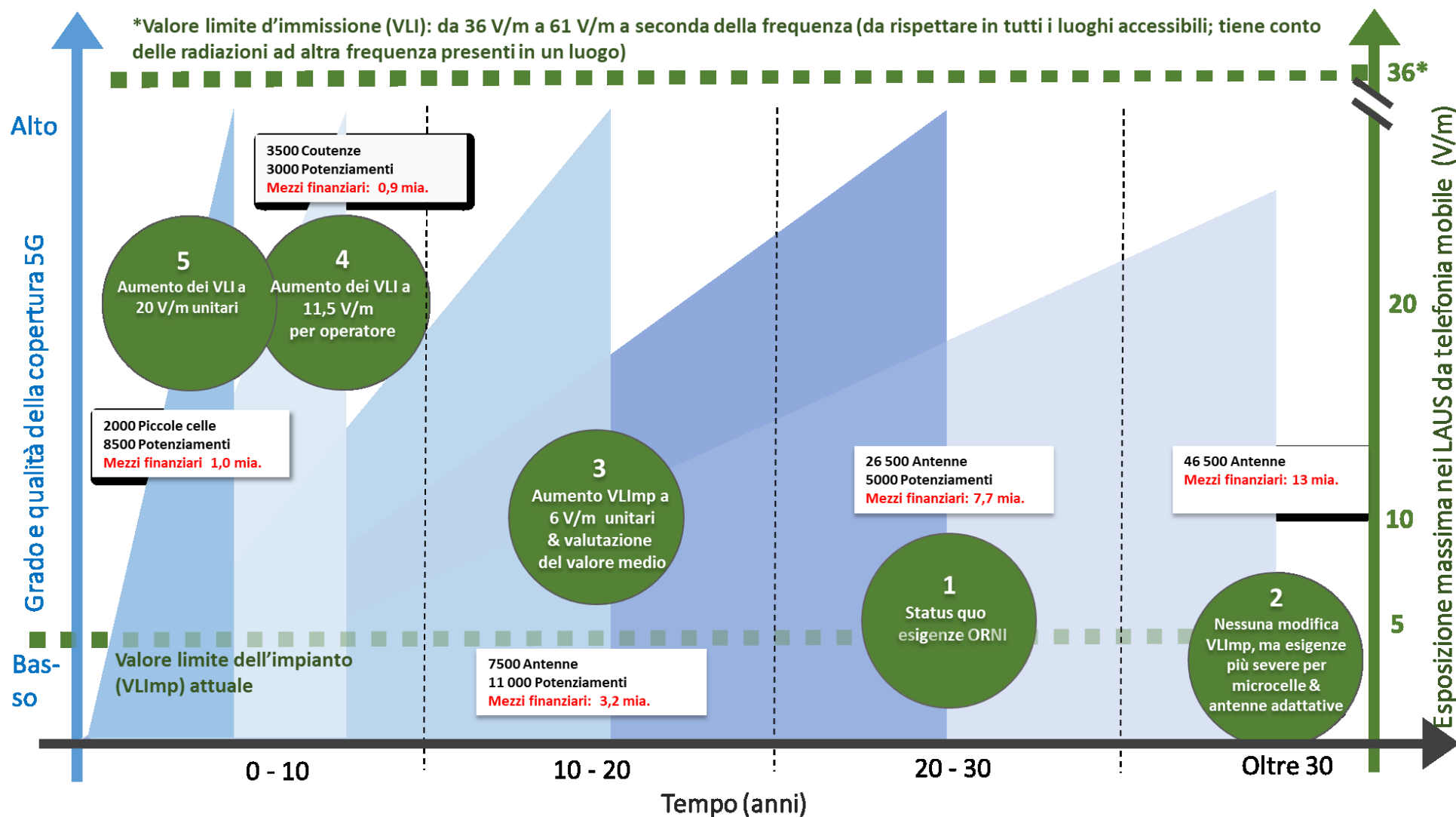


Figura 15: Valutazione delle cinque opzioni con i criteri effetto sull'esposizione, tempo necessario per la realizzazione e costi con cifre del settore.

8.1 Opzione 1: Mantenimento dello status quo secondo i requisiti ORNI

8.1.1 Descrizione

L'ORNI non sarà modificata e i valori limite esistenti (valore limite d'immissione e valore limite dell'impianto) continueranno a essere applicati senza variazioni.

Eventuale verifica del metodo di misurazione e adattamento in caso di bisogno.

8.1.2 Valutazione

8.1.2.1 Costi e prestazioni

Secondo le previsioni, il volume di dati scambiati attraverso le reti di telefonia mobile continuerà ad aumentare sensibilmente. Continuerà a sussistere la necessità di ampliare gli impianti più grandi come anche di costruire antenne di piccole celle supplementari in aree densamente abitate. Poiché il valore limite dell'impianto non sarà innalzato e la tecnologia 5G non potrà essere installata nella maggior parte dei siti esistenti, gli operatori di telefonia mobile stimano che per lo sviluppo della rete 5G serviranno circa 26 500 nuovi siti e il potenziamento al tale tecnologia di 5000 impianti esistenti. Se gli impianti nuovi ed esistenti potranno essere dotati di antenne adattative, sarà possibile realizzare una rete 5G efficiente e capillare conformemente allo standard IMT-2020 dell'ITU.

Secondo i calcoli del settore, le relative risorse finanziarie per gli investimenti ammontano a circa 7,7 miliardi di franchi e per l'esercizio su cinque anni a circa 2,1 miliardi di franchi.

8.1.2.2 Esposizione

Nella pratica, questa opzione farà triplicare o addirittura quadruplicare il numero di ubicazioni delle antenne rispetto a oggi. Se si sceglierà di densificare la rete, le distanze tra il telefono cellulare e le stazioni di base più vicine diminuiranno e vi saranno così, tendenzialmente, meno ostacoli sul percorso di trasmissione. Ciò si tradurrà in potenze irradiate più basse dei telefoni cellulari e quindi in un calo dell'esposizione ai segnali di uplink.

Si avrà inoltre, mediamente, un leggero aumento dell'esposizione ai segnali di downlink delle stazioni di base. L'esposizione sarà distribuita in modo più omogeneo e le aree prive di segnali di downlink rilevanti diventeranno più rare (tranne nel caso delle antenne adattative e del beamforming). A causa del numero più elevato di impianti di telefonia mobile, aumenterà anche il numero di LAUS in prossimità di tali impianti. Poiché però il valore limite dell'impianto rimarrà invariato, nei LAUS non si avranno esposizioni massime superiori rispetto allo stato attuale.

Gli effetti dell'opzione dipendono infine da come si configurerà il metodo di misurazione adattato. Il metodo a griglia (media spaziale) potrebbe risultare di norma in intensità di campo più basse rispetto all'attuale metodo di scansione. In un secondo momento ciò potrebbe far sì che, sulla base della misurazione, siano autorizzate potenze irradiate superiori (entro i limiti delle disposizioni di legge) con un conseguente aumento dell'esposizione media. La configurazione del metodo di misurazione avrà però soltanto ripercussioni limitate sul numero di antenne supplementari necessario.

8.1.3 Attuazione

8.1.3.1 Adattamenti necessari e competenze

Non sarà necessario alcun adattamento legislativo. L'onere si limiterà alla verifica dell'aiuto all'esecuzione ed eventualmente all'adattamento del metodo di misurazione, per il quale saranno competenti l'UFAM e il METAS. Le autorità esecutive dovranno farsi carico di un onere decisamente maggiore rispetto a oggi, in quanto sarà necessario approvare e controllare un numero elevato di nuovi impianti e potenziamenti. Un simile onere aumenterebbe notevolmente nel caso di una quota di nuove costruzioni superiore a quella attuale (1000 impianti all'anno invece di 500).

8.1.3.2 Tempistiche

I lavori necessari per il metodo di misurazione richiederebbero circa un anno e mezzo. Secondo gli operatori occorrerà ampliare la rete con circa 26 500 impianti supplementari e potenziarla con 5000 siti. Si stima che il tempo richiesto per la ricerca, la pianificazione e la realizzazione di tali siti sia di 20-30 anni. Se la quota di nuove costruzioni dovesse rimanere invariata rispetto a oggi, lo sviluppo di una rete 5G efficiente e capillare potrebbe però richiedere molto più tempo.

8.2 Opzione 2: Nessuna modifica del valore limite dell'impianto, ma requisiti ORNI più severi nei confronti delle piccole celle e delle antenne adattative

8.2.1 Descrizione

I valori limite esistenti (valore limite dell'impianto di 4-6 V/m e valore limite d'immissione) rimarranno validi. Un pacchetto di provvedimenti dovrà garantire che in futuro il livello di protezione dall'elettrosmog rimanga almeno invariato. In particolare si impedisce che in seguito all'applicazione, attualmente in discussione, di un fattore di correzione conforme all'ORNI rivista, per le antenne adattative possano presentarsi nel breve periodo esposizioni più elevate. Con i singoli provvedimenti si creeranno stimoli supplementari per il graduale sviluppo di una rete fissa e a fibra ottica efficiente, che dovrà sostituirsi il più possibile alla copertura della rete mobile con macro antenne espandibili:

- I valori limite dell'impianto esistenti dovranno essere applicati anche ai micro impianti (< 6 W ERP), in quanto saranno sempre più diffusi e interesseranno in misura crescente i LAUS.
- Per le antenne adattative faranno stato le condizioni d'esercizio, che per i luoghi a utilizzazione sensibile corrispondono alla massima esposizione tecnicamente possibile e non come corretto nello status quo.
- La responsabilità per il rispetto dei valori limite sarà attribuita agli operatori degli impianti e il superamento dei valori limite dovranno essere sanzionate con ammende.
- Il carico della rete di telefonia mobile dovrà essere alleggerito per mezzo di una rete fissa efficiente, e in corrispondenza dei relativi punti di collegamento in abitazioni, uffici amministrativi e aziende saranno installate all'occorrenza micro stazioni radio per la copertura mobile.
- Al più tardi entro due anni gli impianti di trasmissione 2G e 3G dovranno essere disattivati e convertiti alla nuova tecnologia in modo da evitare ulteriori potenziamenti degli impianti.
- Le autorità forniranno regolarmente informazioni sui rischi per la salute derivanti dalle applicazioni di radiocomunicazione e istruiranno la popolazione su come ridurre al minimo le radiazioni prodotte dall'utilizzo di tecnologie di informazione e comunicazione digitale.

8.2.2 Valutazione

8.2.2.1 Costi e prestazioni

L'introduzione di un valore limite dell'impianto anche per impianti con una potenza irradiata inferiore a 6 W ERP avrà probabilmente per conseguenza che ogni piccola cella sarà sottoposta a una procedura formale di autorizzazione a costruire (di competenza dei Cantoni) con una dichiarazione dettagliata delle emissioni sotto forma di scheda dei dati sul sito. Una procedura onerosa per la quale, laddove venissero impiegati prodotti standard per micro stazioni radio, sarebbe opportuno verificare le possibilità di semplificazione mediante prove di omologazione.

L'applicazione dell'attuale sistema di valutazione (potenza massima a fronte della massima trasmissione dati senza tenere conto della variabilità spaziale) alle antenne adattative si tradurrà in una limitazione delle loro prestazioni, con la conseguenza che la nuova tecnologia non sarà in grado di esprimere appieno il proprio potenziale.

La diffusione della tecnologia 5G contribuisce in linea di principio anche a promuovere la tendenza verso celle radio più piccole¹⁰², che a loro volta richiederanno un maggior numero di siti per antenne. In queste condizioni, l'introduzione della

tecnologia 5G sarà possibile soltanto con la realizzazione di oltre 46 500 siti supplementari (macrocelle prive di antenne adattative). Tale sviluppo è incompatibile con le disposizioni dello standard IMT-2020 negli ambienti interni.

Secondo le stime dell'UFCOM, le relative risorse finanziarie ammontano a circa 13 miliardi di franchi per gli investimenti e a circa 3,5 miliardi di franchi per l'esercizio su cinque anni. Queste stime non prendono tuttavia in considerazione le risorse finanziarie per l'ampliamento delle reti a fibra ottica.

Le capacità liberate dalla disattivazione del 2G e del 3G non basteranno a uniformare l'introduzione della nuova tecnologia alle finalità dello standard IMT-2020 dell'ITU. Senza contare che diverse applicazioni continueranno a dipendere da generazioni di telefonia mobile più datate.

8.2.2.2 Esposizione

Il pacchetto di provvedimenti garantirà che l'attuale livello di protezione per coloro che abitano in prossimità delle antenne non peggiori. Anche nel breve periodo non si verificheranno esposizioni al di sopra del valore limite dell'impianto. In seguito all'incremento del numero di antenne aumenterà anche il numero di LAUS in prossimità degli impianti di telefonia mobile. Si avrà inoltre un leggero calo dell'esposizione ai segnali di downlink delle stazioni di base.

In relazione all'utilizzo del telefono cellulare, questa opzione potrà tradursi in un calo dell'esposizione ai segnali di uplink, in quanto il percorso di trasmissione si accorcerà grazie al numero più elevato di ubicazioni delle antenne supplementari. Ai cellulari sarà così richiesta una potenza irradiata inferiore, essendovi meno ostacoli tra il telefono e la stazione di base.

8.2.3 Attuazione

8.2.3.1 Adattamenti necessari e competenze

Le concessioni per la telefonia mobile non contengono indicazioni sulla tecnologia utilizzata. Se gli operatori di rete non dovessero provvedere spontaneamente alla disattivazione degli impianti di trasmissione 2G e 3G e questa dovesse essere invece imposta dallo Stato, le concessioni dovrebbero essere adattate per indicare che determinate tecnologie non sono più ammesse.

Poiché l'attribuzione della priorità all'infrastruttura di rete fissa rispetto alla rete mobile nell'ambito della revisione della LTC è stata respinta dal Parlamento, è presumibile che l'attuazione dell'opzione renderà necessarie delle modifiche a livello legislativo.

La rinuncia alle misurazioni di collaudo dovrebbe essere raccomandata in un aiuto all'esecuzione.

Le autorità esecutive dovranno farsi carico di un onere decisamente maggiore rispetto a oggi, in quanto sarà necessario approvare e controllare un numero elevato di nuovi impianti e numerosi potenziamenti.

8.2.3.2 Tempistiche

Qualora dovesse rendersi necessario un processo legislativo, l'attuazione potrebbe richiedere diversi anni. L'introduzione della tecnologia 5G in Svizzera sarà rinviata a causa degli oneri legati alla ricerca di nuovi siti e alla costruzione di antenne supplementari.

I lavori necessari ai fini dell'adattamento della legislazione richiederanno circa cinque anni e si stima che per costruire 46 500 nuovi impianti per uno sviluppo completo del 5G ci vorranno più di 30 anni. Il tempo impiegato per l'ampliamento delle reti a fibra ottica non è nemmeno stato preso in considerazione.

8.3 Opzione 3: Aumento del valore limite dell'impianto a 6 V/m unitari e valutazione della media

8.3.1 Descrizione

Con diversi provvedimenti si perseguirà un aumento della potenza irradiata in vista della tecnologia 5G senza alcun sostanziale adattamento del valore limite dell'impianto:

- Il valore limite dell'impianto precauzionale sarà armonizzato dagli attuali 4, 5 o 6 V/m a 6 V/m unitari. Il valore limite d'immissione esistente rimarrà invariato.
- Per le antenne tradizionali si utilizzeranno come base di valutazione le radiazioni medie giornaliere (diversamente dall'attuale osservazione del valore massimo). Per le antenne adattative sarà sufficiente l'attuazione della nuova norma implementata con la revisione dell'ORNI nel 2019.
- Per il calcolo dell'esposizione per la parte tradizionale di un impianto si considererà la media giornaliera con l'applicazione di un fattore di riduzione fisso unitario di 2,5 per la potenza irradiata. Nell'esercizio, il rispetto della media giornaliera potrà essere garantito per mezzo di una soluzione software.
- Sarà possibile effettuare un calcolo più realistico dell'intensità di campo grazie a una migliore considerazione degli effetti di smorzamento.
- Si dovrà effettuare una stima della potenza superiore dopo una misurazione di collaudo (senza nuova autorizzazione) qualora questa presenti valori inferiori a quelli calcolati.
- Il raggio di opposizione per coloro che abitano in prossimità delle antenne sarà fissato a 1 km come perimetro fisso.
- Microcelle fino a 100 W ERP potranno funzionare anche senza attestazione del rispetto del valore limite dell'impianto, ma si dovrà tenere conto delle regolamentazioni delle distanze semplici per il rispetto del valore limite d'immissione.
- Per ogni scheda dei dati sul sito saranno riportati al massimo cinque LAUS. In base all'ORNI vigente, per ogni impianto si dovrà indicare l'intensità di campo elettrico nei tre LAUS con il maggior carico. Nella pratica, però, i LAUS riportati saranno in parte più numerosi.
- Le parcelle non edificate dovranno ora essere prese in esame soltanto in presenza di un progetto edilizio già esistente.

8.3.2 Valutazione

8.3.2.1 Costi e prestazioni

Per mezzo dei diversi provvedimenti, il potenziale potrà essere incrementato di un fattore pari a 4,4. Con questa potenza irradiata supplementare sarà possibile installare e mettere in esercizio la tecnologia 5G sulla maggior parte degli impianti esistenti. Per raggiungere le prestazioni della tecnologia 5G previste dallo standard IMT-2020 dell'ITU serviranno ancora circa 7500 siti supplementari e occorrerà potenziare tutti gli impianti esistenti. Secondo le stime del settore, le risorse finanziarie necessarie ammontano a 3,2 miliardi di franchi per gli investimenti e a 0,8 miliardi di franchi per l'esercizio su cinque anni.

L'armonizzazione del valore limite dell'impianto (da 4 o 5 V/m a 6 V/m) determinerà non soltanto un aumento delle prestazioni di un fattore pari a 1,44, ma anche una semplificazione dell'esecuzione dell'ORNI. In seguito all'introduzione di un fattore di riduzione fisso della media giornaliera per la potenza irradiata nel calcolo dell'esposizione, la potenza irradiata determinante corrisponderà a quella mediamente irradiata allo stato attuale. L'esonero delle microcelle fino a 100 W ERP dal valore limite dell'impianto favorirà e accelererà la densificazione con piccole celle della rete di telefonia mobile. La restrizione applicata ai LAUS nella scheda dei dati sul sito aiuterà a ridurre l'onere per il calcolo e le misurazioni di controllo.

8.3.2.2 Esposizione

L'aumento della potenza irradiata di un fattore pari a 4,4 si tradurrà in un incremento dell'esposizione massima ai segnali di downlink di un fattore pari a $2,1(\sqrt{4,4})$. Vi sarà anche un aumento medio dei segnali di downlink. Per esempio, il fattore di riduzione fisso della media giornaliera pari a 2,5 farà sì che anche un'antenna già ben sfruttata possa avere una potenza irradiata di 2,5 volte superiore a oggi, con un conseguente incremento dell'esposizione del 58 per cento ($\sqrt{2,5}$). La media giornaliera può quindi assestarsi nettamente al di sopra di 6 V/m. Occorrerà quindi impiegare una soluzione software volta a impedirlo.

Data la densificazione limitata della rete, l'esposizione ai segnali di uplink non subirà variazioni sostanziali rispetto a oggi,

8.3.3 Attuazione

8.3.3.1 Adattamenti necessari e competenze

Gli adattamenti necessari per l'attuazione dell'opzione ricadranno sotto la responsabilità del Consiglio federale ovvero rientreranno nell'ambito di competenza dell'UFAM. Per le procedure di autorizzazione saranno competenti i Cantoni. Sarà necessario modificare l'ORNI e le pertinenti raccomandazioni di esecuzione della Confederazione e dei Cantoni.

Le modifiche dei numerosi impianti esistenti dovranno essere sottoposte a una procedura ordinaria di autorizzazione a costruire, data la loro entità tutt'altro che irrilevante e la loro mancata rispondenza ai criteri relativi alle modifiche minori sanciti nella raccomandazione DCPA. Le autorità esecutive saranno quindi sottoposte a un onere decisamente maggiore rispetto allo stato attuale.

Anche se per l'aumento delle prestazioni dopo le misurazioni di collaudo non si dovesse più applicare alcuna procedura di autorizzazione a costruire, occorrerebbe comunque verificare il rispetto dei valori limite sulla scorta delle schede dei dati sul sito aggiornate. Tale verifica comporterà un onere equivalente a quello per un impianto di nuova costruzione e a seconda delle circostanze richiederà un nuovo sopralluogo sul posto e una nuova modellazione. Gli oneri diminuiranno per gli operatori e aumenteranno per l'autorità esecutiva. Lo stesso accadrà qualora si dovesse decidere di riportare soltanto cinque LAUS per sito, in quanto bisognerà garantire il rispetto del valore limite dell'impianto per tutti i LAUS nei dintorni dell'impianto. Data la scarsa trasparenza della procedura si prevedono numerose interrogazioni da parte della popolazione.

L'onere per singolo sito aumenterà anche per gli operatori (verifica delle schede dei dati sul sito aggiornate, misurazioni, nuove funzionalità software ecc.), ma sarà in parte compensato dalla riduzione del numero di nuovi impianti.

8.3.3.2 Tempistiche

Per la revisione dell'ORNI e la modifica degli aiuti all'esecuzione si prevede un orizzonte temporale di due o tre anni, dopodiché l'opzione potrà essere rapidamente attuata. Nell'elaborazione delle soluzioni transitorie si dovrà prestare attenzione a evitare un onere amministrativo eccessivo per autorità e gestori. I lavori necessari per la modifica dell'ORNI richiederanno circa due anni. Il tempo necessario per costruire 7500 nuovi impianti e per il potenziamento di tutti gli impianti esistenti in vista dello sviluppo completo della tecnologia 5G è stimato in 10-20 anni. Se la quota di nuove costruzioni dovesse rimanere invariata rispetto a oggi, lo sviluppo di una rete 5G efficiente e capillare potrebbe però richiedere molto più tempo.

L'opzione offre la possibilità di realizzare una tecnologia 5G di qualità limitata. Poiché la valutazione basata sulla media temporale invece che sulle condizioni massime d'esercizio equivale a un aumento del valore limite, avrà luogo un certo scostamento dal principio precauzionale che si tradurrà in un aumento dell'esposizione per coloro che abitano in prossimità delle antenne.

8.4 Opzione 4: Aumento del valore limite dell'impianto a 11,5 V/m per gestore

8.4.1 Descrizione

Il valore limite dell'impianto sarà innalzato a 11,5 V/m.

Il valore limite dell'impianto varrà ora soltanto per le antenne di un singolo gestore e non, come in passato, per l'intero impianto.

8.4.2 Valutazione

8.4.2.1 Costi e prestazioni

Le prestazioni degli impianti di trasmissione esistenti saranno aumentate di un fattore pari a 4 per ogni operatore. Sarà così possibile ampliare una prima volta i siti 5G esistenti e, al contempo, mantenere in esercizio le tecnologie 3G e 4G. Soprattutto in agglomerati e città, l'opzione consentirà di introdurre la tecnologia 5G sfruttando i siti esistenti che attualmente hanno in gran parte esaurito le loro riserve di ampliamento.

Per quanto realizzabile, gli impianti che oggi sono utilizzati soltanto da un unico operatore saranno ora a disposizione anche degli altri operatori. Ne consegue quindi il rafforzamento della concorrenza fra i tre operatori, che è uno degli obiettivi della LTC.

Presso diversi LAUS in vari siti si avranno esposizioni differenti a seconda del numero di gestori che si spartiranno gli impianti.

Circa il 22 per cento dei siti è gestito congiuntamente già oggi. Per la stima degli impianti supplementari si parte dal presupposto che nelle aree urbane, suburbane e rurali il 50 per cento degli impianti restanti possa essere utilizzato in maniera congiunta. Oltre a queste 3500 contenze saranno potenziati 3000 siti. Le risorse finanziarie sono pertanto stimate in 0,9 miliardi di franchi per gli investimenti e in 300 milioni di franchi per l'esercizio su cinque anni. Dotare gli impianti 5G di antenne adattative consentirà di sviluppare in tempi rapidi una rete 5G efficiente e capillare conformemente allo standard IMT-2020 dell'ITU.

8.4.2.2 Esposizione

L'aumento delle prestazioni comporterà in determinati luoghi un incremento dell'esposizione di un fattore pari a 4. Supponendo che le prestazioni siano ottimizzate a un valore limite dell'impianto di 11,5 V/m, in corrispondenza dei LAUS con il maggior carico si avranno intensità di campo massime comprese tra 11,5 e 16,3 V/m. La massima esposizione teorica nel LAUS con il maggior carico si attesterà attorno a 20 V/m, cosa che si verificherà soltanto se tale LAUS con il maggior carico sarà identico per tutti e tre i operatori. Si può presumere che le esposizioni effettive si collocheranno al di sotto di tali valori, in quanto è raro che tutti e tre gli impianti dei tre gestori trasmettano contemporaneamente alla massima potenza nel LAUS con il maggior carico.

L'esposizione ai segnali di downlink sarà leggermente inferiore rispetto all'opzione 5 (cfr. *Cap. 8.5.2.2*).

L'opzione favorirà inoltre lo sviluppo delle reti esistenti con macro siti. L'esposizione risultante dai terminali rimarrà così pressoché uguale, in quanto la densificazione della rete di antenne sarà solo limitata.

8.4.3 Attuazione

8.4.3.1 Adattamenti necessari e competenze

Se la definizione di impianto è conciliabile con le disposizioni della LPAmb (cosa che deve ancora essere verificata), la regolamentazione potrà avvenire nell'ambito dell'ORNI (valore limite dell'impianto e definizione di impianto, soppressione dello spazio ristretto). La responsabilità ricadrà in tal modo sul Consiglio federale.

L'onere per il coordinamento tra i gestori diminuirà leggermente in quanto vi sarà un dossier degli impianti per ogni operatore.

La banca dati RNI dell'UFCOM dovrà essere adattata in quanto strumento di controllo.

Le autorità esecutive dovranno farsi carico di un onere decisamente maggiore di quello odierno, in quanto sarà necessario approvare e controllare un numero elevato di nuovi impianti e numerosi potenziamenti.

8.4.3.2 Tempistiche

I lavori necessari per la modifica dell'ORNI richiederanno circa due anni. Il tempo necessario per il potenziamento di 3000 impianti e la coutenza di 3500 nuovi impianti in funzione dello sviluppo completo della tecnologia 5G è stimato in 0-10 anni.

L'opzione consentirà un ampliamento dei siti esistenti e inizialmente non richiederà alcun nuovo sito. Al fine di sfruttare appieno le prestazioni del 5G secondo la definizione data dall'ITU nello standard IMT-2020, 3500 impianti di telefonia mobile esistenti saranno ampliati tramite utilizzazione congiunta e gli impianti esistenti saranno adattati al 5G. Una successiva messa fuori servizio del 3G o 4G consentirà la migrazione delle relative prestazioni alla rete 5G.

8.5 Opzione 5: Aumento del valore limite dell'impianto a 20 V/m unitari

8.5.1 Descrizione

Il valore limite dell'impianto sarà innalzato a 20 V/m.

Il perimetro di opposizione sarà ampliato in modo che in caso di successive modifiche agli impianti non saranno necessarie nuove autorizzazioni a costruire dovute a un allargamento della cerchia degli aventi diritto di opposizione.

8.5.2 Valutazione

8.5.2.1 Costi e prestazioni

Con l'innalzamento del valore limite dell'impianto a 20 V/m unitari, sarà creata in tutti gli impianti di telefonia mobile esistenti una riserva di potenza sufficiente per introdurre la tecnologia 5G in maniera capillare conformemente alle disposizioni di qualità dell'ITU (IMT-2020). Potrà così essere raggiunto uno degli obiettivi della LTC e i tre operatori saranno entro poco tempo in grado di tramutare in realtà l'intenzione dichiarata di offrire la tecnologia 5G ai propri clienti con una copertura capillare (ossia all'aperto, negli edifici e in mobilità) e con una qualità elevata.

Le prestazioni dei siti di telefonia mobile esistenti e di nuova costruzione aumenteranno di un fattore pari a 16 (rispetto a un valore limite dell'impianto di 5 V/m). Gli impianti esistenti potranno così essere utilizzati per uno sviluppo capillare e in tempo utile di una rete 5G efficiente. L'acquisizione e la costruzione di nuovi siti saranno limitate a un minimo, per esempio al fine di sostituire siti in dismissione o di colmare lacune già oggi esistenti a livello di copertura.

Per la stima dei costi si ipotizzerà che tutti i siti siano dotati del 5G e di antenne adattative e che sia inoltre impiegata una piccola cella (densificazione con circa 2000 piccole celle) in circa la metà delle aree «hotspot» (attuali microcelle). Secondo le stime del settore, le risorse finanziarie corrispondenti ammontano a 1,0 miliardi di franchi per gli investimenti e a 300 milioni di franchi per l'esercizio su cinque anni.

8.5.2.2 Esposizione

Nella peggiore delle ipotesi, l'esposizione massima ai segnali di downlink (come intensità di campo) nei LAUS con il maggior carico aumenterà di un fattore pari a 4-5. In seguito all'utilizzo di tecnologia moderna, la differenza tra l'intensità di campo massima calcolata e l'intensità di campo media misurata in corrispondenza di un LAUS dovrebbe essere maggiore rispetto a quella odierna.

Date le poche probabilità di densificazione della rete, la potenza dei telefoni cellulari non diminuirà.

8.5.3 Attuazione

8.5.3.1 Adattamenti necessari e competenze

Se l'innalzamento del valore limite è conciliabile con il principio di precauzione della LPAmb (aspetto ancora da verificare sotto il profilo giuridico), può essere attuato nell'ambito dell'ORNI e rientra quindi nell'ambito di competenza del Consiglio federale.

Poiché saranno modificati soltanto i valori limite dell'impianto, l'onere iniziale per le autorità sarà piuttosto contenuto. Una revisione dell'ORNI potrebbe entrare in vigore nel corso del 2021. In seguito sarà possibile una rapida attuazione, in quanto l'esecuzione dell'ORNI e tutte le procedure consolidate non subiranno variazioni.

L'onere per le autorizzazioni e i controlli a carico delle autorità esecutive aumenterà sensibilmente, in quanto si presume che tutti gli impianti esistenti e di nuova costruzione dovranno essere equipaggiati per la nuova tecnologia in tempi rapidi. Di conseguenza, una procedura di autorizzazione a costruire dovrà essere effettuata per ogni singolo impianto. Inoltre, a causa della crescente resistenza degli abitanti potrebbe aumentare l'onere per l'elaborazione di opposizioni e ricorsi, come anche per l'attività di informazione e di consulenza.

8.5.3.2 Tempistiche

L'attuazione dell'opzione consente di affrontare la crescita del volume di dati attuale e prevista per i prossimi anni prevalentemente con gli impianti di telefonia mobile esistenti. Si può così rinunciare alla costruzione di migliaia di nuovi impianti ed evitare i conseguenti ritardi nella realizzazione della nuova tecnologia. In tal modo si creano le basi per l'ulteriore sviluppo della telefonia mobile secondo le raccomandazioni definite dall'ITU (IMT-2020) e si dà pienamente seguito alla strategia «Svizzera digitale».

I lavori necessari per la modifica dell'ORNI richiedono circa due anni. Questa opzione permetterà di contenere al minimo il numero di nuovi impianti (densificazione del 50 per cento delle microcelle) e di potenziare quasi tutti gli impianti esistenti (con un conseguente aumento delle prestazioni). Si stima quindi che tempo necessario per lo sviluppo completo della tecnologia 5G si situi fra 0 e 10 anni.

9 Possibili strategie nell'ottica degli sviluppi futuri

Le opzioni descritte nel *capitolo 8* mostrano in che modo lo sviluppo delle reti di telefonia mobile potrebbe configurarsi nei prossimi anni alla luce delle condizioni quadro esistenti o in seguito alle modifiche dell'ORNI, per offrire una copertura capillare della tecnologia 5G in tempi rapidi in tutta la Svizzera. Nel frattempo, però, la telefonia mobile evolve incessantemente, il volume dei dati trasferiti continuerà a crescere e anche i progressi tecnologici procederanno senza sosta. Gli istituti di ricerca si chiedono già oggi come potrebbe presentarsi la tecnologia di telefonia mobile di sesta generazione. Le prime pubblicazioni affrontano comunque l'argomento in termini molto generici, limitandosi a delineare le possibilità offerte dagli elementi tecnologici ancora da sviluppare.

Nell'ottica dello sviluppo futuro si pone quindi la domanda di quanto tempo ci vorrà prima che si renda necessario un nuovo intervento dopo l'attuazione dei provvedimenti contenuti nelle opzioni. Stando al *capitolo 4.1*, anche in futuro ci si dovrà attendere un raddoppiamento della quantità di dati trasferiti in mobilità ogni 12-18 mesi. È dunque prevedibile che i guadagni in termini di capacità ottenuti attraverso la costruzione di macrocelle o dall'eventuale innalzamento dei valori limite dell'impianto andranno esauriti nel giro di pochi anni.

Per evitare che gli operatori e anche il regolatore si ritrovino tra qualche anno nella stessa situazione di oggi, l'Unione delle città svizzere (UCS) e Medici per l'ambiente (MpA) hanno sottoposto al gruppo di lavoro proposte mirate allo sviluppo a medio termine della telefonia mobile. Ciò non significa che si debba assumere un atteggiamento attendista rispetto all'attuazione di queste possibilità; piuttosto, è indispensabile gettare quanto prima le basi necessarie. Gli indirizzi strategici principali sono la promozione delle piccole celle e la separazione della copertura interna ed esterna sulla base di una sufficiente disponibilità di reti a fibra ottica.

Allo stato attuale è difficile stimare se e in che modo queste strutture di rete siano conciliabili con lo sviluppo internazionale degli standard di telefonia mobile.

9.1 Promozione delle piccole celle nelle reti ibride grazie a una più stretta collaborazione tra città/Comuni e operatori di telefonia mobile

9.1.1 Descrizione

Nelle aree con un elevato traffico di dati è in atto già oggi una densificazione delle reti attraverso l'installazione di antenne supplementari in nuovi siti, al fine di creare maggiori capacità. Nei *capitoli 5.7* e *5.8* è stato illustrato come tale processo consentirà di ridurre anche l'esposizione complessiva degli utenti. La ragione principale del piano proposto dall'UCS è che esso consentirebbe di sostenere questo sviluppo senza dover modificare le disposizioni esistenti dell'ORNI e degli strumenti di esecuzione.

L'ulteriore ampliamento delle reti di telefonia mobile e l'introduzione della tecnologia 5G dovranno essere portati avanti sulla base di una più stretta collaborazione tra le autorità comunali e gli operatori di telefonia mobile, da concepire sotto forma di Public-Private-Partnership (PPP). Un modo di procedere comune dovrà creare i presupposti per lo sviluppo della tecnologia 5G, allontanandosi dal concetto di rete ibrida oggi in uso per promuovere invece le piccole celle come colonna portante della fornitura di servizi di telefonia mobile. Inoltre, la copertura all'interno degli edifici per le applicazioni a banda larga semifisse (video streaming, applicazioni industriali, Internet delle cose ecc.) dovrà essere garantita da impianti di telefonia mobile interna a bassa potenza, che possono essere per esempio spenti durante la notte. In conclusione, il piano di telefonia mobile dovrà assicurare ai Comuni, all'economia e ai consumatori servizi adeguati alla domanda dal punto di vista qualitativo e quantitativo, garantendo nel contempo il rispetto dei valori limite attuali.

In tale contesto si potrà sviluppare la seguente architettura e topologia di rete studiata su misura per le esigenze urbane:

- Le macrocelle esistenti saranno impiegate principalmente per il servizio universale, in particolare per i servizi di sicurezza, i terminali in rapido movimento e come soluzione di ripiego in caso di perturbazioni. Ove richiesto ai fini

della qualità del servizio e qualora una fornitura del servizio tramite piccole celle non sia possibile per ragioni tecniche o risulti sproporzionata da un punto di vista economico, dovrà essere contemplata la possibilità di realizzare nuovi macro impianti nel quadro del piano previsto.

- Le piccole celle saranno integrate come elemento portante del piano di telefonia mobile sia in presenza di un sovraccarico delle macrocelle o di copertura insufficiente per altri motivi, sia negli spazi pubblici in cui vengono generate elevate quantità di dati.
- Sarà posto maggiormente l'accento sulla separazione della copertura interna ed esterna. Quest'ultima comporta minori potenze irradiate e può essere disattivata a titolo precauzionale al fine di ridurre l'esposizione personale.
- L'utilizzazione congiunta delle piccole celle da parte di tutti gli operatori sarà perseguita in particolare per le piccole celle a maglie fini, per ragioni di costo e di parità di trattamento di tutti gli operatori nell'ambito di una soluzione PPP.

Questa opzione offrirà uno strumento di pianificazione e di attuazione alle città e ai Comuni disposti a sviluppare un piano di telefonia mobile e a sostenerne lo sviluppo insieme al settore nell'ottica di una PPP.

9.1.2 Valutazione

In teoria, le reti ibride che pongono l'accento sulle piccole celle possono essere facilmente potenziate. Questo perché, quando una piccola cella raggiunge il suo limite di potenza, viene ulteriormente suddivisa. Poiché il valore limite dell'impianto resterà invariato, per rispettarlo si dovrà però ampliare il numero di siti con piccole celle.

Nel contesto internazionale, la nuova tecnologia sarà realizzata sull'infrastruttura 4G esistente. In Svizzera, tale infrastruttura è già ampiamente sfruttata soprattutto nelle aree urbane e suburbane. Con una rete fatta soltanto di piccole celle senza un ulteriore ampliamento dei macrositi non si potranno escludere occasionali cali qualitativi nel servizio (universale), con la conseguenza che i requisiti dello standard 5G ITU-2020 dell'IMT non potranno essere soddisfatti ovunque. Non è dunque da escludere che per questo concetto di telefonia mobile saranno necessarie macrocelle supplementari per le quali sarà richiesto il contributo delle autorità comunali nell'ambito della PPP (edifici propri).

La copertura degli spazi interni sotto la regia degli abitanti avrà probabilmente l'effetto che il relativo servizio nelle aree residenziali non corrisponderà appieno ai requisiti del 5G secondo le finalità dello standard IMT-2020 dell'ITU. A risentirne potrebbero essere anche le future applicazioni IoT e altri servizi speciali. In conclusione, sarà la politica a dover chiarire in quale misura questi servizi all'interno degli edifici dovranno essere offerti dagli operatori e tramite impianti all'aperto o se non si debba invece ricorrere a soluzioni più consone alle esigenze.

La quantità dei siti di telefonia mobile dipenderà dal piano effettivamente scelto e dalle condizioni quadro prevalenti della rispettiva città o del rispettivo Comune. I Comuni con una rete a banda larga già sviluppata, una copertura intelligente dello spazio pubblico ed edifici propri saranno privilegiati in tal senso. Le microcelle, che in linea di massima beneficeranno di una procedura di autorizzazione semplificata, potranno così essere realizzate e gestite in modo semplice e conveniente, a fronte di un contributo da parte della città o del Comune (per es. collaborazione nella ricerca di un sito adatto, condizioni di locazione vantaggiose, prezzi dell'energia o accesso alla rete a fibra ottica). Nelle aree urbane si dovrà prevedibilmente realizzare un numero elevato di nuove microcelle, che gli effetti di scala tradurranno in una riduzione dei costi per il singolo impianto.

Nell'ambito di una PPP sarà possibile avviare immediatamente la pianificazione sulla base di un piano sviluppato congiuntamente. Il presupposto per una PPP è che sia la città (o il Comune) sia gli operatori perseguano l'obiettivo di un servizio 5G di buona qualità. La definizione di «servizio di buona qualità» sarà elaborata dalle città e dai Comuni in collaborazione con gli operatori e potrà discostarsi dall'esigenza di una copertura degli ambienti interni garantita dalle stazioni di base all'aperto.

Con il piano proposto dall'Unione delle città, la struttura di rete potrà essere adattata correntemente al fabbisogno nell'ottica di uno sviluppo a lungo termine.

9.1.2.1 Esposizione

Le reti di piccole celle contribuiscono a una distribuzione uniforme dell'esposizione alle radiazioni e quindi a un incremento limitato delle emissioni medie da segnali di downlink nel territorio. In seguito al forte incremento del numero di antenne aumenterebbe anche il numero di LAUS in prossimità degli impianti di telefonia mobile. Per contro, negli spazi aperti si eviteranno o quantomeno ridurranno i forti picchi di esposizione che possono manifestarsi nei dintorni di macrocelle fortemente sfruttate.

In seguito alla separazione auspicata di copertura interna ed esterna, le esposizioni massime ai segnali di downlink potrebbero aumentare leggermente, e le esposizioni ai segnali di uplink calare sensibilmente, qualora si riuscisse a garantire una copertura indoor ottimale. Inoltre, la possibilità di spegnere i propri impianti indoor permette alla popolazione potrà influire in misura maggiore sulle immissioni causate personalmente. Spegnere gli impianti potrebbe però determinare un peggioramento del servizio 5G; per esempio, i servizi di salvataggio o i produttori di elettrodomestici potrebbero ritrovarsi senza copertura mobile negli ambienti interni.

Come mostrato nel *capitolo 5.8*, una rete di telefonia mobile che riduce la perdita di propagazione per mezzo dell'impiego di celle più piccole e di una copertura supplementare degli spazi interni garantirà una minore esposizione complessiva degli utenti rispetto a una rete a grandi celle. Data la breve distanza tra un'antenna e l'altra, l'esposizione degli utenti dei terminali negli spazi aperti si ridurrà di 2-10 volte e, in presenza di una copertura supplementare degli spazi interni, addirittura di 10-600 volte. Per i non utenti, le immissioni potranno aumentare di un fattore compreso tra 1,6 (all'aperto) e 10 (negli ambienti interni con copertura). Negli ambienti interni senza copertura, l'esposizione per i non utenti non aumenterà, mentre i telefoni cellulari degli utenti trasmetteranno alla massima potenza.

9.1.3 Attuazione

Attraverso la LTC si dovrà eventualmente creare una base giuridica per obbligare alla cooperazione gli operatori di telefonia mobile, qualora non intendano partecipare spontaneamente a una PPP. In tale contesto si dovrebbe anche disciplinare la cooperazione nell'ambito del concetto di telefonia mobile proposto nonché ai fini della costruzione e dell'esercizio di una rete a piccole celle comune. Un'alternativa sarebbe una soluzione di settore volontaria, per la quale si dovrebbe comunque verificare la conformità alla LTC e alle concessioni (concorrenza a livello di infrastruttura).

Nei Cantoni sarà necessaria una modifica della legislazione edilizia, mentre nelle città e nei Comuni interessati occorrerà un mandato legislativo per l'attuazione dell'opzione nell'ottica di una PPP. Per le città e i Comuni sorgerà un onere supplementare qualora dovessero venire coinvolti attivamente nella pianificazione della rete e nella ricerca di siti per le piccole celle, come anche, probabilmente, in seguito alla più intensa attività di informazione e consulenza a carico di Comuni e città.

L'onere iniziale legato alla formulazione del piano sarà considerevole per tutte le parti coinvolte (dichiarazione d'intenti, accordo, elaborazione, attività politica). Uno sviluppo standard della rete sarebbe più difficile, in quanto i gestori gli operatori dovrebbero accordarsi di volta in volta con le città o con i Comuni. Un simile onere potrebbe tradursi in un rallentamento nello sviluppo della rete, ma in un secondo momento dovrebbe calare perché ci sarebbero oneri di acquisizione inferiori, meno procedure di autorizzazione e ricorsi e aumenterebbe la certezza della pianificazione (ma questo soltanto se le città e i Comuni daranno il loro contributo a un tale piano).

Sulla base di un piano di telefonia mobile sviluppato e sostenuto congiuntamente dai poteri pubblici e dagli operatori, lo sviluppo della rete a piccole celle potrà avvenire per gradi in funzione della domanda e la struttura di rete potrà essere adattata correntemente al fabbisogno nell'ottica di uno sviluppo a lungo termine.

9.2 Separazione di copertura interna ed esterna

9.2.1 Descrizione

Nei capitoli 5.7 e 5.8 è stato illustrato come l'esposizione generata dalla telefonia mobile possa essere ridotta al minimo se i segnali trasmessi attraverso reti a fibra ottica sono più vicini al cliente finale e la parte restante del percorso aereo è breve e priva di ostacoli. Il piano proposto da Medici per l'ambiente (MpA) prevede pertanto una separazione coerente della copertura interna ed esterna al fine di addirittura ridurre l'esposizione odierna della popolazione. Uno strumento normativo per promuovere un simile sviluppo potrebbe essere la riduzione del valore limite dell'impianto per la telefonia mobile a $0,6 \text{ V/m}$, con una contestuale applicazione di tale valore anche alle piccole celle (sotto i 6 W ERP) e agli impianti che trasmettono solo temporaneamente.

Secondo questo piano, le stazioni di base all'aperto non dovrebbero essere utilizzate per la copertura interna di edifici e veicoli. La copertura negli edifici dovrà essere garantita in linea di massima attraverso connessioni di rete fissa e, facoltativamente, con micro impianti di telefonia integrativi. Gli impianti di telefonia negli edifici non dovranno essere concepiti per una copertura esterna, mentre la copertura interna dovrà essere a basso livello di radiazioni. I proprietari e locatari di immobili decideranno sotto la propria responsabilità se la copertura mobile sia necessaria o auspicata nei loro locali e adotteranno eventualmente un'infrastruttura a basso livello di radiazioni con la minore potenza possibile, in modo da non produrre un carico significativo nei locali adiacenti.

9.2.2 Valutazione

La separazione proposta di copertura interna ed esterna comporterebbe una radicale trasformazione dei piani di servizio di telefonia mobile esistenti. Infatti, per tutti i trasmettitori che oggi generano un'intensità di campo vicina al valore limite in luoghi a utilizzazione sensibile (LAUS) si dovrebbe ridurre la potenza di un fattore pari a 100, alzare l'antenna e modificarne l'angolo di irradiazione. La qualità di ricezione dell'attuale rete di telefonia mobile calerebbe così sensibilmente e non sarebbe possibile migliorare la qualità del servizio conformemente allo standard IMT-2020 dell'ITU.

9.2.3 Esposizione

Nel caso di una cella radio concepita per la copertura esterna, sarà possibile ridurre la potenza irradiata in quanto si dovranno superare distanze inferiori e un minor numero di ostacoli. L'esposizione ai segnali di downlink negli spazi aperti sarà così ridotta, come anche il carico per coloro che abitano in prossimità delle antenne.

Negli edifici l'esposizione ai segnali di downlink potrebbe essere superiore rispetto a oggi, in quanto vi saranno numerose piccole antenne collocate vicino alle persone. Tuttavia, attraverso una gestione orientata al fabbisogno (come nel caso delle stazioni di base per i telefoni cordless) e un posizionamento ottimizzato delle stazioni di base, l'esposizione ai segnali di downlink potrà essere contenuta anche negli ambienti interni.

Per quanto riguarda l'utilizzo del telefono cellulare all'aperto, l'esposizione ai segnali di uplink diminuirà in presenza di un percorso di trasmissione più breve tra telefono e stazione di base e se ci saranno meno ostacoli da superare o penetrare. Anche nella copertura interna, i segnali di uplink medi saranno inferiori rispetto a oggi e le situazioni di potenza massima dovuta a una cattiva ricezione diventeranno più rare. In un ambiente interno senza copertura sarà praticamente impossibile usare il telefono cellulare. In caso di cattivo segnale sia negli ambienti interni sia all'aperto, il cellulare trasmetterà alla massima potenza, con una conseguente maggiore esposizione degli utenti.

Il settore della telefonia mobile ritiene che un sensibile calo nella qualità di copertura si tradurrà in una diminuzione della comunicazione mobile e che in Svizzera non si potranno addirittura offrire nuovi servizi e applicazioni. Ciò avrà per conseguenza un'ulteriore riduzione dell'esposizione.

9.2.4 Attuazione

A causa di diversi effetti, in particolare sull'articolo relativo allo scopo della LTC, questa proposta non sarebbe attuabile senza modifiche a livello di legge. Inoltre si dovrebbero presumibilmente adattare gli accordi bilaterali sulla conformità dei prodotti e le barriere commerciali (requisiti supplementari per trasmettitori WiFi, impianti di telefonia mobile e veicoli) nonché le concessioni di telefonia mobile. L'attuazione richiederebbe diversi anni in quanto sarebbe probabilmente necessario coinvolgere il Parlamento.

La riduzione del valore limite dell'impianto a 0,6 V/m e l'ampliamento del suo campo di applicazione ai micro impianti nonché agli impianti che trasmettono solo temporaneamente richiederebbe una modifica dell'ORNI, che ricade sotto la competenza del Consiglio federale.

In termini esecutivi, l'onere a carico delle autorità aumenterebbe drasticamente a causa della quantità elevata di nuovi impianti esterni da controllare. Per gli impianti all'interno di edifici, per esempio negli appartamenti in affitto, rimangono inoltre varie questioni in sospeso (per es. installazioni contro la volontà dei locatari, assunzione dei costi, verifica e controllo, onere a carico delle ditte accreditate per la misurazione e accordo sugli strumenti di misurazione attuali).

10 Misure di accompagnamento

Oltre alle opzioni che comportano conseguenze dirette sulla rete e sull'esposizione della popolazione alle RNI, il gruppo di lavoro ha elaborato misure di accompagnamento che non determinano invece effetti diretti sulle reti o sull'esposizione. Tali misure possono sostanzialmente essere collegate a tutte le opzioni. La loro valutazione segue pertanto criteri diversi rispetto a quelli adottati per le opzioni. Il gruppo di lavoro ha elaborato i seguenti indirizzi strategici e le seguenti misure:

- Semplificazione e armonizzazione dell'esecuzione (*cap. 10.1*)
- Monitoraggio dell'esposizione e degli effetti sulla salute (*cap. 10.2*)
- Informazione e sensibilizzazione della popolazione (*cap. 10.3*)
- Promozione della ricerca nel campo della telefonia mobile e della salute (*cap. 10.4*)
- Servizio di consulenza in medicina ambientale sulle RNI (*cap. 10.5*)
- Piattaforma di scambio «Radiotelefonica mobile del futuro» (*cap. 10.6*)

10.1 Semplificazioni e armonizzazioni nell'esecuzione

10.1.1 Descrizione

L'esecuzione si basa attualmente su raccomandazioni sull'esecuzione, raccomandazioni sulle misurazioni e documenti elaborati alcuni anni fa. Occorre aggiornare queste basi, con l'obiettivo di semplificarle, di accelerare i processi e di ottimizzare l'armonizzazione nell'esecuzione. I mezzi utilizzati per l'esecuzione devono sfruttare le possibilità offerte dalla digitalizzazione. Occorre inoltre ridurre l'onere di lavoro richiesto agli operatori di telefonia mobile e alle autorità nelle procedure di autorizzazione, senza pertanto compromettere la qualità delle informazioni prevista nella procedura di autorizzazione e la certezza del diritto. Si devono infine eliminare le incongruenze emerse nell'esecuzione.

Un gruppo di lavoro costituito dalla DCPA nel gennaio 2019 ha valutato le possibilità di un'esecuzione efficiente e di possibili semplificazioni nell'ambito della procedura di autorizzazione. Si auspica l'introduzione di miglioramenti, in particolare in vista della riduzione degli oneri in diversi ambiti (stesura e verifica della scheda dei dati sul sito, misurazioni di collaudo, gestione delle opposizioni, controlli dell'esercizio) e in riferimento a semplificazioni tecniche:

La valutazione mostra che sarebbe opportuno attuare le misure seguenti:

- Miglioramento della riproducibilità e della comparabilità dei calcoli e delle misurazioni dell'irradiazione e calcolo/previsione del carico di radiazioni più realistici
- Digitalizzazione della documentazione e dello scambio di dati nell'ambito delle procedure di autorizzazione per le antenne di telefonia mobile (in particolare file elettronici, documentazioni fotografiche, coordinate, modelli di edifici in 3D) oltre al confronto automatizzato e all'ampliamento della banca dati RNI
- Aggiornamento e ampliamento automatizzato della banca dati RNI. La banca dati deve essere adattata affinché soddisfi meglio le esigenze delle autorità esecutive in funzione di controlli degli impianti di telefonia mobile più semplici ovvero automatizzati. Inoltre dovrebbe essere ampliata anche in funzione delle possibilità di installare la tecnologia 5G e di migliorarla in termini di potenza e di stabilità.
- Esclusione della considerazione delle parcelle vuote nel quadro del rilascio di autorizzazioni
- Aggiornamento dei criteri applicabili alle modifiche minori previsti nella raccomandazione della DCPA sulla telefonia mobile
- Riduzione del carico di lavoro per la stesura e il controllo delle schede dei dati sul sito, senza compromessi in termini di trasparenza

- Verifica della possibile riduzione del lavoro nelle misurazioni di collaudo e nei controlli dell'esercizio
- Inoltre, entro la fine del 2019, l'UFAM elaborerà un complemento all'attuale aiuto all'esecuzione per i sistemi di radiocomunicazione mobile, che indicherà in che modo le antenne adattative possono essere valutate nella concessione. METAS aggiorna la raccomandazione di misurazione della tecnologia 5G e la pubblica per fine 2019. Fino ad allora, le antenne adattative possono essere valutate e autorizzate come le precedenti antenne statiche. L'UFCOM ha rinviato di diversi anni i necessari nuovi sviluppi della banca dati RNI a causa di una ridefinizione delle priorità informatiche dell'UFCOM.

10.1.2 Costi e finanziamento

I costi delle misure non possono essere quantificati in anticipo. Devono essere considerati come un investimento nel miglioramento e nella semplificazione dell'esecuzione. I costi devono essere sostenuti in parte dalla Confederazione e in parte dai Cantoni quali autorità esecutive. I costi necessari per l'elaborazione delle soluzioni comporteranno risparmi in fase di esecuzione.

10.1.3 Vantaggi previsti

Sfruttare le possibilità che risulteranno dagli interventi di semplificazione nello scambio elettronico dei dati permetterà di ridurre l'onere di lavoro sia per gli operatori della telefonia mobile che per le autorità. I miglioramenti apportati agli strumenti di esecuzione devono generare chiarezza, contribuendo anch'essi a ridurre gli oneri e i costi. Nella misura in cui la protezione dei dati lo consente, i dati impiegati in fase di esecuzione potranno essere utilizzati a scopi informativi e non dovranno essere raccolti una seconda volta.

10.1.4 Attuazione

10.1.4.1 Competenza

L'attuazione delle misure concernenti la scheda dei dati sul sito, le misurazioni di collaudo e la gestione delle opposizioni devono avvenire secondo l'ORNI, l'aiuto all'esecuzione e la banca dati RNI (UFAM e UFCOM). Gli strumenti per l'esecuzione devono essere aggiornati dalla Confederazione. Le semplificazioni di diritto edilizio nell'esecuzione (raccomandazione della DCPA sulla telefonia mobile) competono ai Cantoni. A tal fine la DCPA ha già costituito un gruppo di lavoro.

10.1.4.2 Oneri per le autorità

La modifica delle basi e delle procedure esistenti comporterà inizialmente del lavoro, il quale dovrebbe poi diminuire, in particolare nella fase di esecuzione affidata ai Cantoni.

10.1.4.3 Tempistiche

L'aiuto all'esecuzione relativo all'ORNI dovrebbe essere pubblicato per fine 2019. Gli altri lavori relativi alle misure sopraelencate inizieranno nel corso del 2020.

In un gruppo di lavoro la DCPA sta attualmente verificando possibili semplificazioni nella fase di esecuzione.

10.1.4.4 Adattamenti giuridici

Non è ancora ben chiaro quali adattamenti dovranno essere apportati alle basi giuridiche a livello cantonale o federale in seguito alle verifiche in corso. Sostanzialmente possono essere realizzati importanti chiarimenti, semplificazioni e armonizzazioni all'interno del diritto federale vigente.

10.1.5 Conclusione

Varie misure di semplificazione e armonizzazione nell'ambito dell'esecuzione sono necessarie e in parte già attuate e possono essere realizzati all'interno del diritto federale vigente.

10.2 Monitoraggio dell'esposizione

10.2.1 Descrizione

Il postulato Gilli (09.3488) «Monitoraggio dei campi elettromagnetici»¹⁰³ ha incaricato il Consiglio federale di esaminare la necessità di un monitoraggio dell'esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti e di sottoporre una proposta contenente le misure necessarie. Nel 2011 il postulato è stato depositato dal Consiglio nazionale.

L'Ufficio federale dell'ambiente ha quindi commissionato diversi studi per chiarire la fattibilità di un monitoraggio RNI e far elaborare un piano. Da questi lavori di base è emerso che un monitoraggio RNI esteso a tutta la Svizzera, che fornisca informazioni significative sull'esposizione della popolazione, è senza dubbio impegnativo ma in linea di massima fattibile.

Nel dicembre 2015 il Consiglio federale ha adottato un piano per il monitoraggio dei campi elettromagnetici¹⁰⁴. Questo piano¹⁰⁵ prevede quattro moduli:

- Misurazioni rappresentative delle immissioni di campi a bassa frequenza (di impianti elettrici) e di radiazioni ad alta frequenza (di telefonia mobile e di altre applicazioni radiofoniche) in contesti definiti (compreso l'ambito residenziale) con strumenti portatili (esposimetri). Gli strumenti di misurazione sono disponibili e la metodologia è matura per l'esercizio operativo. Le radiazioni ad alta frequenza e i campi magnetici a bassa frequenza possono essere rilevati nello stesso passaggio. In una prima fase si dovranno definire i contesti da rilevare, che dovranno comprendere almeno i seguenti:
 - Spazio esteriore della zona d'insediamento, tenendo conto della tipologia dei Comuni definita dall'Ufficio federale dello sviluppo territoriale e facendo distinzione tra le aree residenziali in funzione della distanza dal centro e le zone industriali.
 - Spazio interno delle abitazioni, differenziato in base agli stessi criteri previsti per le aree residenziali.
 - Spazio riservato ai passeggeri nei mezzi pubblici di trasporto.
- Calcolo delle immissioni causate da impianti infrastrutturali nello spazio esterno (linee ad alta tensione, impianti di trasmissione per la telefonia mobile e per la radiocomunicazione ecc.): i calcoli delle immissioni per le radiazioni degli impianti di trasmissione per la telefonia mobile e per la radiocomunicazione possono essere eseguiti in modo piuttosto rapido perché esiste già un catasto degli impianti completo e aggiornato. È auspicabile ottenere una modellizzazione dettagliata almeno per la zona abitata e che rilevi l'andamento temporale medio delle immissioni nello spazio esteriore, in particolare sulle facciate degli edifici nei quali le persone soggiornano per periodi prolungati.
- Raggruppamento delle misurazioni stazionarie cantonali e comunali delle immissioni in una piattaforma comune: alcuni Cantoni e alcuni Comuni eseguono già misurazioni stazionarie che, sebbene non siano sufficienti per ottenere le auspiccate informazioni rappresentative sull'esposizione dell'intera popolazione, forniscono comunque preziose informazioni supplementari sulle oscillazioni delle immissioni nell'arco della giornata e della settimana e possono essere consultate per convalidare i calcoli delle immissioni.
- Casi di studio sull'esposizione degli utenti ad apparecchi che emettono radiazioni vicino al corpo: un rilevamento rappresentativo dell'esposizione degli utenti ad apparecchi che emettono radiazioni vicino al corpo non è possibile per la varietà degli apparecchi e delle condizioni di utilizzazione. Se tuttavia si vuole ottenere una visione d'insieme, è opportuno non escludere completamente la parte di esposizione dovuta a questi apparecchi. Al posto di rilevazioni e modellizzazioni rappresentative si possono eseguire casi di studio volti a determinare la radiazione

effettiva sul corpo durante determinati utilizzi tipici. L'accento deve essere posto sugli apparecchi terminali della comunicazione mobile.

Con la revisione dell'ORNI del 17 aprile 2019 è stato espressamente assegnato all'UFAM quale servizio specialistico ambientale della Confederazione l'incarico di allestire il monitoraggio delle RNI.

10.2.2 Costi e finanziamento

I costi complessivi del monitoraggio si aggirano su un milione di franchi, ripartiti sui primi tre anni; negli anni successivi si prevedono costi ricorrenti pari a circa 500 000 franchi all'anno. Questi costi sono già finanziati.

10.2.3 Vantaggi previsti

Con i dati e le informazioni che si potranno così ottenere si dovrebbe contribuire notevolmente a rendere più oggettiva la discussione. Diventerà inoltre possibile mettere in luce eventuali cambiamenti della situazione in fase di introduzione di nuove tecnologie. Disporre di dati consolidati sull'esposizione costituisce una premessa importante per la gestione dei rischi e per l'ulteriore ricerca di eventuali effetti sulla salute che potrebbero risultare.

10.2.4 Attuazione

L'attuazione di questa misura è già in corso. A seconda dell'impostazione saranno necessarie importanti procedure di gara d'appalto, che richiederanno molto tempo.

10.2.4.1 Competenza

Ai sensi dell'articolo 19b ORNI questo compito compete all'UFAM.

10.2.4.2 Oneri per le autorità

Per gli oneri finanziari si veda il *capitolo 10.2.2*.

10.2.4.3 Tempistiche

I primi risultati affidabili sono attesi non prima del 2022.

10.2.4.4 Adattamenti giuridici

Le basi giuridiche sono già presenti.

10.2.4.5 Conclusione

Il monitoraggio dell'esposizione alle radiazioni non ionizzanti e di eventuali conseguenze sulla salute è importante per rendere più oggettiva la discussione. Il compito è già stato assegnato all'UFAM, che lo sta attualmente portando avanti. Il monitoraggio è finanziato e fornirà i primi risultati a partire dal 2022.

10.3 Informazione e sensibilizzazione della popolazione

10.3.1 Descrizione

Con «informazione e sensibilizzazione» si sintetizzano diverse misure volte a una migliore informazione della popolazione, con l'obiettivo di fornire oggettivamente informazioni aggiornate e trasparenti sulle antenne di telefonia mobile e i relativi parametri d'esercizio, evitando in tal modo che le autorità esecutive e gli operatori di telefonia mobile siano chiamati a diramare informazioni caso per caso. Un aspetto delicato è garantire il segreto aziendale dei gestori della telefonia mobile: ad esso occorre prestare attenzione quando si rendono accessibili le informazioni. In particolare occorre verificare gli aspetti seguenti:

- Adattamenti alla banca dati RNI dell'UFCOM: l'obiettivo di questa misura è quello di «pulire» la banca dati RNI in modo che la carta sinottica dell'UFCOM sia più semplice e rilevante. Occorre verificare l'introduzione di un vero e proprio catasto online con i siti e i parametri di trasmissione di tutte le antenne, nel quale siano rappresentati gli impianti di telefonia mobile in funzione o in fase di procedura di autorizzazione (sempre nel rispetto della protezione dei dati dei proprietari fondiari e dei locatari dei siti degli impianti). Come modello si può utilizzare il catasto della città di Bruxelles.¹⁰⁶ Anche i risultati delle misurazioni di collaudo – eventualmente persino i parametri impostati nell'esercizio, tra cui direzione di trasmissione, potenza di trasmissione, frequenze – potrebbero essere inseriti nel catasto.
- Rappresentazione delle immissioni simulate del campo elettrico degli impianti di trasmissione in un catasto online accessibile alla popolazione (non con un grado di dettaglio tale da far ipotizzare una precisione di calcolo irrealistica).
- Aggiornamento dell'opuscolo Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città. La guida è il frutto di un'eccellente collaborazione tra Confederazione, DCPA, Unione delle città svizzere e Associazione dei Comuni Svizzeri. La guida finora disponibile ha dato un notevole contributo alla comprensione dell'argomento ed è stata pertanto di notevole supporto per i Comuni, anche nella comunicazione verso terzi.
- Sviluppo di misure di informazione e sensibilizzazione specifiche per gruppi target, per esempio una campagna informativa della Confederazione sul tema «Gestione responsabile della telefonia mobile». Lo stesso argomento dovrebbe essere anche portato nelle scuole. Questa campagna dovrebbe comprendere anche i temi delle «Competenze medial» e «Sicurezza dei dati».
- Opuscolo

10.3.2 Costi e finanziamento

Una stima dei costi della banca dati RNI dell'UFCOM o di un nuovo catasto online non è ancora disponibile. Trattandosi almeno in parte di lavori a una banca dati, si prevedono costi ingenti. Il finanziamento sarebbe in primo luogo di competenza federale.

L'aggiornamento dell'opuscolo Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città dovrebbe essere cofinanziato da tutti i promotori precedenti. Per la Confederazione i costi sarebbero pertanto sostenibili.

I costi per le misure di informazione e sensibilizzazione mirate a gruppi specifici di destinatari o per una campagna informativa dovrebbero ancora essere stimati. A seconda dell'impostazione (penetrazione della popolazione, durata), per esperienza i costi sono relativamente alti.

10.3.3 Vantaggi previsti

Un'informazione trasparente ed esauriente sugli impianti di telefonia mobile migliorerebbe l'accettazione degli impianti (e la credibilità delle autorità) nella popolazione. Autorità e gestori sarebbero inoltre sgravati dal compito di dover rac-

cogliere documenti per rispondere alle domande. Il vantaggio della trasparenza completa dipende tuttavia dalla possibilità di mostrare all'opinione pubblica, in modo comprensibile, quali informazioni si possono ricavare dai dati mostrati (come ad es. le connessioni tra distanza, potenza di trasmissione e immissioni).

Lo scambio di dati tra un catasto online e la procedura di autorizzazione cantonale semplificherebbe la diffusione delle informazioni e la sensibilizzazione, dal momento che tutti i dati sono già disponibili in formato elettronico. Bisogna inoltre tenere presente che i concorrenti (gestori di telefonia mobile) potrebbero utilizzare il catasto per ottenere informazioni sulla pianificazione della rete, sulla qualità della copertura o delle strategie.

Con l'aggiornamento dell'opuscolo Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città, i Comuni avrebbero a disposizione gli strumenti utili per gestire le richieste in modo rapido.

Misure di informazione e sensibilizzazione in materia di telefonia mobile contribuiscono a colmare lacune nelle conoscenze, consentono di prendere decisioni basate su fatti concreti e permettono alla popolazione di comportarsi assumendosi le proprie responsabilità.

10.3.4 Attuazione

Occorre verificare la fattibilità di un catasto online così come la possibilità di mettere a disposizione le informazioni (ad es. nell'ambito di una campagna informativa).

La DCPA ha già sollecitato l'aggiornamento dell'opuscolo Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città. Sempre che si trovi il finanziamento, non si potrà mettere mano al progetto prima del 2020, una volta terminati i lavori del gruppo di lavoro Radiotelefonica mobile e radiazioni ed eventuali attività successive.

10.3.4.1 Competenza

L'aggiornamento della banca dati RNI dell'UFCOM, l'allestimento di un catasto online o il finanziamento di una campagna informativa competono sostanzialmente alla Confederazione, eventualmente con la partecipazione dei Cantoni. L'opuscolo Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città viene aggiornata congiuntamente da Comuni, Cantoni e Confederazione sotto l'egida della DCPA.

10.3.4.2 Oneri per le autorità

Al momento non è possibile stimare le risorse di tempo e denaro necessarie per l'aggiornamento della banca dati RNI dell'UFCOM, l'allestimento di un catasto online o il finanziamento di una campagna informativa.

L'aggiornamento dell'opuscolo Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città potrà essere realizzato con un impegno relativamente ridotto

10.3.4.3 Tempistiche

Per l'aggiornamento della banca dati RNI dell'UFCOM o per l'allestimento di un catasto online occorre calcolare diversi anni di tempo. In particolare i progetti dovrebbero essere gestiti secondo il diritto in materia di acquisti pubblici. Una campagna informativa potrebbe essere preparata nell'arco di un anno. L'attuazione dipende tuttavia dalla possibilità di garantirne il finanziamento in questo arco di tempo.

10.3.4.4 Adattamenti giuridici

Per lo scambio dei dati e per una campagna informativa è eventualmente necessario un adattamento del diritto, che sarebbe ancora da verificare. Per il resto le basi giuridiche per queste attività esistono già.

10.3.5 Conclusione

L'informazione è importante per rendere più oggettiva la discussione. È tuttavia fondamentale che l'informazione sia comunicata alla popolazione in modo comprensibile. Si avrebbe in tal modo un adeguato completamento delle informazioni ottenute dal monitoraggio. Una campagna informativa dovrebbe essere pianificata con attenzione se si vuole ottenere un effetto positivo e dovrebbe essere varata solo se il relativo finanziamento è garantito anche nel lungo termine. Il termine auspicato per l'aggiornamento dell'opuscolo Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città è il 2020.

10.4 Promozione della ricerca nel campo della telefonia mobile e della salute

10.4.1 Descrizione

L'attuale discussione sui possibili rischi che l'introduzione della tecnologia 5G può comportare per la salute dell'uomo verte sempre intorno alla possibilità che le radiazioni presenti nella vita di ogni giorno si ripercuotano effettivamente sulla salute della popolazione. Considerate le incertezze esistenti sul piano scientifico, il gruppo di lavoro ritiene fondamentale approfondire la ricerca. Gran parte dei dubbi presenti negli studi epidemiologici è dovuta al fatto che molti lavori non sono stati condotti come studi prospettici (ad es. studi caso-controllo sui tumori del cervello). È pertanto importante, oltre alle indagini sperimentali, eseguire anche indagini prospettiche e un monitoraggio che comprenda sia la rilevazione dell'esposizione che l'osservazione costante della salute. Il gruppo di lavoro ritiene promettenti i seguenti approcci (riportati in ordine di successione senza priorità):

- Esistono già molti studi sugli effetti biologici delle RNI ad alta frequenza (RNI-AF) nella banda inferiore ai 6 GHz, ma sono molti meno quelli relativi alle onde millimetriche. Gli studi dovrebbero pertanto chiarire se queste frequenze producono effetti biologici diversi.
- Un altro aspetto che non è ancora stato chiarito in modo definitivo è la rilevanza delle caratteristiche del segnale (ad es, la modulazione) in tutte le gamme di frequenza utilizzate dalla telefonia mobile. Questa problematica può essere esaminata in modo sistematico con attività sperimentali. Anche negli studi sull'esposizione e negli studi osservazionali si dovrebbero valutare non solo i valori medi (ad es. i valori SAR), ma anche altre metriche che caratterizzano la forma d'onda.
- Aumentando la frequenza, e riducendo quindi la lunghezza d'onda, la dosimetria deve soddisfare requisiti diversi. Una buona dosimetria è importante per l'interpretazione dei risultati. Gli interrogativi centrali riguardano i modelli anatomici e l'approccio di modellizzazione. Una mappatura il più possibile realistica della pelle con i suoi strati è indispensabile perché, per i campi elettrici indotti, i modelli di pelle con una buona definizione mostrano intensità diverse rispetto ai modelli mono- e pluristrato come quelli che vengono spesso utilizzati. Ci si chiede pertanto quale sia la modalità di modellizzazione più indicata per la simulazione dei campi nel tessuto. Al momento esistono pochi tipi di modellizzazione che godono di una convalida empirica nel settore delle onde millimetriche, motivo per cui sarebbero auspicabili studi empirici di questo tipo. Questi lavori dosimetrici consentirebbero inoltre di eseguire studi sull'efficienza metabolica della pelle e degli altri organi esposti alle RNI-AF. La pelle è un organo complesso e i possibili effetti avrebbero conseguenze potenzialmente estese sull'organismo.
- Uno studio nazionale sulla salute è utile per una rilevazione prospettica dei mutamenti che intervengono sulla salute della popolazione. Per chiarire la fattibilità di tale studio, è attualmente in corso con l'UFSP uno studio pilota nell'ambito del biomonitoraggio. Uno studio prospettico di ampio respiro potrebbe esaminare nel lungo termine una varietà di possibili esposizioni ed effetti sulla salute. Esso sarebbe particolarmente indicato a esaminare i cambiamenti dei sintomi e della qualità di vita, dal momento che la rilevazione longitudinale dei biomarcatori consente una migliore comprensione del processo della malattia. Più dati vengono rilevati, più sarà possibile includere nell'analisi anche altri fattori d'influenza e interpretare le associazioni nell'ottica della causalità. In uno studio di questo tipo è pertanto importante che l'esposizione alle RNI sia rilevata in modo continuo con la massima preci-

sione possibile. Occorre incentivare la ricerca anche per creare metodi di rilevazione adeguati. Benché questi approcci prospettici siano metodologicamente più efficaci, essi richiedono molto tempo prima che si possano avere a disposizione i risultati.

- Oltre agli studi sulla popolazione, è ipotizzabile condurre anche una valutazione approfondita delle persone che attribuiscono problemi di salute alle RNI. Nell'ambito di un servizio di consulenza in medicina ambientale interdisciplinare competente per le RNI si potrebbero esaminare in modo approfondito e documentare in modo sistematico singoli casi di ipersensibilità elettromagnetica (EHS). Si avrebbe in tal modo la possibilità di scoprire e descrivere fenomeni che, negli studi sulla popolazione, passano in secondo piano rispetto agli aspetti statistici e che potrebbero invece fornire nuove ipotesi per la ricerca. Oltre alle possibili conoscenze che verrebbero acquisite, un servizio di consulenza come questo offrirebbe un'importante aiuto alle persone interessate. In questo contesto si potrebbero anche sperimentare nuovi metodi di trattamento.
- Poiché praticamente l'intera popolazione utilizza un telefono cellulare, è probabile che un eventuale rischio di tumore si ripercuota, con un certo tempo di latenza, in un aumento di nuovi casi. Si propone pertanto di eseguire un monitoraggio dei tumori del cervello (ad es. gliomi, meningiomi, tumori dell'ipofisi). La testa è la parte del corpo più esposta alle RNI e per i tumori del cervello sono pochi gli altri fattori di rischio che possono incidere sui trend temporali. Come fonte di dati per un monitoraggio dei tumori si potrebbe utilizzare il registro svizzero dei tumori (NICER). Per poter interpretare i tumori e il loro rapporto con l'utilizzo della telefonia mobile è inoltre importante rilevare anche dati statistici relativi all'uso medio del cellulare ed eventualmente del telefono senza fili, la potenza media di trasmissione dei terminali e i cambiamenti nel comportamento di utilizzo nella popolazione, integrandoli nel caso ideale con i dati caratteristici relativi alla potenza media di trasmissione e alle esposizioni ambientali.
- Il futuro bisogno di ricerca potrebbe emergere anche in riferimento alle radiazioni ottiche emesse dagli schermi delle odierne e future apparecchiature terminali, ovvero agli effetti sulla salute degli occhi in generale, su quella della retina in particolare e sui ritmi circadiani degli utenti.
- Con i progetti di ricerca si può reagire con flessibilità e rapidità alle nuove conoscenze, in modo da evitare raccomandazioni dettagliate su ulteriori problematiche. La ricerca relativa alle RNI può essere coordinata e gestita nell'ambito di un programma di ricerca come già avvenuto in passato (PNR 57) e come avviene attualmente in Germania e in Francia, oppure tramite incarichi di ricerca mirati specifici. Vale la pena verificare le possibili sinergie, ad esempio con la *Forschungstiftung Mobilkommunikation und Strom* (Fondazione di ricerca sulla comunicazione mobile e la corrente) domiciliata presso il PFZ, con un centro di competenza in epidemiologia ambientale come lo *Swiss Tropical and Public Health-Institute (Swiss TPH)* o con istituti universitari di medicina di base, dove è disponibile avvalersi di un'organizzazione già costituita e della sua rete.
- È raccomandato uno studio approfondito della possibile sensibilità delle cellule di Schwann a forti RNI-AF. In singoli studi epidemiologici e anche in pochi studi sugli animali emerge un rischio elevato di casi di glioma e schwannoma. Uno degli studi su animali mostra anche un rischio elevato di feocromocitoma, un tumore delle cellule cromaffini del midollo surrenale. Si sa che le cellule di Schwann, le cellule gliali e le cellule cromaffini del midollo surrenale derivano dalla stessa cellula progenitrice. Sorge pertanto la domanda se questi tipi di cellula reagiscano in modo specifico alle RNI-AF. Ci si chiede altresì se eventualmente altri tipi di cellule con origine analoga e medesime proprietà, come ad esempio i melanociti, possano reagire in modo sensibile alle RNI-AF. I melanociti, che possono degenerare in melanoma, derivano anch'essi dalla stessa cellula progenitrice e potrebbero essere rilevanti nell'ottica dell'esposizione alle alte frequenze.

10.4.2 Costi e finanziamento

I costi per un progetto di ricerca accettabile si aggirano su centinaia di migliaia di franchi. Pertanto l'incentivazione della ricerca potrà avere effetti significativi solo se si prevedono risorse ingenti.

Secondo l'articolo 39a LTC una parte dei proventi delle tasse di concessione può essere assegnata alla ricerca inerente le radiazioni non ionizzanti. La promozione della ricerca deve essere intensificata.

10.4.3 Vantaggi previsti

La promozione della ricerca produce diversi effetti positivi: colma lacune conoscitive scientifiche in un campo politicamente sensibile, funge da sistema di preallarme per i rischi alla salute, in quanto misura collaterale e preventiva ampiamente accettata è di sostegno sia al potenziamento della rete che alla comunicazione della Confederazione e dei Cantoni e assicura le competenze di ricerca svizzere in un settore tecnologico in rapida evoluzione.

10.4.4 Attuazione

10.4.4.1 Competenza

Lo sviluppo del contesto per la promozione della ricerca compete alle autorità federali. Il compito dovrebbe essere assegnato con un mandato di prestazioni a un istituto operante in ambito affine alla ricerca, al quale si dovrebbe affidare l'incarico di sviluppare e coordinare la ricerca nel campo della telefonia mobile e della salute. Le autorità federali non sono la scelta ottimale per questo compito.

10.4.4.2 Oneri per le autorità

L'impegno necessario per la creazione di questo contesto richiede grandi risorse di personale. Successivamente il carico di lavoro per le autorità diminuirebbe.

10.4.4.3 Tempistiche

Si deve prevedere un arco di tempo di almeno un anno prima di poter garantire un quadro finanziario e legale idoneo.

10.4.4.4 Adattamenti giuridici

L'articolo 39a costituisce una base giuridica per la promozione della ricerca nel campo della salute e della telefonia mobile. Resta ancora da verificare in che misura questa disposizione sia da concretizzare in un'ordinanza.

10.4.5 Conclusione

Per contrastare le lacune conoscitive esistenti nel settore della telefonia mobile e delle radiazioni, oltre al monitoraggio delle RNI e della salute la Confederazione deve prendere parte nel lungo termine all'indagine scientifica sui possibili rischi delle radiazioni. La nuova LTC ha creato le basi giuridiche per il finanziamento.

10.5 Servizio di consulenza in medicina ambientale sulle RNI

10.5.1 Descrizione

Questa misura corrisponde a un ulteriore sviluppo del servizio di consulenza in medicina ambientale dell'associazione Medici per l'ambiente. Si vuole creare un'offerta permanente, con un servizio interdisciplinare preposto alla rilevazione sistematica di singoli casi che dovrà eseguire sia analisi di medicina ambientale che indagini riferite all'ambiente per le persone che attribuiscono disturbi personali o dei propri animali alle immissioni degli impianti di radiotrasmissione (e ad altre fonti di RNI). In seguito, l'attività del servizio di consulenza dovrà essere esteso anche ad altre ripercussioni ambientali.

Il medico di famiglia deve effettuare i primi chiarimenti e, in seguito a sue indicazioni, il servizio specializzato eseguirà in ogni direzione ulteriori accertamenti in medicina ambientale approfonditi (ad es. richiesta di analisi mediche specialistiche, test di provocazione, indagini a casa o sul posto di lavoro). L'offerta dovrà comprendere in particolare anche una discussione interdisciplinare dei casi.

Il servizio specializzato dovrà avere sede in un istituto idoneo, per esempio un ospedale universitario, e riferire regolarmente all'UFAM e all'UFSP in merito alle osservazioni sui singoli casi e su possibili correlazioni sistematiche. Si potranno in tal modo ottenere informazioni utili sulla ricerca specifica e/o per la verifica di eventuali misure restrittive sulle emissioni o adattamenti dei valori limite.

L'offerta deve essere compresa nelle cure mediche di base (medico di famiglia/veterinario/servizi ambientali). Una proposta di attuazione concreta di questa misura è stata presentata nel rapporto «Machbarkeitsstudie Gesundheitsmonitoring»¹⁰⁷.

10.5.2 Costi e finanziamento

10.5.2.1 Investimenti ed esercizio

I costi per la consultazione dei pazienti sono a carico dell'assicurazione contro le malattie. Per eventuali ulteriori accertamenti si calcolano circa 2000 franchi per singolo caso, ai quali si aggiungono i costi per la rilevazione e l'interpretazione sistematiche delle osservazioni e per i rapporti. Sulla base delle esperienze fin qui maturate si prevedono circa 20 casi all'anno per i quali è opportuno procedere a un accertamento approfondito. L'entità di questi costi dipende dalla struttura e dal funzionamento concreti del servizio di consulenza e non può, al momento, essere specificata.

10.5.2.2 Finanziamento

I costi per il servizio di consulenza medica sulle RNI dovrebbero essere finanziati dalla Confederazione, come esplicitamente previsto dall'articolo 39a LTC: il Consiglio federale può assegnare una parte dei proventi delle tasse di concessione per misure collaterali quali la ricerca o studi inerenti alle tecnologie di radiocomunicazione. A sostenere questi costi potrebbero contribuire anche coloro che causano le radiazioni.

10.5.3 Vantaggi previsti

L'attuale quadro normativo non offre alcun sostegno alle persone che, a causa delle RNI degli impianti di trasmissione, avvertono disturbi nel proprio spazio abitativo o ritengono compromessa la propria salute oppure osservano ripercussioni sulla salute dei propri animali. I Cantoni offrono misurazioni individuali del carico. Se queste soddisfano il quadro normativo, la persona interessata non potrà aspettarsi alcun sostegno ulteriore, dal momento che l'ordinanza sulle RNI regola la protezione della salute in modo definitivo. Per i soggetti interessati e il loro ambiente ciò risulta particolarmente debilitante e può generare un senso d'impotenza, di malumore, un comportamento evitante, ripercussioni economiche e la cronicizzazione dei disturbi, anche in caso di effetti nocebo¹⁰⁸.

10.5.4 Attuazione

Per la realizzazione di un servizio di consulenza medica sulle RNI è necessaria la collaborazione fra la Confederazione e un istituto idoneo, per esempio un ospedale universitario. Con questo istituto dovrà essere formulato un mandato di prestazioni, che garantisca la fornitura dell'offerta e una rendicontazione su più anni.

10.5.4.1 Competenza

La descrizione della prestazione, la selezione e il finanziamento di un servizio di consulenza medica sulle RNI sono compiti di responsabilità dell'UFAM. Per allestire tale offerta occorre verificare la possibilità di collaborazione con l'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP).

10.5.4.2 Oneri per le autorità

L'entità dei costi non può essere specificata. La Confederazione può mettere a disposizione le risorse necessarie nell'ambito del budget attuale. Il dispendio della Confederazione in termini di personale dovrebbe essere elevato fino al termine del mandato di prestazioni, dopodiché diminuirà. Potrà essere coperto con le risorse esistenti.

10.5.4.3 Tempistiche

La creazione di un servizio di consulenza in medicina ambientale sulle RNI dovrebbe richiedere da uno a due anni di tempo.

10.5.4.4 Adattamenti giuridici

Le basi giuridiche per la creazione di un servizio di consulenza in medicina ambientale sulle RNI esistono.

10.5.5 Conclusione

Questa misura si riallaccia a un'offerta esistente da alcuni anni e all'esperienza nel frattempo maturata. L'offerta deve avere una base più ampia e i risultati devono essere analizzati in modo sistematico. Le persone che, a causa delle RNI degli impianti di trasmissione, avvertono disturbi nel proprio spazio abitativo o sentono compromessa la propria salute, avrebbero in tal modo a disposizione un servizio che oltre alle cure mediche di base offre loro anche sostegno. Nel complesso un servizio di consulenza in medicina ambientale sulle RNI contribuirà a rendere più oggettiva la discussione pubblica fornendo preziose informazioni per progetti di ricerca concreti.

10.6 Piattaforma di scambio «Radiotelefonica mobile del futuro»

10.6.1 Descrizione

Viene introdotta una piattaforma di scambio con le autorità federali, cantonali e comunali, l'industria delle telecomunicazioni, le organizzazioni mediche, le associazioni di tutela e le associazioni di utenti, con l'obiettivo di favorire un reciproco scambio e l'informazione sulle tecnologie o gli sviluppi imminenti a tutte le persone coinvolte.

10.6.2 Costi e finanziamento

I costi di una piattaforma di scambio sono contenuti. Si tratta soprattutto di costi del personale.

10.6.3 Vantaggi previsti

Lo scambio personale e diretto allo stesso tavolo favorisce la reciproca comprensione e, nel caso ideale, anche la reciproca fiducia. In vista degli sviluppi futuri sarebbe così possibile informare la popolazione in modo oggettivo e precoce in merito a rischi e opportunità.

10.6.4 **Attuazione**

10.6.4.1 **Competenza**

La responsabilità per la piattaforma di scambio è della Confederazione, in particolare dell'UFAM e dell'UFCOM.

10.6.4.2 **Oneri per le autorità**

L'onere iniziale in termini di personale può essere coperto con le risorse disponibili.

10.6.4.3 **Tempistiche**

I lavori per la piattaforma potrebbero iniziare una volta terminati quello del gruppo di lavoro.

10.6.4.4 **Adattamenti giuridici**

Le basi giuridiche per la piattaforma di scambio già esistono.

10.6.5 **Conclusione**

La creazione di una piattaforma di scambio «Radiotelefonica mobile del futuro» è una misura importante per la comprensione reciproca e potrebbe fare sua una delle funzioni del gruppo di lavoro Telefonia mobile e radiazioni.

11 Raccomandazioni

I membri del gruppo di lavoro hanno apportato le loro conoscenze e i vari interessi e, su questa base, hanno raccolto fatti e cercato soluzioni e punti in comune.

Il gruppo di lavoro ha formulato le seguenti raccomandazioni all'attenzione del DATEC:

- Le decisioni relative all'ulteriore sviluppo della radiotelefonica mobile in Svizzera devono basarsi sui fatti e sulle previsioni di cui ai capitoli da 1 a 7.
- Devono essere tenute in considerazione le proposte avanzate nel *capitolo 8* (Opzioni).
- Devono essere tenute in considerazione le proposte formulate nel *capitolo 9* (Possibili strategie nell'ottica degli sviluppi futuri).
- È opportuno attuare le misure di accompagnamento (*cap. 10*).
- Il dialogo con i portatori di interesse (stakeholder), avviato nell'ambito del gruppo di lavoro, dovrà essere proseguito tempestivamente in vista dei futuri sviluppi nel settore della radiotelefonica mobile (cfr. *cap. 10.6*).
- Il mandato conferito il 28 settembre 2018 deve essere completato e il gruppo di lavoro Radiotelefonica mobile e radiazioni deve essere sciolto.

Il gruppo di lavoro ritiene inoltre opportuno riesaminare in modo proattivo i processi a livello federale in vista della prossima concessione delle frequenze per i servizi di telecomunicazione. In questo contesto, occorre valutare tempestivamente gli effetti che le nuove frequenze possono avere, in particolare sull'esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti e sull'adempimento dei compiti dei Cantoni e dei Comuni. Al fine di sostenere le autorità competenti per il rilascio delle autorizzazioni nel loro lavoro, gli strumenti, i processi e i metodi necessari per l'autorizzazione degli impianti devono essere messi a disposizione in tempo utile.

Allegato 1: Misure valutate

Il gruppo di lavoro ha esaminato le seguenti 57 misure individuali e un pacchetto di misure e le ha raggruppate tematicamente. Le misure formano costituiscono pertanto la base per l'elaborazione delle opzioni– cfr. capitolo 8.

Tema	N.	Misura
Struttura di rete	01	Riduzione delle reti obsolete (rete unica GSM / staccare UMTS)
	02	Monopolio di rete
	03	Separazione tra uso industriale e di consumo della tecnologia 5G
	04	Rete ibrida basata su un piano di telefonia mobile sviluppato tra l'industria e città/comuni.
	05	Ampliamento della rete ottimizzato per l'immissione in collaborazione tra gestori e autorità locali (cantionali/comunali)
	06	Approvvigionamento di piccoli insediamenti, parti di insediamenti, margini di insediamenti con stazioni di base al di fuori della zona edilizia (conformità degli impianti alle zone)
	07	Separazione dell'approvvigionamento interno ed esterno.
	08	Separazione dell'approvvigionamento interno ed esterno, Infrastruttura di comunicazione a bassa radiazione in ambienti chiusi e VLI di 0,6 V/m
Soglia minima per la limitazione precauzionale delle emissioni (all. 1 n. 61 ORNI)	09	I microtrasmettitori <6 W ERP vanno sottoposti anche al VLI
	10	Modifica del limite per le microcelle (aumentare la soglia a 50 W)
	11	Piccole celle con una prestazione di ≤ 100 W ERP senza calcolo ORNI e autorizzazione semplificata
	12	Aumento della soglia minima a seconda della situazione o per le procedure di autorizzazione edilizia (distinta secondo W ERP)
Definizione di impianto (all. 1 n. 62 ORNI)	13	Nuova definizione di impianto (un impianto per gestore)
	14	Adeguare la definizione di impianto (solo stesso tetto / non considerare <6 W)
	15	Adattamento della definizione di impianto e perimetro di ricorso
Stato di esercizio determinante (all. 1 n. 63 ORNI)	16	Nuova definizione dello stato di esercizio determinante (media giornaliera)
	17	Adeguamento delle condizioni operative rilevanti per una metodologia di valore medio in esercizio e per le misurazioni.
	18	Media temporale della potenza di trasmissione come base per la valutazione.
	19	Nessuna riduzione del livello di protezione (mantenimento dello stato di funzionamento e del valore limite dell'impianto)
	24	Metodo di valutazione per le antenne adattive (stato di esercizio determinante per le antenne adattive)
Valore limite dell'impianto (all. 1 n. 64 ORNI)	20	Uniformare il valore limite dell'impianto (VLI)(base: VLI attuale)
	21	Aumento VLI a 20 V/m
	22	Aumento del valore limite dell'impianto VLI a 11,5 V/m, abbinato a una nuova definizione di impianto
	23	Abolire il valore limite dell'impianto

	19	Nessuna riduzione del livello di protezione (mantenimento dello stato di esercizio determinante e del valore dell'impianto)
	08	Separazione dell'approvvigionamento interno ed esterno, Infrastruttura di comunicazione a bassa radiazione in ambienti chiusi e VLI di 0,6 V/m
Esecuzione ORNI	25	Elaborazione di una raccomandazione di misurazione per le stazioni di base della telefonia mobile 5G.
	26	Armonizzazione dell'esecuzione dell'ORNI e delle rispettive raccomandazioni
	27	Aggiornamento dell'aiuto all'esecuzione sull'ORNI
	28	Nelle disposizioni di attuazione non sono necessarie considerazioni cumulative multiple relative al peggiore dei casi
	29	Miglioramento della riproducibilità e della comparabilità del calcolo e della misurazione mediante misurazioni del valore medio spaziale con robot di misurazione (determinazione realistica dell'esposizione)
	30	Verifica periodica dei risultati del monitoraggio ORNI e correzione dei metodi di calcolo e di misurazione
	31	Aggiornamento dell'opuscolo Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città
	32	Utilizzare modello 3D degli edifici
	33	Non considerare le parcelle vuote
	34	Consentire l'incertezza nel calcolo dell'esposizione alle radiazioni.
	35	Definire i parametri di funzionamento ammessi dopo la misurazione di collaudo.
	36	Più libertà nella disposizione delle misure
	37	Semplificazioni puntuali nella documentazione relativa al processo di autorizzazione
	38	Disaccoppiare l'esame del diritto ambientale dall'autorizzazione edilizia
	39	Definizione del perimetro di ricorso
	15	Adeguamento della definizione di perimetro dell'impianto e di perimetro di ricorso
	40	Ampliare la definizione di casi di minore importanza (per modifiche)
	41	Calcolare l'esposizione alle radiazioni in modo più preciso in luoghi a utilizzazione sensibile
	42	Nessun obbligo da parte dei residenti locali di tollerare una misurazione di collaudo.
	43	Automatizzare l'allineamento nella banca dati dell'UFCOM
	44	Ampliare la banca dati dell'UFCOM (documentare la storia e i diagrammi dell'antenna.)
45	Autorizzazione da parte di un organo centrale (p. es. presso la Confederazione)	
46	Adeguamenti della banca dati RNI dell'UFCOM	
47	Sfruttare le opportunità della digitalizzazione	
48	Catasto online	
09	I microtrasmettitori <6 W ERP vanno sottoposti anche al VLI (Nessun obbligo di autorizzazione, multe dissuasive)	

Autorizzazione e ricerca del sito	49	Semplificazione delle procedure di autorizzazione
	50	Uso condiviso di stazioni di base ed elementi dell'infrastruttura
	51	Promozione della disponibilità di beni immobili pubblici per l'espansione della radiotelefonica mobile
	52	Assoggettamento degli impianti di telefonia mobile al diritto di locazione
Misure di accompagnamento Salute e monitoraggio	53	Prezzi in funzione del volume dei servizi di telefonia mobile
	54	Finanziamento della ricerca e del fabbisogno di ricerca nel campo delle onde millimetriche
	55	Servizio medico specializzato e ORNI / Ufficio di mediazione ORNI
	56	Valutazione periodica dell'esposizione alle radiazioni elettromagnetiche ad alta frequenza (pubblicazione compresa)
	57	Pronto intervento e sicurezza
	58	Pacchetto di misure

Allegato 2: Interventi parlamentari

Il 25 febbraio 2015 il Consiglio federale ha approvato un rapporto in adempimento dei postulati Noser (12.3580; «Reti mobili di nuova generazione») e Gruppo liberale-radical (14.3149; «Meno impianti di telefonia mobile grazie al miglioramento delle condizioni quadro»):

- [Reti mobili di nuova generazione](#) (PDF, 471 kB, 24.02.2015)
- [Analisi della situazione/Quadro generale](#) (PDF, 901 kB, 24.02.2015)

Il rapporto illustra le possibili soluzioni per consentire alle reti svizzere di far fronte al previsto aumento del traffico, in particolare del traffico dati, utilizzando frequenze radio supplementari, introducendo nuove tecnologie o intensificando le reti con la costruzione di nuove antenne. I valori limite fissati nell'ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI) rendono spesso impossibile aumentare le prestazioni degli impianti esistenti. Nella preparazione del rapporto sono state prese in considerazione varie modifiche del quadro giuridico. Il rapporto è poi servito da base per le discussioni in Parlamento. Nel gennaio 2017 gli Uffici federali delle comunicazioni (UFKOM) e dell'ambiente (UFAM) hanno presentato all'attenzione della Commissione dei trasporti e delle telecomunicazioni del Consiglio degli Stati (CTT-S) anche il rapporto «Entwicklungen im Bereich Mobilfunk», che illustra i cambiamenti dalla pubblicazione del rapporto «Reti mobili di nuova generazione».

Le mozioni [16.3007](#) della Commissione dei trasporti e delle telecomunicazioni (CTT) del Consiglio nazionale «*Garantire quanto prima l'ammmodernamento delle reti di telefonia mobile*» e [18.3006](#) della CTT del Consiglio degli Stati «*Evitare il collasso delle reti di telefonia mobile e garantire il futuro della digitalizzazione del Paese*», che chiedevano un allentamento dei limiti dell'impianto ORNI in vista di una rapida introduzione della tecnologia 5G sono state respinte dal Consiglio degli Stati.

Sulla base di questa situazione iniziale, la consigliera federale Doris Leuthard ha istituito nel settembre 2018 il gruppo di lavoro Radiotelefonica mobile e radiazioni. Mentre il gruppo di lavoro era attivo, sono stati inoltrati vari interventi sulla tecnologia 5G e sugli effetti delle radiazioni non ionizzanti sull'uomo e sull'ambiente:

- [18.4147 Ip. Hardegger](#): Gruppo di lavoro Radiotelefonica mobile e radiazioni. Mandato e composizione
- [19.3089 Ip. Hardegger](#): Telefonia mobile. 5G e rischi per la salute
- [19.3113 Ip. Munz](#): Chi assume il rischio dei danni alla salute dovuti alla tecnologia 5G?
- [19.3120 Ip. Glauser](#): Radiazioni non ionizzanti. Salute e responsabilità
- [19.3169 Ip. Häberli-Koller](#): Telefonia mobile. Gruppo di lavoro del DATEC
- [19.3180 Ip. Semadeni](#): Phonegate. Informare correttamente chi usa i cellulari
- [19.3211 Ip. Borloz](#): Spazi pubblici. La creazione di zone protette dai campi elettromagnetici potrebbe favorire l'accesso alle persone ipersensibili
- [19.3321 Ip. Ammann](#): L'introduzione della tecnologia 5G per la telefonia mobile in Svizzera implica una buona informazione della popolazione da parte della Confederazione
- [19.3345 Ip. Friedl](#): Necessità di ricerca sugli effetti dei campi elettromagnetici su animali e piante
- [19.3431 Ip. Fiala](#): Vantaggi economici della tecnologia 5G e conseguenze per la salute?
- [19.3505 Ip. Töngi](#): Attribuzione delle concessioni per la telefonia mobile 5G senza documentazione di base per le autorità aggiudicatrici
- [19.3534 Ip. Borloz](#): 5G. Un gruppo di lavoro analizza l'impatto delle onde elettromagnetiche in Svizzera. L'indipendenza dei membri è importante almeno tanto quanto le loro competenze
- [19.3535 Ip. Gschwind](#): Lancio del 5G in Svizzera. Onere supplementare per i cantoni. Quale compensazione da parte della Confederazione?
- [19.3609 Ip. Hardegger](#): Competenze pianificatorie nel settore della telefonia mobile e assunzione dei rischi

-
- [19.3696 Ip. Munz](#): Obbligo di informazione dell'UFSP sulle radiazioni non ionizzanti
 - [19.3698 Ip. Munz](#): Determinazione autonoma, ricerca e monitoraggio nell'ambito delle radiazioni non ionizzanti
 - [19.4043 Po. Häberli-Koller](#): Rete di radiocomunicazione mobile sostenibile
 - [19.4073 Mo. Graf-Litscher](#): Promozione della ricerca nell'ambito della telefonia mobile e delle radiazioni
 - [19.1025 Interrogazione Reimann](#): Calo della biodiversità a livello mondiale. Perché tra le cause non viene menzionata la crescente esposizione alle radiazioni?
 - [19.5033 FR Estermann](#): Mobilfunkstandard 5G als «Bagatelländerung»?
 - [19.5274 FR Regazzi](#): Tecnologia 5G. Informare e spiegare per superare alcuni pregiudizi presenti nella popolazione
 - [19.5286 FR Schneider Schüttel](#): 5G-Antennen – welche Grenzwerte gelten?
 - [19.5349 FR Bigler](#): 5G – wie weiter?
 - [19.5355 FR Brunner](#): 5G: Verspätung und Kosten für die Wirtschaft?

Allegato 3: Mandati e membri dei sottogruppi e del gruppo ristretto

Sottogruppo 1: Traffico di dati e ricerca del sito

Mandato

1° ambito tematico: volume di dati

- Volume di dati, in particolare sviluppi attuali rispetto al rapporto del 2015:
 - Situazione oggi: grado di sfruttamento del valore limite dell'impianto, riserve e potenziale di reti e impianti attuali
 - Situazione domani: esigenze e necessità in vista degli sviluppi futuri, in particolare la tecnologia 5G

2° ambito tematico: struttura di rete

- Esigenze e strategie future per l'ulteriore sviluppo di strutture di rete per soddisfare la domanda e garantire il principio di precauzione.
- Definizione di 2 a 3 topologie di rete tipiche

3° ambito tematico: ricerca di siti per antenne

- Presentazione delle sfide che gli operatori di rete devono affrontare per la messa in sicurezza dei siti per le antenne
- Ruolo delle autorità in questo processo

4° ambito tematico: rapporto tra volume di dati ed esposizione

- Possibilità tecniche e operative per trasferire volumi di dati crescenti senza aumentare l'esposizione della popolazione.

Membri

- Robert Badertscher, capoprogetto Connectivity, Ferrovie federali svizzere FFS (sost. Robert Gisler, tecnico TS Telecomunicazione, responsabile del progetto Rollout GSM-R, FFS)
- Valentin Delb, capodivisione, AWEL Canton Zurigo, delegato CCA
- Markus N. Durrer, Elektro- und VDI Hygiene A Ingenieur, esperto indipendente IBH, consulente tecnico dei MpA
- Christian Grasser, direttore amministrativo, Schweizerischer Verband der Telekommunikation asut
- Philippe Horisberger, direttore supplente, Ufficio federale delle comunicazioni (presidenza)
- Pascal Krähenbühl, ing. el. dipl. SUP, caposezione, Ufficio federale delle comunicazioni
- Sven Kühn, Dr. sc. ETHZ, Project Leader, IT'IS Foundation
- Harry Künzle, ing. el. dipl. SUP, responsabile del servizio Umwelt und Energie, Stadt St. Gallen, Delegato UCS (sost. Andreas Küng)
- Hugo Lehmann, Dr. rer. nat., responsabile centro di competenza campi elettromagnetici, Swisscom (Svizzera) SA
- Guillaume Moukouri, Salt Mobile SA
- Andreas Müller, ing. el. dipl. SUP, Head of Network Environment, Swisscom (Svizzera) SA
- Manfred Portmann, AfU/SEn, Canton Friburgo, delegato CCA
- Roger Schaller, Head of Resources & Administration, Cellnex Switzerland AG
- Andreas Siegenthaler, Dr. phil. nat., collaboratore scientifico, Ufficio federale dell'ambiente

- André Trabold, ing. el. dipl. SUP, responsabile gruppo RNI, Ufficio federale delle comunicazioni
- Rolf Ziebold, MAS CCM, Senior Expert Corp. Com., Sunrise Communications AG (sost. R. Hinn)

Sottogruppo 2: Volume di dati ed esposizione

Mandato

Rapporto tra volume di dati, radiazioni ed esposizione:

- Per diverse strutture e topologie di rete si tratta di illustrare:
 - l'esposizione della popolazione alle RNI delle stazioni di base e
 - l'esposizione degli utenti causata dagli
- Monitoraggio RNI

Membri

- Joseph Al Ahmar, ing. dipl. in mecatronica, collaboratore scientifico, Ufficio federale dell'ambiente
- Peter Fritschi, ing. el. SUP/MBA, Engineer II, Swisscom (Svizzera) SA
- Jürg Fröhlich, Dr. sc. techn., Head of Business and Project Management, Fields at Work GmbH
- Roland Hinn, ing. dipl. Mag. rer. soc. oec., Senior Engineer Infrastructure Quality, Sunrise Communications SA
- Sven Kühn, Dr. sc. (ETHZ), Project Leader, IT'IS Foundation
- Niels Kuster, Prof. Dr., direttore amministrativo, IT'IS Foundation (sost. Dr. Sven Kühn)
- Hugo Lehmann, Dr. rer. nat., responsabile Centro di competenza campi elettromagnetici, Swisscom (Svizzera) SA
- Erwin Mülhauser, ing. el. SUP, esperto EMV/EMVU/NIS, Ufficio delle comunicazioni UFCOM (sost. André Trabold)
- Andreas Müller, Dipl. El.-Ing. SUP, Head of Network Environment, Swisscom (Svizzera) SA
- Alexander Reichenbach, Dipl. Umwelt-Natw. ETH, caposezione, Ufficio federale dell'ambiente (presidenza)
- Andreas Siegenthaler, Dr. phil. nat., collaboratore scientifico, Ufficio federale dell'ambiente
- Evelyn Stempfeler, Dr. phil. nat., caposezione, Ufficio federale della sanità pubblica
- Nadia Vogel, Dr. sc. nat. ETH, AWEL Canton Zurigo

Sottogruppo 3: Conseguenze per la salute

Mandato

Stato attuale della ricerca scientifica, in particolare nuove conoscenze rispetto al rapporto 2015:

- Esposizione e carico reale per la popolazione derivanti dalle stazioni di base e dai terminali
 - Attualmente
 - Se possibile previsione, in particolare per la tecnologia 5G
- Stato della ricerca sugli effetti delle radiazioni ad alta frequenza per l'uomo
 - Riassunto dello stato della scienza stabilito dal «Rapporto Noser»
 - Integrazione con gli studi pubblicati dal 2015

Membri

- Stefan Dongus, Dr. phil. nat., Environmental Exposures & Health Unit, Swiss TPH
- Gregor Dürrenberger, Dr. sc. nat., direttore amministrativo, Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation FSM

- Markus N. Durrer, Elektro- und VDI Hygiene A Ingenieur, esperto indipendente IBH, consulente tecnico dei MpA
- Jürg Fröhlich, Dr. sc. techn., Head of Business and Project Management, Fields at Work GmbH
- Yvonne Gilli, Dr. med., Federazione dei medici svizzeri FMH
- Michael Hässig, Prof. Dr. med. vet., Università di Zurigo (su incarico dei MpA)
- Hugo Lehmann, Dr. rer. nat., responsabile Centro di competenza campi elettromagnetici, Swisscom (Svizzera) SA
- Manuel Murbach, Dr. sc. ETHZ, capoprogetto, IT'IS Foundation
- Carlos Quinto, Dr. med., Federazione dei medici svizzeri FMH
- Alexander Reichenbach, Dipl. Umwelt-Natw. ETH, caposezione Ufficio federale dell'ambiente
- Martin Röösl, Prof. Dr. phil. nat., professore di epidemiologia ambientale Swiss TPH, responsabile del gruppo di esperti consultivo RNI (presidenza)
- Edith Steiner, Dr. med., Medici per l'ambiente MpA
- Evelyn Stempf, Dr. phil. nat., caposezione, Ufficio federale della sanità pubblica
- André Trabold, ing. el. dipl. HTL, responsabile gruppo RNI, Ufficio delle comunicazioni

Gruppo ristretto

Mandato

Il compito del gruppo ristretto è quello di preparare i contenuti del rapporto al DATEC per il gruppo di lavoro sulla radiotelefonica mobile e le radiazioni. Il gruppo di lavoro dovrà essere in grado di discutere queste parti preparate del rapporto nel corso delle riunioni già stabilite. Il calendario del gruppo ristretto si orienta a questo calendario. Il lavoro del gruppo ristretto comprende in particolare i seguenti compiti:

a) Elenco e valutazione di possibili misure

Raccolta ed enumerazione di tutte le misure possibili e immaginabili con cui possono essere influenzate le capacità di trasmissione dei dati 5G in Svizzera.

Il gruppo ristretto garantisce che, in particolare, siano elencate ed esaminate le misure per le quali si trovano informazioni nei rapporti dei tre sottogruppi e/o per le quali sono richieste informazioni negli interventi parlamentari.

Valutazione delle singole misure in relazione ai vari aspetti. In particolare, devono essere esaminati i costi e i tempi richiesti dagli operatori, i cambiamenti nell'esposizione della popolazione, i costi amministrativi per le autorità e gli operatori di rete e l'effetto sull'aumento della capacità di una rete mobile.

b) Opzioni derivanti dalle misure valutate

A partire dalle misure valutate, il gruppo ristretto sviluppa opzioni per affrontare le sfide della tecnologia 5G dal suo punto di vista. Le opzioni sono misure individuali o pacchetti di misure.

c) Raccomandazioni derivanti dalle opzioni

A partire dalle opzioni, il gruppo ristretto sviluppa una o più raccomandazioni per il gruppo di lavoro sulla radiotelefonica mobile e le radiazioni.

Membri

- Valentin Delb, capodivisione, AWEL Kanton Zürich, delegato CCA
- Yvonne Gilli, Dr. med., Federazione svizzera dei medici
- Christian Grasser, direttore amministrativo, Schweizerischer Verband der Telekommunikation asut
- Philippe Horisberger, direttore supplente, Ufficio federale delle comunicazioni
- Harry Künzle, ing. el. dipl. SUP, capo del servizio Umwelt und Energie, Città di San Gallo, delegato UCS

-
- Alexander Reichenbach, Dipl. Umwelt-Natw. ETH, caposezione, Ufficio federale dell'ambiente
 - Martin Röösl, Prof. Dr., professore, Swiss TPH, responsabile gruppo di esperti consultivo RNI
 - Paul Steffen, Dr. sc. nat., vicedirettore, Ufficio federale dell'ambiente (presidenza)
 - Urs Walker, avvocato, capodivisione, Ufficio federale dell'ambiente

Allegato 4: Elenco delle abbreviazioni

5G	<i>New Radio</i> (quinta generazione di telefonia mobile)
AIRC	Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro
ANSES	Agence nationale française de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARPANSA	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency
ASUT	Associazione svizzera delle telecomunicazioni
BERENIS	Gruppo consultivo di esperti in materia di radiazioni non ionizzanti
CCA	Conferenza dei capi dei servizi per la protezione dell'ambiente della Svizzera
CCPA	Conferenza svizzera dei direttori delle pubbliche costruzioni, della pianificazione del territorio e dell'ambiente
CEM	Campo elettromagnetico
Cercl'Air	Associazione degli operatori di autorità e università attivi nel settore della protezione dell'aria e delle radiazioni non ionizzanti
ComCom	Commissione federale delle comunicazioni
D2D	Comunicazione diretta tra due utenti mobili (<i>device-to-device</i>)
DAB	<i>Digital Audio Broadcasting</i> , radiodiffusione digitale
DATEC	Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni
DVB-T	<i>Digital Video Broadcasting-Terrestrial</i> , trasmissione televisiva digitale terrestre
EFHRAN	<i>European Health Risk Assessment Network on EMF</i>
ERP	<i>Effective radiated power</i> , potenza effettiva irradiata (in watt)
FSM	<i>Forschungstiftung Strom und Mobilkommunikation</i>
FTTH	<i>Fiber to the home</i> , fibra ottica fino in casa: rete di telecomunicazioni instradata tramite fibra ottica (cavo in fibra ottica) in ogni azienda, appartamento o casa unifamiliare
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> (seconda generazione di telefonia mobile, 2G)
ICNIRP	<i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection</i> , Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti
IdC	Internet delle cose (<i>Internet of Things, IoT</i>)
IMT-2020	Esigenze stabilite dall'ITU per lo standard 5G
ITU	<i>International Telecommunication Union</i> , Unione internazionale delle telecomunicazioni
LAUS	Luoghi a utilizzazione sensibile (art. 3 cpv. 3 ORNI)
LPAmb	Legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (RS 814.01)
LRNIS	Legge federale del 16 giugno 2017 sulla protezione dai pericoli delle radiazioni non ionizzanti e degli stimoli sonori (RS 814.71)
LTC	Legge del 30 aprile 1997 sulle telecomunicazioni (RS 784.10)
LTE	<i>Long Term Evolution</i> (quarta generazione di telefonia mobile, 4G)
METAS	Istituto federale di metrologia

MIMO	<i>Multiple Input Multiple Output</i> : sistema di trasmissione che consente l'uso di più antenne emittenti e riceventi per la comunicazione <i>wireless</i>
MMW	Onde millimetriche
MORAN	<i>Multi Operator Radio Access Network</i> : condivisione delle antenne tra diversi operatori
mW	Milliwatt (unità di misura della potenza)
NICER	Registro nazionale del cancro
OMS	Organizzazione mondiale della sanità
ORNI	Ordinanza del 23 dicembre 1998 sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (RS 814.710)
PFZ	Politecnico federale di Zurigo
PNAF	Piano nazionale di attribuzione delle frequenze
PNR	Programma nazionale di ricerca
PPP	Partenariato pubblico-privato: collaborazione sotto forma di partenariato tra un ente pubblico e privati
QoS	Quality of Service, qualità del servizio
RNI	Radiazioni non ionizzanti
RNI-AF	Radiazioni non ionizzanti ad alta frequenza
ROS	<i>Reactive Oxygen Species</i> , specie reattive dell'ossigeno
SAR	<i>Specific Absorption Rate</i> , tasso di assorbimento specifico
SCENIHR	Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
SSM	Swedish Radiation Safety Authority
TAB	Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
UCS	Unione delle città svizzere
UFAM	Ufficio federale dell'ambiente
UFKOM	Ufficio federale delle comunicazioni
UFSP	Ufficio federale della sanità pubblica
UFT	Ufficio federale dei trasporti
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i> (terza generazione di telefonia mobile, 3G)
VLI	Valore limite d'immissione (all. 2 ORNI)
VLImp	Valore limite dell'impianto (all. 1 ORNI)
V/m	Volt su metro: misura dell'intensità del campo elettrico
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i> , rete senza fili locale

Allegato 5: Fonti bibliografiche

¹ Hug K., Achermann P., Dürrenberger G. et al. (2014): Beurteilung der Evidenz für biologische Effekte schwacher Hochfrequenzstrahlung, Berna, rapporto commissionato dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM):

https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/elektrosmog/externe-studien-berichte/beurteilung_der_evidenz_fuer_biologische_effekteschwacher_hochfrequenzstrahlung.pdf

² Reti mobili di nuova generazione – Rapporto del 25 febbraio 2015 del Consiglio federale in adempimento dei postulati Noser (12.3580) e Gruppo liberale-radicalo (14.3149):

<https://www.bakom.admin.ch/bakom/it/pagina-iniziale/l-ufcom/organizzazione/basi-legali/affari-del-consiglio-federale/reti-mobili-di-nuova-generazione.html>

³ <https://www.digitaldialog.swiss/it>

⁴ <https://www.admin.ch/gov/it/pagina-iniziale/documentazione/comunicati-stampa/msg-id-61417.html>

⁵ <https://www.bakom.admin.ch/bakom/it/pagina-iniziale/digitale-e-internet/strategia-svizzera-digitale.html>

⁶ [Rapport 2012-2015 sur la mise en œuvre de la stratégie du Conseil fédéral pour une société de l'information en Suisse \(mars 2012\).](https://www.bakom.admin.ch/bakom/it/pagina-iniziale/digitale-e-internet/strategia-svizzera-digitale.html)

⁷ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/elettrosmog/dossiers/reti-5g.html>

⁸ Legge sulle telecomunicazioni del 30.04.1997 (LTC), RS [784.10](#)

⁹ <https://www.admin.ch/opc/it/federal-gazette/2017/5599.pdf>

¹⁰ <https://www.parlament.ch/it/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20170058>

¹¹ Strategia «Svizzera digitale», settembre 2018 ([UFCOM](#))

¹² Legge sulla protezione dell'ambiente del 07.10.1983 (LPAmb), RS [814.01](#)

¹³ Ordinanza del 23 dicembre 1999 sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI), RS [814.710](#)

¹⁴ [ICNIRP Guidelines](#), 1998

¹⁵ Missling A., Riel A., Wuschek M., Reidenbach H.-D., Weiskopf D. (2016): Internationaler Vergleich der rechtlichen Regelungen im nichtionisierenden Bereich, Band 1: Ländervergleich der Regelungen für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (0 Hz - 300 GHz), Bundesamt für Strahlenschutz (Hrsg.), BfS-RESFOR-109/16-Bd 1 urn:nbn:de:0221-2016021914007:

https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2016021914007/3/BfS_2016_3614S80010_Bd1.pdf

¹⁶ Telefonia mobile: Guida per Comuni e Città, [UFAM](#) / UFCOM / ARE 2010, cap. 3.3–3.5

¹⁷ [Recommandations DTAP concernant l'autorisation d'installations de téléphonie mobile](#) du 7 mars 2013

¹⁸ <http://www.3gpp.org/release-15>

¹⁹ È impossibile considerare come un tutt'uno i requisiti per la tecnologia 5G, poiché al momento della loro applicazione un miglioramento in una direzione va sempre a discapito delle prestazioni garantite in un'altra.

²⁰ Non può essere raggiunto con le frequenze attualmente disponibili al di sotto dei 6 GHz.

²¹ <https://asut.ch/asut/de/page/publications.xhtml#studien>

²² Si distingue tra low-bands (<1 GHz) e mid-bands (1–6 GHz) da un lato, e high-bands (onde millimetriche, >24 GHz) dall'altro.

²³ <https://5gobservatory.eu>

²⁴ MIMO: Multiple Input – Multiple Output (fonte: [EMF-Portal](#)).

²⁵ Fonte: [EMF-Portal](#)

- ²⁶ Thors B., Furuskär A., Colombi D. and Törnevik C.: Time-averaged Realistic Maximum Power Levels for the Assessment of Radio Frequency Exposure for 5G Radio Base Stations using Massive MIMO, <http://ieeexplore.ieee.org/document/8039290>; Baracca P., Weber A., Wild T. and Grangeat C.: A Statistical Approach for RF Exposure 2898 Compliance Boundary Assessment in Massive MIMO Systems, WSA 2018, 2899 <https://arxiv.org/abs/1801.08351>
- ²⁷ Cfr. Table 15, Case studies supporting IEC 62232 – Determination of RF field strength and SAR in the vicinity of radio-communication base stations for the purpose of evaluating human exposure, IEC TR 62669 ED2 2018.
- ²⁸ Ufficio federale delle comunicazioni UFCOM, Servizi sulle reti di radiocomunicazione mobile ([4 febbraio 2019](#)).
- ²⁹ Ericsson Mobility Report, [November 2018](#)
- ³⁰ In merito cfr. anche: <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2016/06/GSMA-5G-Spectrum-PPP.pdf> o <http://www.microwavejournal.com/articles/29428-telecoms-industry-obsesses-with-mmwave-but-35-ghz-will-be-the-killer-5g-band>
- ³¹ L'assegnazione delle parti dello spettro di frequenze FRMCS è attualmente in fase di armonizzazione a livello europeo.
- ³² <https://map.geo.admin.ch> e <http://www.geostat.admin.ch>; Rilevamenti abitanti: STATPOP2017G.csv; Rilevamenti stabilimenti: STATENT2016_No8_V180828G.csv; Rilevamenti edifici: GWS2017G.csv
- ³³ È stato scelto il valore di 80 MHz, perché nell'aggiudicazione uno dei tre operatori ha acquistato soltanto 80 MHz.
- ³⁴ Wan L., Guo Z., Wu Y., Bi W., Yuan J., Elkashlan M., and Hanzo L.: 4G/5G Spectrum Sharing Efficient 5G Deployment to Serve Enhanced Mobile Broadband and Internet of Things Applications; IEEE vehicular technology magazine, dicembre 2018.
- ³⁵ Schumacher A., Merz R. e Burg A.: 3.5 GHz Coverage Assessment with a 5G Testbed, accepted for publication in VTC 2019-Spring in Kuala Lumpur, Malaysia.
- ³⁶ «[Konzept für ein nationales Monitoring elektromagnetischer Felder](#)», rapporto del Consiglio federale in adempimento del postulato Gilli 09.3488 «Elektromagnetische Felder. Monitoring» del 18 dicembre 2015.
- ³⁷ Dal capitolo 2.3, «[Konzept für ein nationales Monitoring elektromagnetischer Felder](#)», rapporto del Consiglio federale in adempimento del postulato Gilli 09.3488 «Elektromagnetische Felder. Monitoring» del 18 dicembre 2015.
- ³⁸ Rössli M., Struchen B., Eeftens M. et al. (2016): Persönliche Messungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern bei einer Bevölkerungsstichprobe im Kanton Zürich 2016. http://www.awel.zh.ch/content/dam/audirektion/awel/luft_asbest_elektrosmog/elektrosmog/dokumente/PersMeas_AWEL_2016.pdf; Rössli M., Lagorio S., Schoemaker M.J. et al. (2019): Brain and salivary gland tumours and mobile phone use: evaluating the evidence from various epidemiological study designs. *Annual Review of Public Health* 40: in press.
- ³⁹ Gajsek P., Ravazzani P., Wiart J. et al. (2015): Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz–6 GHz). *J Expo Sci Environ Epidemiol* 25(1): 37–44; Roser K., Schoeni A., Foerster M. et al. (2018): Wie wirkt die Nutzung und die Strahlung von Mobiltelefonen auf Jugendliche? *Primary and Hospital Care – Allgemeine Innere Medizin* 18(21): 386–388; Betzalel N., Ben Ishai P., Feldmann Y. (2018): The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not? *Environmental Research* 163: 208–216; Eeftens M., Struchen B., Birks L.E. et al. (2018): Personal exposure to radio-frequency electromagnetic fields in Europe: Is there a generation gap? *Environ Int* 121(Pt 1): 216–226; Sagar S., Dongus S., Schoeni A. et al. (2018b): Radiofrequency electromagnetic field exposure in everyday micro-environments in Europe: A systematic literature review. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 28(2): 147–160; Zeleke B.M., Brzozek C., Bhatt C.R. et al. (2018): Personal Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields among Australian Adults. *Int J Environ Res Public Health* 15(10).
- ⁴⁰ Blas J., Lago F.A., Fernandez P. et al. (2007): Potential exposure assessment errors associated with body-worn RF dosimeters. *Bioelectromagnetics* 28(7): 573–576; Knafl U., Lehmann H., Riederer M. (2008): Electromagnetic field measurements using personal exposimeters. *Bioelectromagnetics* 29(2): 160–162; Neubauer G., Cecil S., Giczi W. et al. (2010): The association between exposure determined by radiofrequency personal exposimeters and human exposure: a simulation study. *Bioelectromagnetics* 31(7): 535–545; Bolte J.F., van der Zande G., Kamer J. (2011): Calibration and uncertainties in personal exposure measurements of radiofrequency electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics* 32(8): 652–663; Choi J., Hwang J.H., Lim H. et al. (2018): Assessment of radiofrequency electromagnetic field exposure from personal measurements considering the body shadowing effect in Korean children and parents. *Science of the Total Environment* 627: 1544–1551.
- ⁴¹ Urbinello D., Rössli M. (2013): Impact of one's own mobile phone in stand-by mode on personal radiofrequency electromagnetic field exposure. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 23(5): 545–548.

- ⁴² Da Rösli M., Struchen B., Eeftens M. et al. (2016): Persönliche Messungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern bei einer Bevölkerungsstichprobe im Kanton Zürich 2016. http://www.awel.zh.ch/content/dam/baudirektion/awel/luft_asbest_elektrosmog/elektrosmog/dokumente/PersMeas_AWEL_2016.pdf
- ⁴³ Rösli M., Struchen B., Eeftens M. et al. (2016): Persönliche Messungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern bei einer Bevölkerungsstichprobe im Kanton Zürich 2016. http://www.awel.zh.ch/content/dam/baudirektion/awel/luft_asbest_elektrosmog/elektrosmog/dokumente/PersMeas_AWEL_2016.pdf
- ⁴⁴ Rösli M., Struchen B., Eeftens M. et al. (2016): Persönliche Messungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern bei einer Bevölkerungsstichprobe im Kanton Zürich 2016. http://www.awel.zh.ch/content/dam/baudirektion/awel/luft_asbest_elektrosmog/elektrosmog/dokumente/PersMeas_AWEL_2016.pdf
- ⁴⁵ Rösli M., Foerster M., Roser K. et al. (2015): Stichprobenkonzept für Messungen der nicht-ionisierenden Strahlung mit Exposimetern, Bern, http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01117/index.html?lang=de#sprungmarkeo_60; Rösli et al. (2015), Sagar S., Struchen B., Finta V. et al. (2016): Use of portable exposimeters to monitor radiofrequency electromagnetic field exposure in the everyday environment. *Environ Res* 150: 289–298.
- ⁴⁶ Urbinello D., Joseph W., Huss A. et al. (2014): Radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure levels in different European outdoor urban environments in comparison with regulatory limits. *Environ Int* 68C: 49–54; Gajsek P., Ravazzani P., Wiart J. et al. (2015): Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz–6 GHz). *J Expo Sci Environ Epidemiol* 25(1): 37–44; Thielens A., Agneessens S., De Clercq H. et al. (2015): On-body calibration and measurements using a personal, distributed exposimeter for wireless fidelity. *Health Phys* 108(4): 407–418; Gonzalez-Rubio J., Najera A., Arribas E. (2016): Comprehensive personal RF-EMF exposure map and its potential use in epidemiological studies. *Environ Res* 149: 105–112; Sagar S., Dongus S., Schoeni A. et al. (2018b): Radiofrequency electromagnetic field exposure in everyday microenvironments in Europe: A systematic literature review. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 28(2): 147–160.
- ⁴⁷ Sagar S., Adem S.M., Struchen B. et al. (2018a): Comparison of radiofrequency electromagnetic field exposure levels in different everyday microenvironments in an international context. *Environ Int* 114: 297–306.
- ⁴⁸ Rösli M., Struchen B., Eeftens M. et al. (2016): Persönliche Messungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern bei einer Bevölkerungsstichprobe im Kanton Zürich 2016. http://www.awel.zh.ch/content/dam/baudirektion/awel/luft_asbest_elektrosmog/elektrosmog/dokumente/PersMeas_AWEL_2016.pdf
- ⁴⁹ Frei P., Mohler E., Neubauer G. et al. (2009): Temporal and spatial variability of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields. *Environ Res* 109(6): 779–785.
- ⁵⁰ Rösli M., Lagorio S., Schoemaker M.J. et al. (2019): Brain and salivary gland tumours and mobile phone use: evaluating the evidence from various epidemiological study designs. *Annual Review of Public Health* 40: in press.
- ⁵¹ Rösli M., Lagorio S., Schoemaker M.J. et al. (2019): Brain and salivary gland tumours and mobile phone use: evaluating the evidence from various epidemiological study designs. *Annual Review of Public Health* 40: in press.
- ⁵² Liu D., Li C.S., Kang Y.Y., et al. (2017): Numerical analysis for infant's unintentional exposure to 3.5 GHz plane wave radiofrequency electromagnetic fields by field test of fifth generation wireless technologies. *Radio Science* 52(9): 1140–1148.
- ⁵³ Thors B., Furuskar A., Colombi D. et al. (2017): Time-Averaged Realistic Maximum Power Levels for the Assessment of Radio Frequency Exposure for 5G Radio Base Stations Using Massive MIMO. *Ieee Access* 5: 19711–19719
- ⁵⁴ Baracca P., Weber A., T. Wild T. et al. (2018): A Statistical Approach for RF Exposure 2898 Compliance Boundary Assessment in Massive MIMO Systems. *WSA* 2899.
- ⁵⁵ Oltre a radiazioni ad alta frequenza, i flussi elettrici dei dispositivi elettronici e delle batterie dei telefoni cellulari provocano campi elettrici e magnetici a bassa frequenza, che penetrano a loro volta nella testa o nella mano (cfr. scheda informativa Mobiltelefon & Smartphone, Ufficio federale della sanità pubblica UFAS). Per quanto riguarda la questione in oggetto, ossia la progettazione della struttura della rete volta a ridurre al minimo le immissioni, l'attenzione è rivolta alla quota di esposizione ad alta frequenza.
- ⁵⁶ [Scheda informativa - Telefono cellulare e smartphone](#), Ufficio federale della sanità pubblica UFSP, 2016.
- ⁵⁷ Gajsek P., Ravazzani P., Wiart J. et al. (2015): Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz–6 GHz). *J Expo Sci Environ Epidemiol* 25(1): 37–44; Vrijheid M., Mann S., Vecchia P. et al. (2009): Determinants of mobile phone output power in a multinational study: implications for exposure assessment. *Occup Environ Med* 66(10): 664–671; Persson T., Tornevik C., Larsson L.E. et al. (2012): Output power distributions of terminals in a 3G mobile communication network. *Bioelectromagnetics* 33(4): 320–325.

- ⁵⁸ Persson T., Tornevik C., Larsson L.E. et al. (2012): Output power distributions of terminals in a 3G mobile communication network. *Bioelectromagnetics* 33(4): 320–325.
- ⁵⁹ Kühn S., Kuster N. (2013): Field Evaluation of the Human Exposure From Multiband, Multisystem Mobile Phones. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 55(2): 275–287.
- ⁶⁰ Paramananda J., Colombi D., Thors B. et al. (2017): Output Power Levels of 4G User Equipment and Implications on Realistic RF EMF Exposure Assessments. *IEEE Access* 5: 4545–4550.
- ⁶¹ Popovic M., Koprivica M., Milinkovic J. et al. (2019): Experimental analysis of individual EMF exposure for GSM/UMTS/WLAN user devices. *Annals of Telecommunications* 74(1-2): 79–91.
- ⁶² Huang Y., Wiart J. (2017): Simplified Assessment Method for Population RF Exposure Induced by a 4G Network. *IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology* 1(1): 34–40.
- ⁶³ Cfr. ad esempio:
- IEC TC106 (2016): IEC 62209-1:2016: Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Part 1: Devices used next to the ear (Frequency range of 300 MHz to 6 GHz). *International Electrotechnical Commission, Tech. Rep.*
- IEC TC106 (2010): IEC 62209-1:2010: Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz). *International Electrotechnical Commission, Tech. Rep.*
- ⁶⁴ IEC (2018): Measurement Procedure for the Evaluation of Power Density Related to Human Exposure to Radio Frequency Fields From Wireless Communication Devices Operating Between 6 GHz and 100 GHz. International Electrotechnical Commission (IEC). TR63170/ED1.
- ⁶⁵ He Q., Zong L., Sun Y. et al. (2017): Adaptive response in mouse bone marrow stromal cells exposed to 900MHz radiofrequency fields: Impact of poly (ADP-ribose) polymerase (PARP). *Mutat Res* 820: 19–25.
- ⁶⁶ Neufeld E., Carrasco E., Murbach M. et al. (2018): Theoretical and numerical assessment of maximally allowable power-density averaging area for conservative electromagnetic exposure assessment above 6 GHz. *Bioelectromagnetics* 39(8): 617–630.
- ⁶⁷ Betzalel N., Ben Ishai P., Feldmann Y. (2018): The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not? *Environmental Research* 163: 208–216
- ⁶⁸ Lauer O., Frei P., Gosselin M.C. et al. (2013): Combining near- and far-field exposure for an organ-specific and whole-body RF-EMF proxy for epidemiological research: A reference case. *Bioelectromagnetics* 34(5): 366–374.
- ⁶⁹ Frei P., Mohler E., Neubauer G. et al. (2009): Temporal and spatial variability of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields. *Environ Res* 109(6): 779–785.
- ⁷⁰ Da Lauer O., Frei P., Gosselin M.C. et al. (2013): Combining near- and far-field exposure for an organ-specific and whole-body RF-EMF proxy for epidemiological research: A reference case. *Bioelectromagnetics* 34(5): 366–374.
- ⁷¹ Roser K., Schoeni A., Bürgi A. et al. (2015): Development of an RF-EMF Exposure Surrogate for Epidemiologic Research. *Int J Environ Res Public Health* 12(5): 5634–5656.
- ⁷² GERoNiMO (Generalised EMF Research using Novel Methods): <https://www.isglobal.org/en/-/geronimo-generalized-emf-research-using-novel-methods-an-integrated-approach-from-research-to-risk-assessment-and-support-to-risk-management>.
- ⁷³ [Immissionen von kleinzelligen und grosszelligen Basisstationsnetzen](#), FSM – Forschungstiftung Strom und Mobilkommunikation, maggio 2018 / aggiornamento.
- ⁷⁴ [Rapport technique sur les déploiements pilotes de petites antennes en France \(pour favoriser l'accès au très haut débit mobile\)](#), ANFR, 2018.
- ⁷⁵ Informationsblatt 5G «[Zukunft des Mobilfunks: Auswirkung auf Behörden](#)», Cercl’Air, stato: giugno 2018.
- ⁷⁶ ETSI TS 136 213 V15.6.0 (2019-07): LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures (3GPP TS 36.213 version 15.6.0 Release 15).
- ⁷⁷ Cisco Internet Business Systems Group (2012), Stuart Taylor and Andy Young, The New World of SP Wi-Fi: Cisco IBSG Research Uncovers What U.S. Consumers Want from Wi-Fi and Mobile.

⁷⁸ Cfr. al riguardo ad es. l'intervento del prof. J. Leuthold, ETH Zürich, al [Science Brunch del 6.12.2018](#).

⁷⁹ Kuehn S., Pfeifer S., Kochal B., Kuster N. (2019): Modelling of Total Exposure in 5G Networks for Varied Topologies and User Scenarios.

⁸⁰ UFAFP (1998): Nichtionisierende Strahlung – Begrenzung der Immissionen von nichtionisierender Strahlung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 302, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio.

⁸¹ Hug K., Achermann P., Dürrenberger G., et al. Beurteilung der Evidenz für biologische Effekte schwacher Hochfrequenzstrahlung, Berna, rapporto su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/elektrosmog/externe-studien-berichte/beurteilung_der_evidenzfuerbiologischeeffekteschwacherhochfrequen.pdf

⁸² Reti mobili di nuova generazione – Rapporto del Consiglio federale in adempimento dei postulati Noser (12.3580) e del Gruppo liberale radicale (14.3149), febbraio 2015: <https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/das-bakom/organisation/rechtliche-grundlagen/bundesratsgeschaefte/zukunftstaugliche-mobilfunknetze.html>

⁸³ Le Cochrane Reviews sono lavori di sintesi sistematici nei quali sono riassunti i risultati delle ricerche su questioni dell'approvvigionamento sanitario e della politica sanitaria. Cochrane è una rete globale e indipendente creata nel 1993 da ricercatori clinici, medici, rappresentanti delle professioni paramediche e pazienti.

⁸⁴ SCENIHR (2015): 3 SCENIHR (2015): Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks.

⁸⁵ Independent Expert Group on Electromagnetic Fields (Danker-Hopfe H., Dasenbrock C., Huss A., Klæboe L., Mjones L., Moberg, L, Röösli M., Scarfi, M.R., van Deventer E., van Rongen E.). Recent Research on EMF and Health Risk - Twelfth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2917 ISSN: 2000-0456. Swedish Radiation Safety Authority, 2018. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/en/publications/reports/radiation-protection/2018/201809/>

Independent Expert Group on Electromagnetic Fields (Danker-Hopfe H., Dasenbrock C., Huss A., Klæboe L., Mjones L, Moberg, L, Röösli M., Scarfi, M.R., van Deventer E., van Rongen E.) 2016. Recent Research on EMF and Health Risk - Eleventh report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, ISSN: 2000-0456. Swedish Radiation Safety Authority. <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/>

Independent Expert Group on Electromagnetic Fields (Danker-Hopfe H., Dasenbrock C., Huss A., Klæboe L., Mjones L, Moberg, L, Röösli M., Scarfi, M.R., van Deventer E., van Rongen E.) 2015. Recent Research on EMF and Health Risk - Tenth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, ISSN: 2000-0456. Swedish Radiation Safety Authority. <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/>

⁸⁶ ARPANSA (2014): 4 ARPANSA (2014): Review of Radiofrequency Health Effects Research - Scientific Literature 2000-2012. Report by the ARPANSA Radiofrequency Expert Panel. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. Technical Report 164.

⁸⁷ ANSES (2016) – 5 ANSES (2016): Exposition aux radiofréquences et santé des enfants. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. ANSES (2018): Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

⁸⁸ ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (2018): Draft – ICNIRP Guidelines: GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (100 kHz TO 300 GHz): Appendix B: Health Risk Assessment Literature, <https://www.icnirp.org/en/publications/index.html>

⁸⁹ Il rapporto non è ancora stato pubblicato.

⁹⁰ Anses (2016): Exposition aux radiofréquences et santé des enfants. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

⁹¹ Anses (2018): Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

⁹² Anses (2018): Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

⁹³ Per effetto nocebo si intende l'effetto di un'esposizione a seguito dell'aspettativa delle persone interessate, ossia il contrario dell'effetto placebo.

⁹⁴ Sudan M., Birks L.E., Aurrekoetxea J.J., et al. (2018): Maternal cell phone use during pregnancy and child cognition at age 5 years in 3 birth cohorts. *Environ Int* 120: 155-162.

⁹⁵ Commissione federale dei monumenti storici CFMS, [Documento fondamentale](#) del 22 giugno 2018.

⁹⁶ Le relative regioni possono essere visualizzate su <https://www.geo.admin.ch>.

⁹⁷ DCPA, [Mobilfunkempfehlungen, 7 marzo](#) 2013.

⁹⁸ «Stärkung des Vollzugs im Umweltbereich», Interface Politikstudien Forschung Beratung, 2013: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/recht/externe-studien-berichte/staerkung_des_vollzugsimumweltbereich.pdf

⁹⁹ <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/recht/externe-studien-berichte/erfolgsfaktoren-vollzug.pdf>

¹⁰⁰ Comunicato stampa della DCPA del 23 settembre 2019.

¹⁰¹ [Comunicato stampa del 20 settembre 2018](#).

¹⁰² ITU (2018). Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges. International Telecommunication Union: https://www.itu.int/en/ITU-D/Documents/ITU_5G_REPORT-2018.pdf

¹⁰³ <https://www.parlament.ch/it/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefft?AffairId=20093488%C3%B9>

¹⁰⁴ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/elettrosmog/comunicati.msg-id-60064.html>

¹⁰⁵ «[Konzept für ein nationales Monitoring elektromagnetischer Felder](#)», rapporto del Consiglio federale in adempimento del postulato Gilli 09.3488 «Monitoraggio dei campi elettromagnetici» del 18 dicembre 2015.

¹⁰⁶ http://geoportal.ibgebim.be/webgis/antenne_emettrice_gsm.phtml?langtype=2060).

¹⁰⁷ Dongus S., Rösli M. (2019): Machbarkeitsstudie: Monitoring von möglichen Gesundheitsauswirkungen von nichtionisierender Strahlung (Studio di fattibilità: monitoraggio dei possibili effetti delle radiazioni non ionizzanti sulla salute). Giugno 2019. Rapporto per conto dell'Ufficio federale dell'ambiente; con il supporto dei Medici per l'ambiente. Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut, Basilea.

¹⁰⁸ Dr. med. E. Steiner in [Oekoskop 3/18](#), pag. 7 e segg.

