



# *Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni*

**INDAGINE CONOSCITIVA CONCERNENTE LE PROSPETTIVE DI SVILUPPO  
DEI SISTEMI WIRELESS E MOBILI VERSO LA QUINTA GENERAZIONE (5G)  
E L'UTILIZZO DI NUOVE PORZIONI DI SPETTRO AL DI SOPRA DEI 6 GHZ  
AI SENSI DELLA DELIBERA N. 557/16/CONS**

## **MODALITA' DI PARTECIPAZIONE**

**28 marzo 2017**

# SOMMARIO

1. **Introduzione**
  
2. **Svilupi tecnologici ed implicazioni a livello di uso dello spettro in ottica 5G**
  - 2.1 Bande di frequenze candidate in ottica 5G
  - 2.2 Aspetti tecnologici concernenti l'uso dello spettro relativi allo sviluppo delle reti 5G (*small cells, network densification, backhauling, massive MIMO*)
    - 2.2.1 *Ecosistema di small cells ed aspetti correlati alla densificazione delle reti*
    - 2.2.2 *Backhauling*
    - 2.2.3 *Massive MIMO*
  - 2.3 Aspetti relativi alle modalità di assegnazione dello spettro relativi allo sviluppo delle reti 5G (*licensing, coverage, spectrum sharing*)
    - 2.3.1 *Licensing*
    - 2.3.2 *Coverage*
    - 2.3.3 *Spectrum sharing*
  
3. **Svilupi del settore IoT e impatti del 5G**
  - 3.1 Premessa
  - 3.2 Aspetti concernenti lo spettro impiegato in ambito IoT

4. **Aspetti concernenti l'evoluzione delle architetture di rete 5G e modelli di *business***

5. **Sviluppo dei principali mercati verticali in ottica 5G**

5.1 Premessa

5.2. Principali mercati verticali

5.2.1 *Settore auto e trasporti*

5.2.1.1 *Aspetti concernenti lo spettro impiegato nel settore auto e trasporti*

5.2.2 *Settore energia e smart grid*

5.2.3 *Settore manifattura e industria*

5.2.4 *Settore media & entertainment*

5.2.5 *Settore sanità e benessere*

5.3. Requisiti di servizio dei principali mercati verticali in ottica 5G

6. **Ulteriori aspetti**

**Allegato**

## 1. Introduzione

1. La decisione n. 243/2012/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 marzo 2012, che ha istituito un programma pluriennale relativo alla politica in materia di spettro radio (*“Radio Spectrum Policy Programme”*, di seguito RSPP), ha stabilito che gli Stati membri e la Commissione europea cooperino per sostenere e conseguire gli obiettivi strategici ivi individuati, tra cui incoraggiare l’efficienza nella gestione e nell’utilizzazione dello spettro radio per soddisfare al meglio la crescente domanda di servizi, promuovere l’innovazione e gli investimenti.
2. La predetta decisione, all’art. 6, comma 1, prevede che gli Stati membri, in cooperazione con la Commissione, adottino tutte le misure necessarie per garantire la disponibilità di spettro radio sufficiente per copertura e capacità all’interno dell’Unione, al fine di consentire all’Unione di disporre della banda larga più veloce, e fare in modo che le applicazioni senza fili ed il ruolo guida europeo nei nuovi servizi possano contribuire efficacemente alla crescita economica e alla realizzazione dell’obiettivo dell’accesso ad una velocità della banda larga di almeno 30 Mbps entro il 2020 per tutti cittadini.
3. La strategia per il mercato unico digitale è stata recentemente aggiornata alla luce dei rapidi sviluppi tecnologici nel frattempo intercorsi e delle nuove esigenze del mercato interno e dell’economia digitale. La comunicazione della Commissione del 6 maggio 2015 *“A Digital Single Market Strategy for Europe – DSM”* prevede che tale mercato poggi su reti e servizi ad alta velocità, efficienti, affidabili ed economicamente accessibili, che tutelino il consumatore nei diritti fondamentali di rispetto della vita privata e di protezione dei dati personali, promuovendo nel contempo l’innovazione. Ciò implica l’esistenza di un settore delle telecomunicazioni forte, competitivo e dinamico, che sia in grado di effettuare i necessari investimenti, sfruttando innovazioni quali le nuvole informatiche (*Cloud Computing*), i sistemi di raccolta e aggregazione dati (*Big Data*) e l’internet delle cose (*Internet of Things – IoT*). In tale contesto, la disponibilità di un idoneo quantitativo di spettro radio rappresenta uno dei presupposti essenziali per la fornitura e diffusione dei servizi *wireless* a banda larga e ultra-larga, insieme ad adeguati *standard* a garanzia di una comunicazione efficiente tra i vari componenti digitali (quali dispositivi, reti e archivi di dati). A tale riguardo anche la comunicazione della Commissione del 14 settembre 2016 *“Connectivity for a Competitive Digital Single Market: Towards a European Gigabit Society”*, di seguito *“comunicazione Gigabit Society”*, sottolinea l’importanza delle reti di telecomunicazione ad alta capacità, ritenute un *asset* fondamentale affinché l’Unione possa competere nel mercato globale.
4. Ai fini del predetto sviluppo di reti e servizi nel mercato unico digitale, un ruolo essenziale è dato dalle nuove tecnologie per le comunicazioni elettroniche senza filo di tipo 5G, in cui il termine 5G viene generalmente impiegato per indicare

tecnologie e *standard* successivi a quelli di quarta generazione (4G/IMT<sup>1</sup>-Advanced), tali da soddisfare determinati requisiti per aumentare non solo le prestazioni dei servizi attualmente offerti, ma anche supportare nuovi servizi (cfr. *infra*).

5. Le nuove reti 5G dovranno soddisfare le esigenze di nuovi casi d'uso, come il predetto IoT, incluse le cosiddette comunicazioni di tipo M2M (*Machine to Machine*), nonché servizi di trasmissione e comunicazione in scenari di particolare rilevanza, quali ad esempio quelli di emergenza e di pubblica sicurezza. Le nuove reti dovranno, inoltre, supportare le trasformazioni in atto e soddisfare le nuove esigenze richieste dai principali settori verticali in Europa, quali, ad esempio, auto e trasporti, manifattura e industria, *media & entertainment*, energia (con particolare riferimento alla c.d. *smart grid*), sanità e benessere, etc.
6. Come descritto più dettagliatamente in seguito, i lavori concernenti la standardizzazione e lo sviluppo del 5G sono tuttora in corso. In ogni caso, secondo le indicazioni e l'indirizzo degli studi attualmente prevalenti, la differenza, dal punto di vista dell'utilizzatore, tra il mondo 4G e quello 5G sarà rappresentata principalmente da un insieme di requisiti di sistema. Tra questi figurerà innanzitutto una maggiore qualità del servizio in termini, ad esempio, di velocità e di latenza della trasmissione dati, con possibilità di ottenere elevate capacità trasmissive e/o ritardi molto bassi a seconda delle specifiche applicazioni di interesse. Il 5G potrà consentire, inoltre, rispetto agli attuali *standard* 4G, un più elevato numero di dispositivi connessi simultaneamente, una maggiore efficienza spettrale di sistema (volume di dati per unità di area), un più basso consumo delle batterie, una minore probabilità di interruzione del servizio con un conseguente incremento dell'affidabilità delle comunicazioni, costi inferiori per l'installazione delle infrastrutture, maggiore versatilità e scalabilità.
7. Considerata quindi l'importanza strategica delle comunicazioni senza filo di tipo 5G, già nel 2013 la Commissione europea ha lanciato l'iniziativa *5G Public Private Partnership* (5G-PPP), come parte del programma *Horizon 2020*, per favorire la collaborazione tra settori sia di tipo pubblico che privato per lo sviluppo del 5G. In tale iniziativa, la *5G Infrastructure Association* (5G IA) rappresenta la parte privata e la Commissione europea la parte pubblica. L'iniziativa 5G-PPP dovrà fornire soluzioni, tecnologie, architetture e *standard* per la nuova generazione di reti 5G. Nel documento "*5G Empowering Vertical Industries*", redatto in ambito 5G-PPP, è indicato che per supportare i predetti settori verticali in Europa, l'infrastruttura 5G dovrebbe avere specifici requisiti prestazionali (elevata velocità di trasmissione,

---

<sup>1</sup> *International Mobile Telecommunications* (IMT) è il termine impiegato in ambito ITU (International Telecommunication Union), organismo che opera sotto l'egida dell'ONU (*Organizzazione delle Nazioni Unite*), per identificare la famiglia di tecnologie mobili a banda larga armonizzate e che include quelle di tipo 3G, 4G e 5G. I relativi *standard* sono definiti dal 3GPP (*Third Generation Partnership Project*), con *Release* che progressivamente recepiscono le varie tecnologie e funzionalità introdotte. Il 3GPP è il gruppo che unisce le varie organizzazioni internazionali di standardizzazione incluso l'organismo europeo ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*) e tutti i maggiori costruttori di apparati ed operatori mondiali del settore.

latenza molto bassa, possibilità di connettere contemporaneamente un numero molto alto di dispositivi ravvicinati, etc.). Essa dovrebbe inoltre integrare tutte le tecnologie di telecomunicazione, sia di tipo fisso che mobile, incluse quelle basate su fibra ottica e su sistemi satellitari. Al fine di soddisfare le nuove esigenze provenienti da settori industriali numerosi e disparati assume un rilievo particolare la funzionalità di c.d. *network slicing* (cioè la possibilità di definire un porzionamento virtuale della rete per un determinato tipo di servizio, cfr. *infra*). Grazie al *network slicing* le nuove reti 5G, sostenute da meccanismi di c.d. orchestrazione (cfr. *infra*), garantiranno un supporto alle varie applicazioni in maniera idonea e dinamica, attraverso la messa a disposizione di determinate “fette” virtuali di rete per ciascun settore sulla base dei requisiti dettati dalle corrispondenti tipologie di servizi.

8. L’iniziativa 5G-PPP è stata pianificata prevedendo una prima fase destinata alla ricerca, una seconda fase destinata all’ottimizzazione ed una terza fase dedicata ai *trial* su larga scala.
9. Secondo le indicazioni al momento fornite in ambito 5G-PPP, i requisiti di servizio delle reti 5G dovrebbero garantire: *i*) un volume di dati in mobilità per area geografica pari a 10 Tb/s/km<sup>2</sup> con capacità trasmissive di picco pari a 10 Gb/s; *ii*) un supporto della mobilità con velocità di almeno 500 km/h; *iii*) una densità di dispositivi connessi pari ad almeno 1 milione per km<sup>2</sup>; *iv*) un aumento dell’efficienza energetica con consumi ridotti del 90% rispetto a quelli rilevati nel 2010; *v*) un tempo massimo di dispiegamento del servizio di 90 minuti; *vi*) un’affidabilità non inferiore al 99,999%; *vii*) una latenza *end-to-end* non superiore ai 5 ms. Le ultime 3 caratteristiche hanno un *target* particolarmente focalizzato sui servizi c.d. critici. Anche alcune indicazioni preliminari attualmente in discussione in ambito ITU prevedono velocità di connessione di picco dell’ordine dei 10-50 Gbit/s ed una latenza ridotta fino ad 1 millisecondo.
10. All’interno dell’iniziativa 5G-PPP è stato istituito un gruppo di lavoro, denominato *5G Architecture Working Group*, focalizzato sulle soluzioni tecnologiche dell’architettura 5G. Tale gruppo ha prodotto un documento<sup>2</sup>, pubblicato nel luglio 2016, che individua alcune caratteristiche dell’architettura 5G, dal punto di vista logico, funzionale e fisico. Nell’ambito di tale architettura particolare importanza è attribuita agli sviluppi *software*, dal momento che il 5G è visto soprattutto come un *framework* che dovrà anche integrare le tecnologie esistenti e quindi supportare un ambiente estremamente eterogeneo di reti fisse e mobili, caratterizzate da una molteplicità di interfacce radio.
11. La Commissione europea, all’interno dell’iniziativa 5G-PPP, ha da tempo destinato importanti risorse alla ricerca sul tema 5G e promosso lo sviluppo di numerosi progetti quali ad esempio il progetto METIS (*Mobile and wireless communications Enablers for Twenty-twenty Information Society*), che ha prodotto il proprio rapporto finale ad aprile 2015, e successivamente il METIS-II. L’obiettivo del

<sup>2</sup> Documento “*View on 5G Architecture*”.

progetto METIS è stato quello di ricercare nuove soluzioni per incrementare le prestazioni delle reti mobili mantenendo livelli di costo e di consumo energetico paragonabili a quelli attuali. Sono stati approfonditi in tal senso alcuni scenari di sviluppo e definiti alcuni aspetti riguardanti l'architettura, la canalizzazione per supportare l'impiego di frequenze più alte e maggiori larghezze di banda ed una serie di soluzioni tecnologiche quali ad esempio l'adozione del Massive MIMO (*Multiple-input and multiple-output*), su cui si discuterà *infra*.

12. Nell'ambito della fase di ricerca del 5G-PPP figurano, allo stato, 19 progetti legati allo sviluppo del 5G, di seguito riportati<sup>3</sup>.

EURO 5G	<i>5G-PPP coordination and support action</i>
5G-NORMA	<i>5G novel radio multiservice adaptive network architecture</i>
5G- Xhaul	<i>Dinamically reconfigurable optical-wireless backhaul/fronthaul with cognitive control plane for small cells and cloud-RANs</i>
5G-CrossHaul	<i>Developing an integrated 5G backhaul and fronthaul transport network</i>
5G-Ensure	<i>5G enablers for network and system security and resilience</i>
CHARISMA	<i>Converged heterogeneous advanced 5G Cloud-RAN architecture for intelligent and secure media access</i>
COGNET	<i>Building an intelligent system of insights and action for 5G network management</i>
COHERENT	<i>Coordinated control and spectrum management for 5G heterogeneous radio access networks</i>
FANTASTIC 5G	<i>Flexible air interface for scalable service delivery within wireless communication networks of the 5th generation</i>
Flex5Gware	<i>Flexible and efficient hardware/software platforms for 5G network elements and devices</i>
METIS II	<i>Mobile and wireless communications enablers for twenty-twenty (2020) information society-II</i>
mmMAGIC	<i>Millimetre-Wave based mobile radio access network for fifth generation integrated communications</i>
SELFNET	<i>Framework for self-organized network management in virtualized and software defined networks</i>
SESAME	<i>Small cells coordination for multy-tenancy and edge services</i>
SPEED-5G	<i>Quality of service provision and capacity expansion through extended-DSA for 5G</i>
SUPERFLUIDITY	<i>Superfluidity: a super-fluid, cloud-native, converged edge system</i>
5GEx	<i>5G exchange</i>
SONATA	<i>Service programming and orchestration for virtualized software networks</i>

<sup>3</sup> Cfr. *The European 5G Annual Journal 2016* redatto dal Consorzio Euro-5G, di supporto alle attività in ambito 5G-PPP per conto della Commissione Europea.

VirtuWind	Virtual and programmable industrial network prototype deployed in operational wind park
-----------	---

13. Tra i citati progetti, il METIS-II ha come obiettivo lo sviluppo e definizione della rete di accesso 5G e di alcuni aspetti concernenti l'integrazione delle varie tecnologie e dei vari componenti. Il progetto 5G NORMA è dedicato allo sviluppo di una architettura di rete 5G adattativa e *future-proof*, in grado di supportare livelli elevati di personalizzazione, prestazioni e sicurezza. Il progetto mmMAGIC è invece dedicato allo sviluppo di nuovi modelli per la tecnologia di accesso radio (*Radio Access Technology*, RAT) mobile per l'impiego della banda delle onde millimetriche, il cui utilizzo che dovrebbe rappresentare uno dei concetti chiave dell'ecosistema del 5G.
14. Un obiettivo rilevante dell'iniziativa del 5G-PPP è pertanto quello di favorire lo sviluppo e la convergenza industriale al fine di una rapida definizione dei rilevanti *standard*, mantenendo possibilmente la *leadership* delle iniziative all'interno dell'Unione.
15. Per quanto riguarda più specificatamente la gestione delle frequenze, la Commissione, allo scopo di ricevere consulenza sulle questioni strategiche riguardanti l'uso dello spettro e sulle soluzioni per soddisfare nei prossimi anni la crescente domanda di servizi *wireless* a banda larga e ultra-larga, ha incaricato il *Radio Spectrum Policy Group* (RSPG), all'interno del quale sono rappresentate le autorità nazionali competenti in materia di spettro, di valutare i possibili scenari e le opzioni disponibili nell'arco temporale 2013-2020, circa l'uso dello spettro, per il raggiungimento degli obiettivi citati di velocità d'accesso di almeno 30 Mbps per tutti cittadini europei e gli aspetti relativi all'impiego dello spettro da parte della nuova generazione di sistemi di comunicazione senza fili (5G).
16. Nel suo programma di lavoro, l'RSPG ha quindi previsto di approfondire il tema dello *spectrum sharing* e quello della *network densification*. Il primo tema, su cui l'Autorità ha già effettuato una specifica analisi<sup>4</sup> in ambito nazionale, potrebbe infatti favorire il processo di armonizzazione di nuove bande di frequenze per il 5G, ove non fosse possibile un completo *refarming* delle stesse rispetto alle utilizzazioni esistenti. Il secondo tema potrebbe assumere un rilievo sempre più importante a partire dai prossimi anni, in relazione allo sviluppo di soluzioni tecnologiche tipo *small cells* ed all'impiego delle onde millimetriche.
17. L'RSPG ha poi avviato un'attività concernente l'identificazione di bande di frequenze per il 5G focalizzata su quelle che il gruppo ritiene abbiano maggiore possibilità di essere armonizzate a livello mondiale e quindi europeo, anche al fine di predisporre una posizione strategica comunitaria in preparazione della prossima

<sup>4</sup> Con la consultazione di cui alla delibera n. 121/16/CONS del 7 aprile 2016, i cui esiti sono pubblicati sul sito web dell'Autorità (si veda anche più avanti).

Conferenza Mondiale delle Radiocomunicazioni dell'ITU che si terrà nel 2019 (WRC-19) e facilitare il lancio del 5G su larga scala in Europa per il 2020.

18. Tale gruppo ha adottato una prima opinione concernente gli aspetti concernenti lo spettro per il 5G “*RSPG Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G)*”, pubblicata a novembre 2016. L’RSPG, in linea generale, ritiene che il 5G possa svilupparsi in tutte le bande mobili già armonizzate sia al di sotto di 1 GHz, per consentire coperture 5G su scala nazionale ed *indoor*, che al di sopra. Vi sarà pertanto una integrazione di una moltitudine di bande. Tra quelle al di sotto di 1 GHz figurano pertanto le bande radiomobili tradizionali già assegnate ed impiegate dai servizi mobili (800 e 900 MHz) e la banda 700 MHz, non ancora generalmente assegnata in Europa (ad eccezione, allo stato, di alcuni Paesi quali Francia, Germania, Finlandia) in quanto soggetta ad una separata *roadmap* ed a condizioni particolari, secondo quanto previsto da una Proposta di Decisione comunitaria<sup>5</sup>.
19. Tra quelle in gamma media, al di sopra di 1 GHz e fino a 6 GHz, e già armonizzate a livello europeo (ad esempio 1500 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz, 3400-3800 MHz) o in via di armonizzazione (es. 2.3 GHz), l’RSPG identifica come banda prioritaria per lo sviluppo 5G la banda 3400-3800 MHz. Ciò, in quanto la banda, oltre ad essere appunto già armonizzata in ambito comunitario, consiste in 400 MHz di spettro contiguo, e quindi consente di poter disporre in teoria di blocchi di frequenze e canali aventi una larghezza di banda relativamente alta, ed è disponibile più o meno in tutte le regioni del mondo.
20. Come accennato, tra gli obiettivi che s’intende realizzare con le tecnologie 5G vi è quello di aumentare la capacità delle reti, e quindi sarà necessario reperire nuove bande di frequenza. Dato che ormai le bande “basse” sono già intensamente sfruttate e le bande che ancora devono essere assegnate (700 MHz, 3.6-3.8 GHz e, una volta armonizzata, 2.3 GHz) sono di ampiezza relativamente limitata, nuovi spazi frequenziali saranno possibili solo in bande sopra i 6 GHz. Solo a tali frequenze è infatti possibile identificare portanti contigue ad elevata capacità per più operatori.

---

<sup>5</sup> Proposta di Decisione del Parlamento e del Consiglio relativa all'uso della banda di frequenza 470-790 MHz nell'Unione, in corso di adozione. A tal fine, si evidenzia che nel mese di dicembre dello scorso anno le negoziazioni in corso da parte di Commissione, Parlamento europeo e Consiglio hanno portato ad un'intesa sul testo finale. Il provvedimento dovrebbe in tal senso prevedere che, entro il 30 giugno 2020, tutti gli Stati Membri dell'UE dovranno rendere disponibile la banda 700 MHz (694-790 MHz), attualmente adoperata per i servizi *broadcasting*, per l'uso della banda larga senza fili. Vi sarebbero inoltre delle scadenze intermedie: entro la fine del 2017 gli Stati Membri dovranno concludere gli accordi di coordinamento con i paesi radioelettricamente confinanti ed entro il 30 giugno 2018 dovranno mettere a punto la propria *roadmap* di liberazione della banda 700 MHz. Gli Stati che avranno difficoltà a rispettare il termine di giugno 2020 potranno ottenere una deroga, se adeguatamente giustificata, in base a cui il termine potrà essere differito fino al 30 giugno 2022.

21. In accordo a tali considerazioni, l’RSPG ritiene quindi che vi siano altre bande sopra i 6 GHz, di potenziale interesse per il 5G, con focus particolare su quelle già elencate nella Risoluzione ITU 238 adottata dall’ultima WRC del 2015, in virtù degli sviluppi previsti delle architetture 5G e delle caratteristiche e potenzialità delle frequenze nel campo delle onde millimetriche. Fra queste, particolare priorità è conferita dall’RSPG alla banda 24.25-27.5 GHz (di seguito anche banda 26 GHz). Tra le altre possibili bande, pur senza l’enfasi posta alla 26 GHz, l’RSPG indica anche la banda 31.8-33.4 GHz (c.d. 32 GHz) come particolarmente promettente e la banda 40.5-43.5 GHz (c.d. 40 GHz) come opzione ulteriore a più lungo termine.
22. L’RSPG ha in ultimo da poco pianificato i lavori relativi ad un ulteriore documento specifico sul 5G, che dovrebbe consistere in una seconda opinione destinata a complementare la precedente, relativa agli aspetti di natura regolamentare concernenti sempre lo spettro per le reti 5G. I lavori sono stati da poco avviati prevedendo di predisporre il documento nel primo trimestre del 2018.
23. Nel solco della predetta opinione di novembre 2016, che ha in sostanza individuato nelle due bande a 3.4-3.8 GHz e 26 GHz le bande prioritarie per i successivi sviluppi, la Commissione ha quindi conferito nel mese di gennaio 2017 un apposito mandato di studio tecnico alla CEPT<sup>6</sup>, concernente lo sviluppo di condizioni tecniche armonizzate per l’uso dello spettro a supporto dell’introduzione di sistemi terrestri *wireless* di nuova generazione (5G).
24. Tale mandato di studio è focalizzato, in particolare, sull’analisi delle condizioni tecniche applicabili alla banda 3.4-3.8 GHz ed alla banda 26 GHz, quali bande pioniere 5G, per l’uso nell’ambito dei vari possibili scenari. Per la banda 3.4-3.8 GHz, in cui lo schema di canalizzazione a blocchi da 5 MHz attualmente previsto risulta già compatibile sia con le tecnologie attuali che in ottica 5G, lo studio è limitato all’esame delle condizioni tecniche di impiego, al fine di emendarle ove necessario per renderle adatte ai futuri dispositivi in tecnologia 5G. Per la banda 26 GHz<sup>7</sup>, lo studio include invece anche lo sviluppo di possibili schemi di canalizzazione, di condizioni di protezione e requisiti di coordinamento, anche al di fuori dei confini dell’Unione. Per tale banda, il mandato di studio conferisce particolare attenzione alle questioni di co-esistenza con altri servizi, quali il servizio fisso, di esplorazione della terra via satellite, di ricerca spaziale, fisso via satellite ed i servizi passivi. In tal caso, è previsto che lo studio potrà riguardare anche l’identificazione di scenari di *sharing* dello spettro con servizi o applicazioni di tipo *incumbent*, che abbiano un’effettiva domanda di mercato. I risultati del predetto studio sono previsti per il mese di giugno 2018, anche se la CEPT prevede di

<sup>6</sup> RSCOM16-40rev3 “Mandate to CEPT to develop harmonised technical conditions for spectrum use in support of the introduction of next-generation (5G) terrestrial wireless systems in the Union”.

<sup>7</sup> Finora impiegata, anche in Italia, secondo quanto previsto in ambito CEPT per applicazioni del servizio fisso di tipo WLL (*Wireless Local Loop*), le cui misure per il rilascio di diritti d’uso di frequenze disponibili per reti radio a larga banda sono state da ultimo aggiornate dall’Autorità con la delibera n. 355/13/CONS. Diritti d’uso in tale banda sono quindi stati assegnati dal Ministero con durata fino al 31 dicembre 2022.

anticipare i risultati relativi alla prima delle due bande entro il 2017 (prima di sottoporli a consultazione pubblica).

25. La Commissione, nel quadro della strategia per il mercato unico digitale, ha inoltre lanciato, nel settembre 2016, la proposta di una nuova direttiva che, modificando l'attuale quadro comunitario, definisce il nuovo Codice europeo delle comunicazioni elettroniche (*European Electronic Communication Code* - EECC). Tale documento è volto innanzitutto, nelle intenzioni della Commissione, a introdurre un maggiore coordinamento ed una maggiore armonizzazione delle regole e dei criteri fra gli Stati Membri nel predisporre le misure di gestione dello spettro, con il fine di rendere lo spettro disponibile in tempi più rapidi e a condizioni più omogenee nei vari Stati, e quindi di raggiungere più efficacemente gli obiettivi di sviluppo della banda ultra-larga. In particolare il nuovo EECC, oltre a una generale enfasi sulla necessità di favorire e accelerare gli sviluppi delle reti di comunicazioni elettronica e la loro copertura, contiene proposte finalizzate a snellire e facilitare il dispiegamento e la messa in servizio di *access point* senza fili di tipo R-LAN (Wi-Fi) o *small cells* in regime di autorizzazione generale, a patto che queste soddisfino determinate caratteristiche fissate *a priori* a livello regolatorio e armonizzate in ambito comunitario (per dimensioni, potenza, caratteristiche elettromagnetiche, etc.). Tale previsione dovrebbe, nelle intenzioni della proponente Commissione, favorire gli sviluppi in termini di maggiore capacità offerta attraverso la c.d. densificazione delle reti, in ottica 5G.
26. La proposta di nuovo EECC ha da poco iniziato il proprio iter legislativo e le discussioni sono state calendarizzate sia dal Consiglio che dal Parlamento europeo, e pertanto non è oggetto della presente indagine conoscitiva.
27. Per quanto riguarda la diffusione di connessioni Wi-Fi la Commissione ha in particolare proposto il progetto WIFI4EU che ha l'obiettivo di abilitare l'offerta di connessioni gratuite ai cittadini UE in luoghi pubblici. La rete di *hotspot*, con il relativo acquisto e installazione degli apparati necessari, è previsto sia finanziata da un considerevole investimento fino al 2019 per un totale di almeno 6.000 luoghi. Il finanziamento, che punta a coprire almeno un decimo della popolazione della UE, è riservato a quelle aree (come parchi, biblioteche, piazze principali di una città, etc.) che non offrono già un *hotspot* Wi-Fi, anche in modalità a pagamento ed abbiano quindi la necessità di realizzare una nuova infrastruttura. Tale proposta ha già ricevuto un sostanziale apprezzamento, in via preliminare, dai rilevanti organi del Parlamento europeo.
28. Allo scopo di coordinare le varie attività in parte già intraprese riguardo allo sviluppo delle reti 5G, l'implementazione dei relativi *standard* e l'armonizzazione e messa a disposizione dello spettro necessario, nel settembre 2016 la Commissione ha presentato la comunicazione concernente un *Action Plan* per lo sviluppo del 5G in Europa (COM(2016)588 *final*), di seguito *Action Plan*. Tale piano si sviluppa secondo alcune linee di azione che prevedono una collaborazione tra Commissione, Stati membri e industria per la fissazione di una tempistica comune per il lancio in

Europa delle reti 5G, lo sviluppo di precise *roadmap* nazionali, l'identificazione di liste di bande di frequenze per il lancio di servizi 5G, il monitoraggio dei progressi degli scenari in fibra e di sviluppo delle *small cell* per il raggiungimento entro il 2025 del *target* delle aree urbane e delle linee di trasporto terrestre per la copertura ininterrotta 5G. Tale *Action Plan* presenta alcune tappe intermedie che prevedono l'utilizzo delle bande esistenti, prima di pervenire all'impiego, dopo la WRC-19, delle bande che si aggiungeranno a quelle già armonizzate per i servizi ECS (Electronic Communications System) e che come visto saranno all'uopo necessariamente identificate nelle gamme di frequenze più alte, con particolare riferimento alle onde millimetriche. Nello specifico, tali tappe prevedono entro il 2016 l'identificazione di alcune bande iniziali per avviare il 5G<sup>8</sup>, ed entro il 2017-2018 il successivo svolgimento di *trial* 5G ed il lancio dei servizi iniziali. La Commissione intende inoltre identificare *best practices* per migliorare le condizioni amministrative e facilitare il processo di densificazione delle reti, in linea con alcune previsioni specifiche, come sopra accennato, contenute nella citata proposta di Codice europeo delle comunicazioni elettroniche.

29. Nel dettaglio, il suddetto *Action Plan* si sviluppa secondo le seguenti 8 linee di azione:
- i. La Commissione intende collaborare con gli Stati Membri e l'industria per la determinazione di una tempistica comune per il lancio delle prime reti 5G per la fine del 2018. A ciò seguirà il lancio dei servizi commerciali 5G in Europa per la fine del 2020. A tal fine saranno promossi *trial* tecnici a partire dal 2017 e di tipo pre-commerciale dal 2018. Inoltre la Commissione intende favorire lo sviluppo da parte degli Stati Membri per la fine del 2017 di *roadmap* nazionali 5G all'interno dei piani di sviluppo della larga banda, assicurando che ciascuno Stato Membro identifichi almeno una delle maggiori città per essere "5G-enabled" e successivamente preveda che tutte le aree urbane e le principali linee di trasporto abbiano una copertura continua 5G per il 2025;
  - ii. La Commissione intende identificare assieme agli Stati Membri una lista provvisoria di bande di frequenze iniziali per il lancio di servizi 5G; tenendo conto dei lavori in ambito RSPG tale lista include frequenze nelle porzioni al disotto di 1 GHz, tra 1 e 6 GHz ed al di sopra di 6 GHz<sup>9</sup>;
  - iii. La Commissione intende lavorare con gli Stati Membri per definire entro la fine del 2017 un *set* definitivo di bande di frequenza, complementando le bande pioniere di cui al punto precedente, in anticipo rispetto alla WRC-19 ma all'interno del *set* in agenda per tale Conferenza, da armonizzare nell'Unione per

<sup>8</sup> Obiettivo già raggiunto attraverso la citata opinione dell'RSPG "on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G)", che ha per l'appunto identificato la 3.6 e la 26 GHz come bande prioritarie, ed il successivo mandato di studio alla CEPT.

<sup>9</sup> Tale lista è in pratica già stata identificata, vedi *footnote* precedente. La banda di riferimento sotto il GHz è quella a 700 MHz.

- lo sviluppo delle reti 5G e lavorare ad un approccio comune per i sistemi autorizzativi delle nuove bande di frequenze 5G al di sopra di 6 GHz;
- iv. Come parte dello sviluppo delle *roadmap* nazionali 5G, la Commissione intende lavorare con l'industria, gli Stati Membri e gli altri *stakeholder* al fine di fissare un insieme di obiettivi di qualità e sviluppo per monitorare i progressi dei principali scenari di sviluppo delle *small cell* e delle infrastrutture in fibra ottica (necessarie a supportare il requisito di elevata capacità del *backhauling* delle celle radiomobili) per il raggiungimento del *target* delle aree urbane e delle linee di trasporto terrestre per la copertura ininterrotta 5G per il 2025. La Commissione intende inoltre identificare *best practice* per migliorare le condizioni amministrative atte a facilitare la densificazione delle celle, in linea con le previsioni della proposta di Codice europeo delle comunicazioni elettroniche;
  - v. La Commissione intende promuovere presso gli Stati Membri e l'industria i seguenti obiettivi concernenti la standardizzazione: assicurare la disponibilità di *standard* iniziali 5G globali al massimo per la fine del 2019, promuovere un approccio olistico alla standardizzazione concentrato sia sulla rete di accesso radio che sulla *core network*, stabilire appropriate *partnership* a livello industriale;
  - vi. La Commissione richiama l'industria a pianificare una sperimentazione tecnologica nel 2017 ed a presentare delle *roadmap* a partire da marzo 2017 per l'implementazione di *trial* pre-commerciali;
  - vii. La Commissione incoraggia gli Stati Membri a considerare, usando la futura infrastruttura 5G, le modalità per migliorare le prestazioni dei servizi di comunicazione impiegati per la sicurezza e la protezione pubblica;
  - viii. La Commissione intende lavorare con l'industria e l'EIB (*European Investment Bank*) per identificare obiettivi e modalità di accesso a forme di finanziamento specifico per lo sviluppo del 5G. La fattibilità di tale intervento dovrebbe essere valutata entro il primo trimestre del 2017, tenendo conto della possibilità di incrementare il finanziamento privato con l'aggiunta di diverse fonti di finanziamento pubblico, in particolare da parte dell'EFSI (*European Fund for Strategic Investments*) e di altri strumenti finanziari dell'Unione.
30. Al fine di integrare il lavoro già intrapreso per la revisione del quadro regolatorio, la Commissione europea ha avviato nell'ottobre 2016 uno studio sui regimi di autorizzazione e rilascio dei diritti d'uso delle frequenze e relative condizioni di assegnazione utilizzati nell'Unione. Lo studio è finalizzato al supporto nella preparazione di misure di accompagnamento da parte della Commissione che potrebbero essere necessarie per sviluppare ulteriormente le previsioni più generali contenute nel Codice, in particolare per facilitare il *deployment* delle reti 5G. Lo studio dovrebbe essere disponibile prima dell'estate 2017.

31. Nell'ambito del Parlamento Europeo, su richiesta del Comitato ITRE (*Industry, Research and Energy*), la Direzione Generale per le politiche interne, a supporto delle attività parlamentari, ha prodotto il rapporto “*European Leadership in 5G*” del dicembre 2016, nel quale è stato esaminato il tema del 5G, lo stato di sviluppo della tecnologia, alcuni possibili modelli di *business*, il ruolo degli *standard* e la politica europea relativa all'uso dello spettro, con lo scopo di acquisire informazioni concernenti il posizionamento strategico dell'Unione sul tema in questione. Tale documento fornisce anche alcuni elementi di riflessione circa le attività e le politiche di supporto al 5G. Particolare attenzione è rivolta al tema dello spettro per il 5G ed alla possibile adozione di approcci di uso condiviso/collettivo (cioè senza protezione e su base non interferenza) delle frequenze.
32. Al di fuori dell'Unione europea, in ambito internazionale ITU, ove avviene, come già accennato, l'armonizzazione mondiale delle varie bande di frequenze, sono state identificate e designate per l'impiego da parte della famiglia di tecnologie IMT, bande di frequenze posizionate per ora esclusivamente al di sotto dei 6 GHz, che includono, tra le altre, le bande 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2.1 GHz, 2.6 GHz e 3.4-3.6 GHz. Tali bande, a cui occorre aggiungere la 1.5 GHz *core band* (1452-1492 MHz), e la banda 3.6-3.8 GHz, non formalmente IMT per i paesi europei della Regione 1<sup>10</sup>, sono già state armonizzate nell'Unione europea per l'utilizzo per sistemi di comunicazione elettronica. In Italia, le predette bande sono anche state tutte già assegnate con la sola eccezione della banda 700 MHz (che come già accennato è soggetta ad una *roadmap* specifica soggetta ad una decisione del Parlamento e del Consiglio dell'Unione europea) e la banda 3.6-3.8 GHz, oggetto comunque di regolamento di assegnazione con la delibera n. 659/15/CONS. Inoltre, fra le bande per lo sviluppo dei sistemi *wireless* e mobili, occorre annoverare anche: *i*) le porzioni aggiuntive nella banda 1.5 GHz (1427-1452 MHz e 1492-1518 MHz), da poco designate IMT anche per la Regione 1, per le quali sono appena stati avviati gli studi tecnici per la futura armonizzazione; *ii*) la banda 2.3 GHz, già designata IMT anche per la Regione 1, per la quale ancora non sono terminate le procedure di armonizzazione comunitaria.
33. La designazione delle bande di frequenze impiegabili dalle tecnologie IMT (3G, 4G e 5G) avviene come detto esclusivamente in ambito ITU ad esito delle Conferenze Mondiali delle Radiocomunicazioni (WRC). Nell'Unione europea l'armonizzazione delle bande di frequenza avviene attraverso decisioni tecniche della Commissione europea che normalmente recepisce gli studi tecnici effettuati dalla CEPT. Salvi alcuni casi, come quelli sopra citati (3.6-3.8 GHz e 1.5 GHz *core*), la designazione globale e quella nell'Unione sono in genere coincidenti.

---

<sup>10</sup> Ai fini dell'armonizzazione dello spettro la Terra è suddivisa in ambito ITU in 3 fasce regionali: alla Regione 1 appartengono Europa ed Africa, alla Regione 2 appartengono le Americhe ed alla Regione 3 appartiene l'Asia. Alcune bande di frequenze sono armonizzate su scala globale, altre su scala regionale o sub-regionale.

34. In Italia, la competenza in merito alla destinazione di nuove bande al servizio mobile, per l'impiego da parte di sistemi *wireless broadband*, e la relativa designazione ai sistemi IMT, è del MISE (Ministero dello sviluppo economico), che opera attraverso modifiche del PNRF (Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze), su parere dell'Autorità, ivi recependo le disposizioni ITU, la normativa tecnica CEPT e quella comunitaria, e provvedendo, ove necessario, a definire eventuali piani di *refarming*. È da aggiungere che le decisioni di armonizzazione dell'Unione europea sono obbligatorie per gli Stati membri.
35. La WRC-15, che si è conclusa a novembre 2015, in considerazione delle future necessità di spettro addizionale per lo sviluppo dei sistemi 5G, con la citata Risoluzione 238, ha avviato gli studi per pervenire, al termine della prossima WRC-19 alla identificazione di nuove bande di frequenze da designare per l'impiego da parte della famiglia di tecnologie IMT ed attribuire ove necessario al servizio di radiocomunicazione mobile con statuto primario. Tale obiettivo è pertanto previsto nell'item 1.13 dell'Agenda della WRC-19<sup>11</sup>. Le bande oggetto di studio ITU da considerare per la futura designazione per i sistemi 5G, nella gamma tra 24.25 e 86 GHz sono quindi, in ordine progressivo, le seguenti:
- 24.25-27.5 GHz,
  - 31.8-33.4 GHz,
  - 37-40.5 GHz,
  - 40.5-42.5 GHz,
  - 42.5-43.5 GHz,
  - 45.5-47 GHz,
  - 47-47.2 GHz,
  - 47.2-50.2 GHz,
  - 50.4-52.6 GHz,
  - 66-76 GHz e
  - 81-86 GHz.
36. Il percorso di studio finalizzato allo sviluppo del 5G in ambito ITU è in corso di svolgimento sia nel settore telecomunicazioni (ITU-T) che nel settore radio (ITU-R). Nel settore telecomunicazioni ITU-T ed in particolare nello *Study Group 13* è

---

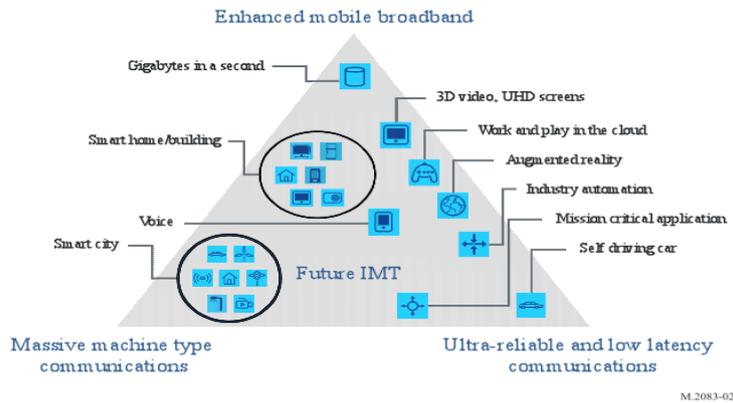
<sup>11</sup> Per la precisione, l'ITU-R ha previsto di condurre studi, a valle della WRC-15, relativi alle necessità di spettro per la componente terrestre dell'IMT tra 24.25 GHz e 86 GHz, e di condurre gli studi di coesistenza e compatibilità, ai fini della protezione dei servizi a cui le bande sono già attribuite. Ciò, in particolare per le bande 24.25-27.5 GHz, 37-40.5 GHz, 42.5-43.5 GHz, 45.5-47 GHz, 47.2-50.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 66-76 GHz e 81-86 GHz, che già sono attribuite al servizio mobile con statuto primario e per le bande 31.8-33.4 GHz, 40.5-42.5 GHz e 47-47.2 GHz, che invece richiedono anche l'attribuzione al servizio mobile con statuto primario, oltre alla designazione come bande IMT.

analizzato l'aspetto relativo alla standardizzazione. Dal 2015 è attivo anche un *Focus Group* IMT-2020, incaricato di analizzare l'interazione delle emergenti tecnologie 5G sulle reti attuali e le innovazioni che dovranno essere messe in campo per supportare lo sviluppo dei sistemi 5G. Tale *Focus Group* nel dicembre 2015 ha ricevuto un'estensione di mandato con lo scopo, tra l'altro, di sviluppare ulteriormente l'architettura di rete IMT-2020.

37. Nel settore radio dell'ITU (ITU-R) sono invece stati avviati gli studi finalizzati allo sviluppo degli aspetti radio dei sistemi mobili terrestri IMT in ottica 5G. Tali attività sono affrontate nell'ambito della Commissione 5 ed all'interno della stessa sono sviluppate dal *Working Party 5D* (WP5D), il quale collabora con il 3GPP. Quest'ultimo nel giugno 2016 ha concordato nell'ambito del *Technical Specifications Groups TSG#72* il programma di lavoro per lo sviluppo della *Release-15 "pre-5G"*, che dovrebbe contenere le prime specifiche 5G e che dovrebbe essere pronta per il mese di giugno 2018. Una successiva *Release-16* è invece prevista per la fine del 2019 – inizio del 2020 e dovrebbe includere tutte le casistiche d'uso ed i requisiti 5G.
38. Il *Working Party 5D* è attualmente impegnato su aspetti radio quali efficienza dello spettro, ampiezza di banda, *throughput*, tassi di utilizzo dei dati, mobilità, latenza, capacità, supporto IoT, qualità del servizio ed efficienza energetica. L'obiettivo è arrivare a formulare proposte concrete in parallelo con i lavori del 3GPP concernenti la *Release* che dovrebbe includere le specifiche per il 5G. Di recente è stata predisposta la bozza di un nuovo Report ITU-R<sup>12</sup> concernente i requisiti minimi relativi alle caratteristiche tecniche delle interfacce radio IMT-2020. Il WP5D continua inoltre a lavorare anche alle questioni concernenti lo sviluppo delle *small cell* ed alle questioni di compatibilità.
39. Informazioni circa la visione strategica dell'ITU sono contenute nei documenti: Report ITU-R M.2376-0 "*Technical feasibility of IMT in bands above 6 GHz*" del luglio 2015, Recommendation ITU-R M.2083-0 "*IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*" del settembre 2015 e Report ITU-R M.2320-0 "*Future technology trends of terrestrial IMT systems*" del novembre 2014. La visione dell'ITU-R per la nuova generazione di telecomunicazioni mobili indica in particolare 3 principali scenari di impiego del 5G:
  - *enhanced mobile broadband* (eMBB),
  - *massive machine type communications* (mMTC),
  - *ultra-reliable and low latency communications* (URLLC).

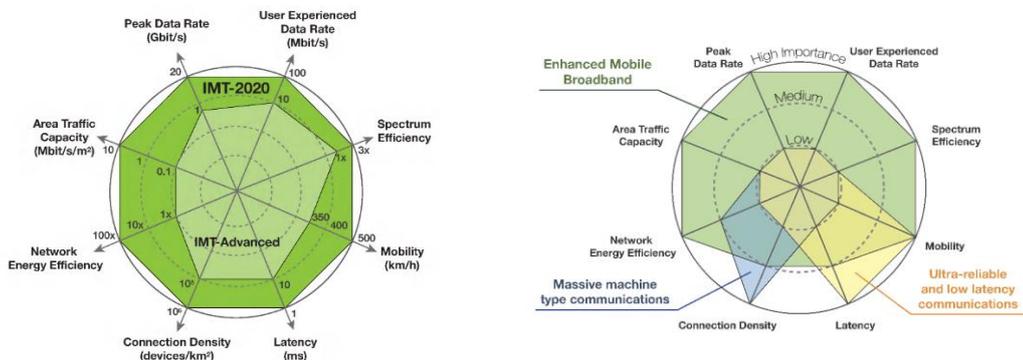
<sup>12</sup> Draft New Report ITU-R M.[IMT-2020.TECH PERF REQ] *on Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)*. I requisiti ivi previsti dovranno poi essere valutati sulla base dei criteri che saranno definiti nel Report ITU-R M.[IMT-2020.EVAL] e Report ITU-R M.[IMT-2020.SUBMISSION], concernenti lo sviluppo IMT-2020, anch'essi inseriti nella *roadmap* dei lavori del WP5D e previsti per il mese di giugno 2017.

Tali scenari sono schematicamente rappresentati nella seguente figura:



Fonte: Raccomandazione ITU-R M.2083

40. Le seguenti figure forniscono inoltre ulteriori informazioni circa la definizione dei requisiti del 5G secondo la prospettiva ITU. La prima figura fornisce una sintesi delle capacità prestazionali in ottica 5G dei sistemi IMT-2020 confrontate con quelle dei sistemi 4G di tipo IMT-Advanced. La seconda figura fornisce graficamente il grado di importanza delle principali capacità prestazionali in ottica 5G nell'ambito dei vari scenari di impiego del 5G.



Fonte: Raccomandazione ITU-R M.2083

41. In preparazione della prossima WRC-19 ed in accordo con l'esito della prima sessione del CPM<sup>13</sup> (*Conference Preparatory Meeting*) successivo alla WRC-15, è stato formato nell'ambito della Commissione 5 dell'ITU il Task Group 5/1 (TG 5/1) per lo sviluppo dell'item 1.13 dell'Agenda precedentemente citato, relativo alla componente terrestre dell'IMT nel *range* di frequenze tra 24.25 GHz e 86 GHz. Il TG 5/1 dovrebbe consegnare i propri lavori al WP5D entro la fine del mese di marzo 2017 ed ha già iniziato lo sviluppo di alcuni Rapporti<sup>14</sup>. Ulteriori studi in ambito ITU, come descritto anche in seguito, sono inoltre in corso in previsione della WRC-19, secondo quanto previsto dalla Risoluzione 809 (cioè l'Agenda della WRC-19), con riguardo, ad esempio, alla possibile armonizzazione di frequenze legate al settore del trasporto (item 1.11 e 1.12 dell'Agenda) e dalla Risoluzione 958, concernente gli aspetti tecnici ed i requisiti di spettro per l'implementazione di soluzioni *narrowband* e *broadband machine-type communication*.
42. Nell'ambito delle attività per la predisposizione della standardizzazione è opportuno anche citare che in ambito ETSI è attivo l'*Industry Specification Group on millimetre Wave Transmission* (ISG mWT), che ha avviato la preparazione di alcuni documenti in ottica 5G<sup>15</sup>.
43. Numerosi altri organismi ed associazioni stanno anch'essi fornendo il loro supporto alla complessa attività di definire requisiti concordati e standard possibilmente convergenti. Tra queste l'associazione GSMA, che rappresenta i maggiori operatori mobili mondiali, sta contribuendo allo sviluppo strategico, commerciale e regolatorio dell'ecosistema 5G, attraverso la partecipazione a tutti i gruppi e consessi internazionali di standardizzazione. Lo *Small Cell Forum*, di cui fanno parte costruttori ed operatori, è inoltre focalizzato alla promozione su larga scala dei benefici derivanti dall'introduzione delle *small cell*, monitorando ed assicurando nel contempo l'adozione di *standard* comuni da parte dell'industria mondiale, tale da favorire un positivo sviluppo del relativo ecosistema. La NGMN (*Next Generation Mobile Networks*) *Alliance* di cui sono membri i principali operatori mondiali ha prodotto con il supporto di costruttori ed altri *partner* un apposito *White Paper* 5G, e tende a rendere il 5G come un ecosistema *end-to-end*

---

<sup>13</sup> Il CPM è un gruppo di lavoro permanente dell'ITU che opera nell'intervallo tra due WRC. Esso ha l'incarico di predisporre, sulla base delle attività svolte dai vari gruppi di studio dell'ITU, il Rapporto per la successiva Conferenza, contenente tutto il ventaglio delle possibili soluzioni (opzioni e metodi) relative agli *item* in Agenda.

<sup>14</sup> "Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020", "Requirements related to technical performance for "IMT-2020" radio interface technologies", "Requirements, evaluation criteria and submission templates for the development of IMT-2020".

<sup>15</sup> "An analysis of the maturity and field proven experience of millimetre wave transmission", "Potential applications and use cases of millimetre wave transmission", "An overview of V-band and E-band worldwide regulations", "An analysis of V-band street level interference", "Analysis of the millimetre wave semiconductor Industry technology status and evolution".

idoneo a promuovere una società pienamente mobile e connessa e tale da consentire la creazione di valore.

44. Alcuni dei principali operatori mobili europei ed alcune industrie, in previsione dell'*Action Plan* della Commissione, hanno inoltre sottoscritto a luglio 2016 un Manifesto del 5G in cui si sono impegnati ad implementare una specifica *roadmap* di progetti *trial* entro il 2018, indipendentemente dallo stato della standardizzazione e successivamente a raggiungere l'interoperabilità delle reti a livello paneuropeo nel periodo 2018-2020 sulla base di sistemi operativi *standard-compliant* con la nuova *Release* 3GPP e a valle degli esiti della WRC-19. I settori industriali di interesse di tale Manifesto riguardano *Automotive, Connected eHealth, Transport, Logistic, Public Safety, Smart Grids, Smart City, Media & Entertainment*.
45. Alla luce dell'ampio e variegato contesto sopra illustrato riguardo lo stato dell'arte dello sviluppo dei requisiti, della standardizzazione, dell'identificazione delle opportune bande di frequenza, e del percorso per una rapida introduzione dei sistemi commerciali 5G, e tenuto conto che la Commissione europea ha promosso nei confronti degli Stati Membri un approccio coordinato, l'Autorità ha deciso di avviare con la delibera n. 557/16/CONS un'apposita indagine conoscitiva che ha l'obiettivo di analizzare, con il contributo di tutti i soggetti interessati, le prospettive di sviluppo e adozione delle tecnologie 5G, in relazione anche alle nuove esigenze delle applicazioni innovative in corso di sviluppo in numerosi settori economici e industriali.
46. L'Autorità, in particolare, con tale indagine, intende analizzare gli impatti dei predetti sviluppi delle tecnologie 5G sia sulle bande di frequenza già in uso o comunque armonizzate, sia, in particolare, riguardo all'utilizzo di nuove porzioni di spettro nella gamma di frequenze superiore ai 6 GHz, non limitando l'analisi alle sole bande assegnate con diritti d'uso individuali ma includendo anche quelle di uso non licenziato. Le informazioni acquisite potranno risultare utili a supportare il percorso nazionale e comunitario di identificazione di nuove bande per il 5G e contribuire al raggiungimento degli obiettivi dell'*Action Plan*, alla definizione degli aspetti regolamentari necessari all'assegnazione e utilizzo delle bande stesse, nonché a presidiare il corretto sviluppo e costante uso efficiente delle frequenze, nell'ambito delle competenze assegnate all'Autorità.
47. Il presente documento è pertanto strutturato secondo lo schema seguente, che prevede di analizzare rispettivamente:
  - l'interesse del mercato per le varie bande di frequenze candidate a livello internazionale per le reti 5G, con un focus sulle bande al di sopra dei 6 GHz; le implicazioni relative alle modalità e condizioni di assegnazione dello spettro (*licensing, coverage, sharing*);
  - i piani di sviluppo in relazione all'uso dello spettro e all'implementazione delle nuove tecnologie e architetture di rete 5G (*small cells, network densification, backhauling, massive MIMO*);

- le implicazioni sulle modalità di assegnazione dello spettro relative allo sviluppo delle reti 5G (*licensing, coverage, spectrum sharing*);
- l'uso dello spettro impiegato in ambito IoT e gli impatti derivanti dal 5G; criticità e sinergie nell'utilizzo di diverse modalità di assegnazione dello spettro;
- l'evoluzione delle architetture di rete 5G che garantiscono scalabilità e agilità nella gestione e creazione dei servizi e nella condivisione delle reti, con particolare riferimento allo *slicing* virtuale, e l'impatto di tali architetture sui *business model* e sulla gestione dello spettro.
- gli aspetti relativi allo sviluppo delle principali applicazioni *wireless* 5G ed il grado di interesse di vari settori c.d. verticali per l'accesso alle risorse spettrali, gli impatti dei requisiti di servizio sullo sviluppo delle reti e sull'uso dello spettro, le implicazioni sulle questioni connesse alla gestione dello spettro e ai piani di assegnazione.

Ciascuna delle precedenti sezioni è accompagnata da quesiti specifici per facilitare la partecipazione dei rispondenti e strutturare l'analisi dei contributi in maniera organica.

**1.1) Il rispondente ha ulteriori informazioni od osservazioni da esporre in merito agli aspetti generali trattati nell'introduzione?**

**1.2) Ritieni il rispondente che le tempistiche per lo sviluppo degli standard e per l'identificazione delle nuove bande 5G siano adeguate rispetto agli obiettivi? Ritieni il rispondente che esistano dei rischi di ritardi nella definizione degli standard? Esistono altresì rischi di frammentazione, che possano inficiare l'interoperabilità dei servizi? Quali sono le azioni del rispondente per fronteggiare eventualmente i detti rischi?**

**1.3) Quali saranno le caratteristiche del 5G che avranno più impatto sulla Società in generale e sull'utente finale in particolare, quelle che avranno più impatto sui propri processi aziendali e sul proprio modello di *business*, quelle che richiederanno un approccio regolatorio specifico?**

## **2. Sviluppi tecnologici ed implicazioni a livello di uso dello spettro in ottica 5G**

### **2.1 Bande di frequenze candidate in ottica 5G**

48. Come descritto in precedenza, la Commissione con il supporto degli Stati membri ha avviato il percorso per identificare una lista di bande di frequenze per il lancio di servizi 5G, che dovrebbe includere frequenze nelle porzioni al di sotto di 1 GHz,

tra 1 e 6 GHz ed al di sopra di 6 GHz, incluse pertanto le nuove frequenze in discussione in ambito ITU nel campo delle onde millimetriche.

49. Per quanto riguarda le bande al di sotto di 1 GHz, interesse prioritario è conferito alla banda 700 MHz (694-790 MHz), per la quale, con la decisione di esecuzione (UE) 2016/687 della Commissione del 28 aprile 2016, sono già state armonizzate le condizioni tecniche per l'uso da parte dei sistemi terrestri *wireless* di comunicazione elettronica a banda larga. Tale decisione è applicabile da parte degli Stati membri, al momento in cui la banda sarà effettivamente designata e resa disponibile per usi diversi da quelli delle reti di emittenza radiotelevisiva a cui è allocata attualmente. La messa a disposizione della banda è infatti soggetta ad una *roadmap* specifica ed a condizioni particolari, secondo la citata proposta di decisione del Parlamento e Consiglio europei, allo stato, in via di approvazione.
50. La banda 700 MHz in questione è costituita dalle porzioni principali di spettro accoppiato FDD 703-733 MHz e 758-788 MHz (60 MHz in totale) destinate ad applicazioni *wireless broadband* che rappresentano presumibilmente le porzioni di maggior interesse per gli sviluppi delle reti mobili degli operatori. Ulteriori porzioni di possibile interesse, contenute all'interno della banda 700 MHz, sono rappresentate anche dalle porzioni aggiuntive posizionate nelle bande di guardia (694-703 MHz e 788-791 MHz) o nel *central gap* (733-758) MHz, in cui la predetta decisione della Commissione del 28 aprile 2016, sulla base dei rilevanti studi CEPT, prevede la possibilità di implementare a livello nazionale una serie di opzioni che includono applicazioni aggiuntive SDL (*Supplementary Down Link*) per il mobile, M2M e PPDR (*public protection & disaster relief*). A tale riguardo, per quando concerne la presente indagine, appare utile per l'Autorità acquisire informazioni preliminari sul possibile ruolo in ottica 5G anche di tali porzioni aggiuntive, incluso l'eventuale interesse per l'impiego delle stesse con sistemi commerciali con specifici obblighi di servizio ad esempio per applicazioni appunto M2M o PPDR.
51. La circostanza per cui la banda 700 MHz, in gran parte dell'Europa, non sia stata ancora assegnata e la relativa messa a disposizione per le reti mobili, secondo lo stato attuale della citata proposta di decisione, sia prevista per il 30 giugno 2020, con la possibilità di una deroga di 2 anni, rende in teoria possibile il fatto che il relativo *roll-out* delle reti possa avvenire direttamente con apparati e funzionalità di ultima generazione di tipo 5G, fatto salvo l'eventuale aggiornamento delle regole tecniche di compatibilità.
52. Per quanto riguarda le bande tra 1 e 6 GHz, priorità è attualmente conferita come visto alla banda 3400-3800 MHz, alla luce di quanto indicato nella citata opinione sul 5G del RSPG e come risulta anche dal successivo mandato di studi conferito dalla Commissione alla CEPT. Tale banda è al momento armonizzata ai sensi della decisione n. 2008/411/CE della Commissione europea, del 21 maggio 2008, come modificata dalla decisione della Commissione n. 2014/276/UE del 2 maggio 2014 e i relativi piani di assegnazione sono già stati regolamentati dall'Autorità con le

delibere n. 209/07/CONS relativamente alla porzione 3400-3600 MHz e n. 659/15/CONS relativamente alla porzione 3600-3800 MHz, alla luce della normativa tecnica vigente.

53. All'interno della banda 3.4-3.8 GHz, la porzione 3.7-3.8 GHz, è stata anche individuata dal MISE per la realizzazione di proposte progettuali per la realizzazione di sperimentazioni pre-commerciali 5G, ai sensi della Determina Direttoriale del 16 marzo 2017, e secondo l'avviso pubblicato sul sito di tale dicastero in pari data, da parte di operatori interessati, con la collaborazione di università, enti e centri di ricerca ed imprese di livello nazionale o internazionale con specifiche competenze nel settore dei servizi oggetto della sperimentazione. Ciò, alla luce delle previsioni concernenti l'avvio delle sperimentazioni della tecnologia 5G contenute nel citato *Action Plan 5G*. Secondo quanto indicato nel suddetto avviso, i progetti saranno realizzati nell'arco di quattro anni nelle seguenti aree geografiche: Area 1 (Milano, area metropolitana); Area 2 (Prato e L'Aquila); Area 3 (Bari e Matera).. In particolare la sperimentazione prevede di adottare soluzioni tecnologiche della famiglia 5G, sia per quanto riguarda l'accesso radio che per gli aspetti di sistema, incluse le funzionalità di *network slicing*, e essere indirizzata all'analisi di uno o più casi d'uso tra quelli definiti per il 5G dall'ITU (eMBB, m-MTC, URLL).
54. Alla luce di quanto descritto in merito alle bande fino a 6 GHz già designate IMT a livello internazionale e/o armonizzate a livello europeo, come già accennato, in prospettiva, tutte potranno essere utilizzabili per il 5G, ciascuna eventualmente con differenti livelli di priorità e quindi di sviluppo industriale. Le bande potenzialmente da considerare in tale *range* sarebbero pertanto le seguenti: 694-790 MHz ('banda 700 MHz'), 790-862 MHz ('banda 800 MHz'), 880-915 MHz e 925-960 MHz ('banda 900 MHz'), 1452-1492 MHz ('1.5 GHz *core band*'), 1710-1785 MHz e 1805-1880 MHz ('banda 1800 MHz'), 1920-1980 MHz e 2110-2170 MHz ('banda 2.1 GHz accoppiata'), 2500-2690 MHz ('banda 2.6 GHz'), 3400-3800 MHz ('banda 3.6 GHz').
55. Ad eccezione delle bande 900 MHz e 1800 MHz, le condizioni tecniche armonizzate per l'utilizzo delle predette bande sono basate sul concetto di *block edge mask* (BEM), che facilita l'approccio per un impiego tecnologicamente neutrale, in quanto ne consente l'uso da parte di qualsiasi tecnologia compatibile con le prestabilite condizioni di BEM. Per le bande 900 MHz e 1800 MHz, le condizioni tecniche armonizzate sono invece basate su specifiche tecnologie riconducibili a *standard* ETSI. Per queste occorrerà quindi una evoluzione delle condizioni tecniche per consentire un uso in ottica 5G.
56. Alle bande di frequenze precedenti si aggiunge la potenziale estensione della banda L secondo quanto stabilito dalla WRC-15, costituita dalle porzioni 1427-1452 MHz e 1492-1518 MHz (bande 1.5 GHz aggiuntive), nonché la banda 2.3 GHz (2300-

2400 MHz), che sono allo stato in fase di armonizzazione in ambito europeo<sup>16</sup> e che in Italia risultano allocate ad altri servizi.

57. Le bande precedenti, per lo meno quelle già armonizzate, si caratterizzano in generale per procedure di assegnazione classica mediante diritti d'uso esclusivi, e sono quelle tradizionalmente utilizzate per i sistemi mobili o più in generale MFCN (*Mobile Fixed Communication Network*), che ricomprendono anche i servizi di tipo fisso *wireless* come il BWA (*Broadband Wireless Access*) o il FWA (*Fixed Wireless Access*).
58. Ulteriori bande di frequenze, di eventuale interesse diretto o indiretto in ottica di sviluppo delle reti 5G, potrebbero poi essere rappresentate da bande già armonizzate ed impiegate ad uso collettivo<sup>17</sup>, come descritto nei successivi paragrafi, anche in relazione all'eventuale implementazione di nuove funzionalità di aggregazione con frequenze licenziate oppure in relazione a sviluppi di alcune applicazioni legate ad esempio all'IoT/M2M oppure ai sistemi di trasporto intelligenti (*intelligent transport systems - ITS*).
59. Nell'ambito delle varie attività in corso per lo sviluppo e la standardizzazione del 5G, come visto nella sezione introduttiva, si riscontra una generale convergenza sulla necessità di impiego di nuove bande di frequenze posizionate al di sopra di quelle attualmente impiegate dai sistemi mobili. Numerosi studi tuttora in corso riguardano l'impiego di frequenze nel campo delle onde millimetriche, in particolare tra i 24,25 e gli 86 GHz, il cui potenziale appare notevole e lo spettro teoricamente disponibile molto ampio.
60. Al di sopra dei 6 GHz ed in particolare al di sopra dei 24 GHz sarebbe infatti possibile disporre di più ampi blocchi di spettro contiguo rispetto alle bande inferiori, con larghezze di banda fino a 2 GHz e quindi notevolmente più ampie di quelle attualmente impiegabili da parte degli operatori radiomobili con le bande tradizionali, che consentono al massimo una aggregazione dell'ordine dei 20 MHz per banda. Portanti più ampie offrono la possibilità di raggiungere *data rate* più alti. Le bande al di sopra dei 6 GHz si prestano particolarmente a trarre determinati requisiti del 5G, ad esempio relativi alla velocità di connessione, con larghezze di banda fino ad 1 GHz per operatore. Tale maggiore capacità sarà però utilizzabile solo in determinati ambiti geografici, a causa delle caratteristiche propagative delle frequenze ed in relazione alla necessità di contenere la potenza totale di trasmissione entro limiti ragionevoli. Per tali motivi, le nuove bande non dovrebbero poter consentire da sole una copertura ubiqua del Paese ma dovranno

<sup>16</sup> Per le bande 1.5 GHz aggiuntive la Commissione ha da poco approvato uno specifico mandato per soluzioni di tipo SDL alla CEPT, che dovrebbe predisporre gli appositi studi per la fine dell'anno.

<sup>17</sup> Bande le cui frequenze sono generalmente impiegate su base di non interferenza e senza diritto a protezione, con apparati aventi determinate caratteristiche prestabilite dalla normativa tecnica (ad esempio in termini di potenza irradiata, canalizzazione, *duty cycle*, etc.), che ne possano garantire la condivisione, in accordo con quanto previsto dal vigente Piano nazionale di ripartizione delle frequenze (PNRF), che recepisce la rilevante normativa comunitaria.

integrare bande di frequenze più basse in architetture *multi-layer*, con il supporto di ulteriori tecnologie, incluse quelle di tipo fisso basate su fibra ottica.

61. Altra possibilità, non mutuamente esclusiva, è quella di perseguire obiettivi di aumento della capacità mediante l'accoppiamento di più portanti in differenti gamme di spettro, attraverso funzionalità di *carrier aggregation* (CA). Tale soluzione è presumibile possa presentare maggiori difficoltà tecniche rispetto all'utilizzo di una portante su banda contigua e maggiori costi di implementazione. Tuttavia, tranne alcune bande di frequenze, la cui armonizzazione risulta attualmente frammentata tra le Regioni 1, 2 e 3 dell'ITU, ed in alcuni casi anche all'interno delle stesse Regioni<sup>18</sup> e che in futuro, ove uniformata, potrebbe portare ad un lieve incremento dello spettro IMT globalmente designato, non appare allo stato disponibile ulteriore spettro al di sotto dei 6 GHz ed operazioni di *refarming* al di sotto di tale limite potrebbero risultare di difficile attuazione. Per tale motivo gli studi da parte dei vari organismi internazionali di standardizzazione e regolazione del settore radio, anche in ottica degli sviluppi 5G, al fine di consentire la disponibilità di portanti ampie per servizi ad altissima capacità, si sono indirizzati al di sopra dei 6 GHz ed in particolare al di sopra dei 24 GHz.
62. La seguente tabella fornisce un riepilogo delle bande al di sopra dei 6 GHz attualmente considerate in ambito ITU.

<b>Banda</b>	<b>Larghezza di banda [GHz]</b>	<b>Principali attuali utilizzatori in UE e considerazioni tecniche</b>	<b>Priorità CEPT ed attribuzione al servizio mobile in ambito ITU RR</b>
24.25-27.5 GHz	3,25	Servizio fisso via satellite (e.g. data relay), osservazione della terra via satellite, ricerca spaziale, fisso; short-range radar, usi difesa. Adiacente alla banda 27.5-29.5 GHz ('28 GHz') pianificata per uso 5G in USA, Korea e Giappone; vicina a banda per servizi passivi (23.6-24 GHz)	24.5-27.5 GHz; <i>Non attribuita al servizio mobile la porzione 24.25-25.25 GHz nelle Regioni 1 e 2</i>
31.8-33.4 GHz	1,6	Servizio fisso. Adiacente a banda per servizi passivi (31.5-31.8 GHz)	intera banda <i>Non attribuita al servizio mobile</i>
37-43.5 GHz	6,5	Radioastronomia, servizio fisso, <i>multimedia wireless systems</i> , servizio fisso via satellite. Adiacente a banda per servizi passivi (36-37 GHz)	40.5-43.5 GHz <i>Non attribuita al servizio mobile con statuto primario 40.5-42.5 GHz (presente servizio mobile con statuto secondario)</i>

<sup>18</sup> Come ad esempio nel caso della banda *L core* a 1.5 GHz o della banda 3.4-3.8 GHz.

45.5-52.6 GHz	7,1	Servizio fisso (incluse le HAPS - <i>high-altitude platform stations</i> ), radionavigazione, radioastronomia, servizio fisso via satellite	45.5-48.9 GHz Non attribuita al servizio mobile la porzione 47-47.2 GHz
66-76 GHz	10	Radar, servizi via satellite	intera banda
81-86 GHz	5	Servizi via satellite, servizio fisso, radioastronomia. Adiacente a banda per servizi passivi (86-92 GHz)	intera banda

Fonte: ITU

63. Di contro occorre anche tenere conto che la progettazione e la realizzazione di sistemi *wireless broadband* operanti in bande di frequenze più alte rispetto a quelle attualmente impiegate presenta maggiori complessità. Ciò, in particolar modo, dal punto di vista costruttivo del modulo radio e dell'antenna, oltre che ovviamente dal punto di vista della propagazione radioelettrica. Frequenze più alte implicano infatti una riduzione del raggio medio delle celle e quindi una minore copertura, oltre a presentare ulteriori svantaggi dal punto di vista della penetrazione *indoor*. D'altra parte, la riduzione della dimensione media delle celle unita ad una minore ampiezza del fascio di propagazione che risulta a frequenze più alte, comporta il vantaggio di un maggior riuso delle frequenze e di una maggiore possibilità di compatibilizzazione con altre utilizzazioni. Un altro vantaggio delle celle più piccole è quello della minore potenza media necessaria da parte delle stazioni radio base e di conseguenza da parte dei terminali, derivante dalla maggiore vicinanza relativa. Ciò consente quindi di ridurre la densità delle emissioni elettromagnetiche.
64. In tal senso è prevedibile che le attuali bande impiegate per la fornitura di servizi mobili *wireless broadband* saranno ancora impiegate, perlomeno nei *range* più bassi, a fini di copertura e che le frequenze più alte saranno impiegate per incrementare la capacità in talune zone ad alto traffico ed in cui sono richiesti maggiori *data rate*. L'impiego di *small cell* si sposa peraltro bene con l'uso di gamme di frequenze più alte di quelle ora in uso da parte dei sistemi radiomobili. Le reti mobili infatti in determinate aree presentano picchi di traffico (*traffic hot spot*) che possono essere più efficientemente smaltiti mediante *small cell* (micro, pico, femto) piuttosto che attraverso macro celle.

**2.1.1) Il rispondente condivide l'analisi circa il futuro impiego in ottica 5G dello spettro al di sotto di 6 GHz? Tenuto conto delle indicazioni di priorità già espresse a livello comunitario, fra le bande ECS al di sotto dei 6 GHz attualmente già disponibili, nonché fra quelle già pianificate (700 MHz, bande 1.5 GHz aggiuntive, banda 2.3 GHz), il rispondente indichi quali siano a proprio avviso le bande che, anche dal punto di vista costruttivo e tecnologico, possano meglio supportare lo sviluppo del 5G. Quali sono i tempi secondo cui,**

ciascuna banda potrà essere integrata in un ecosistema 5G o migrare a nuove tecnologie?

2.1.2) In particolare, stante la situazione normativa descritta, quale si ritiene essere la migliore tempistica per l'assegnazione delle porzioni principali FDD della banda a 700 MHz in Italia? Qual è la visione concernente il possibile utilizzo delle porzioni aggiuntive della banda 700 MHz relative ad esempio ad applicazioni SDL, M2M e PPDR? Si ritiene che sia necessario un aggiornamento della normativa tecnica comunitaria prima di utilizzare la banda con tecnologie 5G oppure il *roll out* potrà cominciare con le tecnologie disponibili?

2.1.3) In relazione alla banda a 3.600-3.800 MHz, stante la situazione tecnica e regolamentare descritta, si ritiene che la sperimentazione annunciata dal MISE possa influire ed in che modo sulle strategie di utilizzo della banda?

2.1.4) Il rispondente fornisca le proprie considerazioni in merito al futuro impiego in ottica 5G dello spettro al di sopra di 6 GHz ed alle bande ritenute di maggior interesse, tenuto conto degli studi in ambito ITU già avviati e delle priorità già espresse a livello comunitario. Quali potrebbero essere eventuali criticità? Quale importanza potrà rivestire lo spettro in questione sulle strategie aziendali e sui modelli di *business*? Il rispondente, per ciascuna banda di interesse, fornisca indicazioni sull'ampiezza di banda che ritiene necessaria, anche in relazione ai modelli di copertura che intenderebbe adottare e alla capacità che intende fornire.

2.1.5) Qual è la posizione del rispondente in merito alla possibilità di impiego di ampie portanti attraverso l'utilizzo della funzionalità di *carrier aggregation*? Il rispondente fornisca se possibile informazioni in merito a tale funzionalità ed allo stato dell'arte dell'accoppiamento di varie bande di frequenze. Quali sono a riguardo le strategie del rispondente? Il rispondente indichi in particolare il ruolo che potrà svolgere la banda c.d. SDL a riguardo.

2.1.6) Il rispondente ritiene che vi siano ulteriori bande rispetto a quelle sin qui discusse (es. quelle impiegabili senza diritto d'uso individuale) che possano avere un ruolo in ottica di sviluppo 5G? Quali e perché? (cfr. anche sezione 3)

2.1.7) Come ritiene di poter contribuire all'obiettivo *vi* dell'*Action Plan* di migliorare le prestazioni dei servizi di comunicazione impiegati per la sicurezza e la protezione pubblica usando le infrastrutture 5G?

2.2 Aspetti tecnologici concernenti l'uso dello spettro relativi allo sviluppo delle reti 5G (*small cell, network densification, backhauling, massive MIMO*)

2.2.1 Ecosistema di *small cell* ed aspetti correlati alla densificazione delle reti

65. Come osservato precedentemente, le reti 5G dovranno servire un numero elevato di clienti/apparati e connettere, secondo le ipotesi prevalenti alla base degli sviluppi di standardizzazione in corso, un ordine di 1 milione di *devices* per Km<sup>2</sup>. Tale densità di apparati provocherà un incremento del traffico e la necessità di realizzare celle di dimensioni sempre più piccole per consentire di fornire idonee prestazioni di connettività, con conseguente aumento della densità di antenne installate. La ricerca sulla tecnologia 5G sta studiando quindi con particolare interesse celle di piccole dimensioni, (pico-celle, femto-celle, etc.) e varie modalità di integrazione delle celle, c.d. reti eterogenee (*heterogeneous networks* o *het-nets*).
66. Le nuove reti 5G comprenderanno quindi *small cell* densamente raggruppate per dare una copertura continua almeno sulle aree urbane con l'uso ad esempio di bande con onde millimetriche, così da permettere canali radio con ampiezza di banda molto larga, capaci di supportare velocità di accesso estremamente elevate.
67. L'installazione di *small cell* e di conseguenza l'aumento della densità dei punti di accesso, dal punto di vista realizzativo del dispiegamento delle reti, rappresenta una sfida piuttosto complessa. Un operatore che debba configurare una molteplicità di punti di accesso a brevi distanze dovrà infatti posizionarli in maniera strategica in modo che i dispositivi in una determinata area non interferiscano fra di loro, ed inoltre, occorre tenere in considerazione l'ubicazione dei dispositivi, la potenza di ciascuno di essi, l'alimentazione, il collegamento ed il coordinamento con gli altri punti di accesso dell'area.
68. In tale contesto, la Commissione nel proprio *Action Plan (Action 4)* ha identificato la necessità di una semplificazione delle condizioni di dispiegamento delle reti cellulari dense, al fine di ridurre i costi di installazione e supportare i relativi investimenti. In particolare, la proposta di nuova direttiva recante il Codice europeo delle comunicazioni elettroniche contiene disposizioni per snellire e facilitare il dispiegamento e la messa in servizio di *small cell* in regime di autorizzazione generale, a patto che queste soddisfino determinate caratteristiche che dovranno essere armonizzate in ambito comunitario e quindi fissate *a priori* a livello regolatorio.
69. Sempre nel predetto *Action Plan (Action 4)*, la Commissione ha rilevato la presenza nel territorio dell'Unione di ulteriori aspetti amministrativi suscettibili di creare possibili ostacoli all'installazione delle *small cell*, quali ad esempio la presenza di procedure di pianificazione locale, alti canoni di affitto dei siti ed una differenziazione dei limiti alle emissioni di campo elettromagnetico e dei relativi metodi di calcolo.
70. Alla luce di quanto sopra, si ritiene quindi utile acquisire informazioni sullo stato della standardizzazione in corso da parte dei maggiori costruttori e degli operatori concernenti le varie bande di frequenze di possibile impiego da parte di apparati *small cell* nelle varie possibili configurazioni sia *outdoor* che *indoor* e le relative caratteristiche tecniche principali, nonché sul fenomeno prospettico della densificazione delle reti in ottica di sviluppo del 5G.

**2.2.1.1) Il rispondente condivide le valutazioni generali riguardanti la diffusione prospettica di *small cell* e di densificazione delle reti in ottica di sviluppo del 5G? Quali saranno le bande di frequenza che saranno utilizzate? Potrà esservi un ruolo per le bande SDL?**

**2.2.1.2) Quali sono i piani del rispondente per lo sviluppo della propria rete in termini di *small cell* e densificazione? Come ritiene di contribuire al raggiungimento dell'obiettivo iv dell'Action Plan sulle *small cell*?**

**2.2.1.3) Quali caratteristiche tecniche (dimensioni, potenza, caratteristiche trasmissive, etc.) potrebbero avere le *small cell*? Il rispondente ritiene sia possibile definire tali caratteristiche in un documento regolatorio?**

**2.2.1.4) Quali potrebbero essere i problemi legati alle autorizzazioni urbanistiche, all'alimentazione, alla manutenzione? Il rispondente ritiene che possano svilupparsi anche soluzioni di tipo *off-the-shelf*?**

**2.2.1.5) Ritiene il rispondente che le reti di *small cell* possano svilupparsi in maniera non coordinata oppure che una pianificazione sia comunque necessaria, anche per tener conto del fenomeno dell'aggregazione delle emissioni elettromagnetiche?**

### **2.2.2 Backhauling**

71. Gli sviluppi delle reti di comunicazione elettronica previsti in ottica 5G dovranno rispondere all'esigenza, da parte di un considerevole numero di nuovi punti di accesso, di essere connessi con collegamenti ad alta capacità. In alcuni casi questi potranno essere rappresentati da collegamenti in fibra ed in altri da collegamenti di *backhauling wireless* tipicamente in ponte radio. Alcune previsioni di sviluppo delle reti indicano peraltro un'evoluzione della topologia stessa delle reti mobili ed in particolare un impiego *backhauling wireless* sempre più intensificato nella zona periferica di tali reti. L'implementazione di tali soluzioni potrà comportare quindi la necessità, da parte degli operatori, di effettuare rilevanti investimenti e pertanto occorre che anche tali applicazioni siano attentamente valutate in un'ottica di uso efficiente dello spettro.
72. I predetti collegamenti *wireless* tra due o più stazioni radio base è presumibile che in futuro non esplicino esclusivamente funzioni di trasporto delle informazioni gestite da ciascun punto di accesso, ma anche, almeno in parte, funzioni di gestione, in quanto, in ottica 5G, le celle dovranno coordinarsi e comunicare in maniera sempre più intensa tra di loro. All'interno di una data area servita da più punti di accesso, operanti anche in bande di frequenze differenti, infatti, ciascun utente potrà essere servito da una determinata cella anche in relazione ai requisiti richiesti da una determinata tipologia di servizio. Il *backhauling* tra le varie celle risulterà quindi parte integrante dell'ecosistema 5G, ai fini del raggiungimento degli idonei

requisiti di servizio, quali ad esempio di alto *data rate* e di bassa latenza. Entrambi i requisiti andranno infatti realizzati non solo nella tratta di accesso ma a livello *end-to-end* e pertanto anche le tratte di *backhauling*, in un ambiente estremamente densificato, di reti interconnesse e multi-frequenziali, dovranno contribuire a garantire nel loro complesso i requisiti richiesti. In alcuni casi non va escluso l'impiego di bande esterne con un maggiore grado di copertura anche a fini di segnalazione e coordinamento tra le varie celle.

73. Alcuni studi in corso anche in ambito ETSI prevedono ad esempio ipotesi di impiego di nuove porzioni di frequenze per il *backhauling* quali ad esempio specificatamente la banda 57-66 GHz (V-band) e le bande 71-76 GHz e 81-86 GHz (E-band). La prima in particolare è allo studio per essere impiegata per collegamenti fissi di tipo *macro to street-level* e *street-level to street-level* mentre le altre due per collegamenti di tipo *roof-top to roof-top*, questi ultimi anche in possibile aggregazione combinata con le bande in ponte radio tradizionalmente impiegate, ad es. a 18 GHz. Le figure seguenti rappresentano alcune possibili modalità realizzative dei predetti collegamenti. Nuovi possibili approcci, che saranno discussi anche in seguito, che prevedono in generale di combinare l'utilizzo di bande con diritti d'uso individuali ed esclusivi con altre bande impiegate ad esempio ad accesso condiviso (*unlicensed*) sono inoltre allo studio.



Fonte: ETSI ISG mWT

74. Per le finalità di *backhauling* sembra quindi ipotizzabile sia un impiego flessibile del medesimo spettro impiegato per l'accesso radiomobile sia un impiego di porzioni di spettro dedicato nell'ambito del servizio radio fisso. Queste ultime potrebbero essere rappresentate sia da bande del servizio radio fisso di tipo P-P (punto-punto) o P-MP (punto-multipunto) con eventuale assegnazione di diritti d'uso, che bande ad uso collettivo specificamente impiegabili da parte di determinati dispositivi ad esempio del tipo a corto raggio (*short range devices – SRD*).

**2.2.2.1) Il rispondente fornisca il proprio punto di vista sulla tematica relativa al *backhauling* in ottica di sviluppo del 5G. Il rispondente evidenzi lo stato di sviluppo di tali applicazioni ed eventuali criticità.**

**2.2.2.2) Quali bande di frequenze e con quale larghezza di canale potranno essere impiegate in modalità flessibile (per l'accesso radio e per il *backhauling*) ovvero solo per il *backhauling*? Come dovrebbero essere bilanciati gli usi in maniera da rispettare gli obblighi dei diritti d'uso?**

**2.2.2.3) Quali sono i piani del rispondente per lo sviluppo della propria rete di *backhauling*?**

### **2.2.3 Massive MIMO**

75. Come descritto nelle precedenti sezioni, il 5G è chiamato non solo a soddisfare i futuri requisiti di capacità delle trasmissioni radiomobili, ma anche a raggiungere degli sfidanti obiettivi in termini di copertura, affidabilità della rete, efficienza energetica, latenza. A tal fine, un possibile "alleato" del 5G è rappresentato dalla tecnologia *Massive MIMO*, che consiste nell'impiego da parte della stazione radio base di una molteplicità (dell'ordine delle centinaia) di antenne in trasmissione che possono servire contemporaneamente più terminali d'utente (dell'ordine delle decine).
76. L'utilizzo massivo di molteplici antenne in trasmissione e ricezione permette infatti di sfruttare i vantaggi derivanti dall'applicazione di tecniche avanzate di *beamforming*, *spatial multiplexing* e *spatial diversity*, ottenendo così un significativo miglioramento delle prestazioni delle comunicazioni *wireless* in termini di consumo energetico (anche nell'ottica delle c.d. *green communication*), affidabilità e *throughput* rispetto agli attuali sistemi di trasmissione.
77. Per sfruttare al meglio le potenzialità offerte dalla tecnologia *Massive MIMO* al fine di soddisfare i requisiti dei sistemi 5G, giocano un ruolo fondamentale le microonde e le onde millimetriche. Infatti, se da un lato tali gamme di frequenza comportano degli svantaggi in termini di effetti di propagazione e penetrazione dei segnali trasmessi, dall'altro permettono la realizzazione di elevati *array* di antenne di dimensioni contenute<sup>19</sup>, consentendone pertanto l'implementazione sia sulle BS che sui terminali.
78. Ciò controbilancia ampiamente le predette limitazioni, specialmente in determinati scenari applicativi in cui la tecnologia *Massive MIMO* è ritenuta tra le soluzioni più efficaci per l'aumento della capacità di trasmissione e dell'efficienza spettrale dei sistemi 5G, tra cui i collegamenti di *backhauling* (con particolare riferimento alle reti ultra dense), le comunicazioni *indoor* ad elevata velocità (ad esempio, per applicazioni di tipo *small cell*), le trasmissioni a corto raggio e in ambiente LOS

<sup>19</sup> Come noto, l'aumento delle prestazioni è ottenuto quando i coefficienti di canale corrispondenti a differenti antenne ricetrasmittenti sperimentano *fading* indipendenti. Per una data frequenza, affinché sia soddisfatta tale condizione è necessario che la distanza tra due elementi dell'*array* sia pari almeno alla metà della lunghezza d'onda. Pertanto, a parità di spazio disponibile, il numero delle antenne schierate aumenta all'aumentare della frequenza operativa.

(*line of sight*). Inoltre, mediante la tecnica del *beamforming* è possibile ottimizzare la copertura in determinati scenari, eventualmente senza la necessità di aggiungere *gap filler*<sup>20</sup> (ad esempio di tipo *small cell*).

79. Per beneficiare appieno dei predetti vantaggi, nonché per garantire continuità dei livelli di copertura, l'implementazione del *Massive MIMO* nei sistemi 5G può necessitare di un più efficace coordinamento inter-celle, specialmente in scenari che prevedono il *deployment* di reti eterogenee (cd. *het-net*). Una tecnica chiave al riguardo è rappresentata dal c.d. CoMP (*Coordinated MultiPoint*), ossia il coordinamento multi-punto della trasmissione/ricezione, adottato per mitigare l'interferenza inter-cella nei sistemi 4G. Come per il MIMO, anche la tecnica CoMP si basa sulla disponibilità di informazioni sullo stato del canale trasmissivo.
80. Pertanto, per consentire di sfruttare appieno il potenziale messo a disposizione da tali tecniche, già nella fase di progettazione dei sistemi radio dovrebbero essere previsti meccanismi efficienti per ottenere le predette informazioni. In particolare, considerando la varietà dei metodi CoMP già proposti per i sistemi LTE (tra cui ad esempio lo *scheduling* coordinato e la *joint transmission*), i sistemi 5G dovrebbero essere progettati per supportare nativamente le tecniche più efficaci.
81. Ai fini della presente indagine conoscitiva, appare pertanto utile acquisire evidenze ed informazioni sullo stato di sviluppo e applicazione delle predette tecniche innovative di *Massive MIMO* e CoMP, nonché sulla relazione tra il tipo e le caratteristiche della banda di frequenza impiegata e l'efficacia di tali tecniche nell'ottica di soddisfare i requisiti dei sistemi 5G.

**2.2.3.1) Il rispondente fornisca elementi ed informazioni sullo stato di sviluppo e sull'applicazione di tecniche innovative di “Massive MIMO” e “CoMP”, e le prestazioni raggiungibili in vari casi d'uso, evidenziando l'impatto del tipo di banda di frequenze impiegata sull'efficacia di tali tecniche, nell'ottica di soddisfare i requisiti dei sistemi 5G.**

### **2.3 Aspetti relativi alle modalità di assegnazione dello spettro per lo sviluppo delle reti 5G (*licensing, coverage, sharing*)**

#### **2.3.1 *Licensing***

82. La previsione di possibili porzioni aggiuntive di spettro che saranno destinate allo sviluppo delle reti 5G, in particolar modo al di sopra dei 6 GHz, comporta per l'Autorità l'esigenza di valutare anche le possibili modalità di assegnazione (*licensing*) di tali porzioni di spettro, ferme restando le competenze del MISE in materia di allocazione dello spettro e recepimento della normativa tecnica nel Piano

<sup>20</sup> Cioè l'utilizzo di ripetitori o siti supplementari ai fini della copertura delle c.d. zone d'ombra.

nazionale di ripartizione delle frequenze (PNRF). L'aspetto concernente il futuro *licensing* di frequenze al di sopra dei 6 GHz assume un particolare rilievo, anche alla luce delle peculiari caratteristiche di tali frequenze ed alle loro possibili utilizzazioni, sia specificatamente per l'accesso radio, sia per il *backhauling*, o anche come accennato in modalità flessibile per entrambi gli usi. Ciò implica la necessità di investigare la possibilità di ricorrere, in taluni casi, anche a nuove forme di autorizzazione per l'uso dello spettro che consentano di favorire l'innovazione tecnologica, la concorrenza e sfruttare appieno i numerosi vantaggi legati all'evoluzione delle reti in ottica 5G.

83. Ad esempio, un recente *statement* del regolatore del Regno Unito Ofcom, sul tema delle frequenze al di sopra dei 6 GHz per le future comunicazioni mobili e lo sviluppo 5G<sup>21</sup>, indica che anche tale regolatore, nello specifico a partire dalla banda 26 GHz (24.25-27.5 GHz), si sia posto il problema di investigare quali possano essere, in ottica 5G, le modalità di *licensing* più appropriate per supportare l'innovazione e la competizione. Il documento indica infatti che, ad esempio, potrebbero essere ritenuti appropriati approcci differenti per alcune porzioni della predetta banda o per alcune tipologie di servizi/applicazioni. Sul possibile impiego futuro di tale banda in ottica 5G, l'Ofcom ha anticipato l'intenzione di voler avviare al più presto una specifica consultazione. Il medesimo documento indica poi come approcci diversi potrebbero essere ritenuti più appropriati per ciascuna specifica banda, per la fornitura di servizi differenti; alcuni casi di uso 5G potrebbero infatti necessitare ad esempio che l'accesso alle frequenze possa essere autorizzato a livello locale "*directly to business*", ovvero direttamente a coloro che lo impiegheranno o che forniranno la piattaforma per impiegarlo e per fornire il servizio.
84. In ogni caso occorrerà tenere conto del processo di armonizzazione delle future bande di frequenze e delle relative misure tecniche di implementazione sia da parte della CEPT che degli organismi internazionali (ITU), che potranno includere elementi, quali ad esempio un piano di canalizzazione e norme di coesistenza come la BEM, suscettibili di incidere indirettamente anche sulle modalità di assegnazione, oltre che tener conto dell'esigenza, già manifestata dalla Commissione europea, di un approccio coordinato in ambito comunitario tale da garantire economie di scala ed in generale le opportune prospettive di sviluppo, anche per i sistemi di autorizzazione (cfr. *5G Action Plan*).
85. In linea teorica, le modalità di assegnazione potrebbero essere di varia natura. In primo luogo potrebbero essere previste assegnazioni specifiche di diritti d'uso o licenze di impianto (modello di *individual license*) ad uso esclusivo. Il diritto d'uso esclusivo dello spettro ha rappresentato per le comunicazioni radiomobili la classica modalità di assegnazione e le reti mobili che impiegano le tecnologie al momento standardizzate (di 2G, 3G e 4G) sono state finora progettate e realizzate per operare

---

<sup>21</sup> Cfr. documento Ofcom "*Update on 5G spectrum in the UK*" dell'8 febbraio 2017 che segue il documento "*Spectrum above 6 GHz for future mobile communications*" del 16 gennaio 2015.

principalmente con diritti d'uso delle frequenze ad uso esclusivo, in modo da consentire all'operatore di tenere sotto controllo, anche con la leva della pianificazione, gli aspetti concernenti la copertura, le prestazioni e la qualità del servizio.

86. In alternativa, per talune gamme di frequenze e taluni impieghi potrebbe essere previsto un uso sempre di tipo licenziato ma condiviso con altre utilizzazioni, con modelli di tipo LSA (*Licensed Shared Access*), su cui si tornerà anche in seguito nella sezione specifica, aventi lo stesso *status* regolatorio o livello di priorità (cosiddetto *horizontal sharing*), oppure livelli di priorità differenti (cosiddetto *vertical sharing*). In tale caso, ad esempio, il più basso livello sarebbe autorizzato ad impiegare lo spettro in maniera opportunistica solo quando questo non sia impiegato dai soggetti autorizzati ai livelli superiori. Per un maggior dettaglio su tali modalità si veda la citata consultazione pubblica dell'Autorità di cui alla delibera 121/16/CONS. Un modello di *vertical sharing* potrebbe essere utilizzato ad esempio per sbloccare nel più breve tempo possibile l'impiego delle bande di frequenze (al di sopra dei 6 GHz) che al momento risultano utilizzate da altri servizi. Un modello di *horizontal sharing* potrebbe invece essere impiegato da più soggetti con il medesimo livello di priorità per favorire un uso più intensivo delle frequenze ad esempio nelle gamme più alte di frequenze ove è possibile un maggiore reimpiego delle medesime frequenze.
87. Per talune gamme di frequenze potrebbero essere previste ulteriori forme di condivisione dello spettro con modelli c.d. di *light licensing o club use*<sup>22</sup>, con l'impiego di blocchi preferenziali oppure l'impiego di blocchi ad uso collettivo da parte di un numero ristretto o predeterminato di soggetti.
88. Come ulteriore alternativa, per talune gamme di frequenze potrebbe essere altresì ipotizzato un uso collettivo delle frequenze, con regime pertanto di tipo *license exempt*, in cui la mitigazione delle interferenze sarebbe garantita fondamentalmente dal ruolo della standardizzazione oppure a livello applicativo.
89. Alla modalità di assegnazione è inoltre strettamente correlata la modalità di coordinamento delle assegnazioni che potrebbe essere effettuato preventivamente dall'Amministrazione, oppure essere lasciata agli assegnatari, con assegnazioni

---

<sup>22</sup> Cfr. ad esempio il documento ECC Report 80 che definisce il "*light licensing regime*" come una combinazione di uso non licenziato e di protezione degli utilizzatori dello spettro. Esso prevede una particolare modalità di accesso di tipo "*first come first served*" che prevede la notifica, da parte dell'operatore, delle stazioni che intende installare (posizione e caratteristiche) al regolatore, il quale ne verifica la possibile attivazione attraverso l'uso di un *data base* ed in caso positivo ne provvede alla registrazione. Il modello "*club use*" sarebbe simile al precedente e gestito da un soggetto terzo a cui viene affidata, eventualmente con gara pubblica, la gestione e il coordinamento. Pur rimarcando che il termine *light licensing* non è una definizione regolatoria, il successivo documento ECC Report 132 chiarisce che il relativo regime è applicabile sia nell'ambito delle autorizzazioni individuali (con diritti d'uso) che nel caso delle autorizzazioni generali, e prevede di definire poi, caso per caso, le modalità implementative di un tale approccio.

cosiddette di tipo *self-coordinated*, oppure non effettuato, come avviene per le bande di frequenze in libero uso impiegate con modalità di tipo *uncoordinated*.

**2.3.1.1) Per ciascuna banda di interesse in ottica 5G, in particolar modo al di sopra dei 6 GHz, quali modalità di assegnazione il rispondente ritiene maggiormente idonea?**

**2.3.1.2) Ritiene il rispondente che alcuni canali/frequenze possano essere assegnati ed impiegati in maniera condivisa tra un numero ristretto di operatori (modelli di *light licensing* o *club use*) o ad uso collettivo da parte di un numero indeterminato di operatori (modello *licence exempt*)? Il rispondente fornisca informazioni concernenti le bande di frequenze in cui ritiene possibile implementare tali approcci, anche alla luce di soluzioni implementate o allo studio a livello internazionale, al tipo di impiego (accesso, *backhauling* o entrambi) ed al tipo di coordinamento ritenuto necessario.**

### 2.3.2 Coverage

90. Le precedenti considerazioni portano anche ad analizzare, nel contesto di evoluzione delle reti mobili e di conversione in atto delle stesse verso le nuove tecnologie, nonché di ricerca di nuove porzioni di spettro da armonizzare, quali possano essere gli obblighi di copertura più idonei nei casi di nuova assegnazione di spettro in ottica 5G o più in generale di rinnovo dei diritti d'uso nelle bande già utilizzate.
91. L'importanza del tema in questione emerge anche nella proposta della Commissione relativa al nuovo Codice europeo delle comunicazioni elettroniche. Nel testo si sottolinea infatti che, tra i principi che dovrebbero guidare l'azione degli Stati membri nell'ambito delle procedure di autorizzazione ed assegnazione dello spettro a livello nazionale, particolare importanza è rivestita dall'obiettivo di assicurare appropriati obblighi di copertura. Varie disposizioni sono in linea con il predetto obiettivo di copertura, finalizzato a realizzare una connettività e qualità del servizio diffusa e omogenea in ciascuno Stato membro, in un contesto di misure e condizioni europee armonizzate, per la fornitura armonizzata dei servizi mobili a larga banda e ultra-larga nell'Unione. Secondo il testo della Commissione, il raggiungimento di una copertura diffusa europea dovrebbe avvenire attraverso obblighi definiti in maniera proporzionata, tenendo conto delle caratteristiche di ciascuna area. Copertura del territorio europeo e continuità di connessione tra uno Stato membro ed un altro (*cross-border*) dovrebbero inoltre essere perseguite per favorire la fornitura di servizi a applicazioni che necessitano di continuità territoriale, come potrebbero essere alcune applicazioni del settore auto e trasporti o della salute. In tale contesto assume altresì estrema importanza anche il ruolo delle Autorità nazionali relativo al monitoraggio e verifica del corretto adempimento agli obblighi fissati. Su vari temi, tra cui quello relativo alle procedure di autorizzazione

ed assegnazione dello spettro, che includono la questione degli obblighi di copertura, la Commissione europea ha inoltre proposto misure volte ad un maggiore coordinamento europeo.

92. In tale contesto, appare utile distinguere il caso di frequenze al di sotto di 1 GHz, quale potrebbe essere la banda 700 MHz, dal caso che potrebbe riguardare le frequenze al di sopra dei 6 GHz. La banda 700 MHz rappresenta infatti una banda prevalentemente di copertura con caratteristiche simili alle bande 800 MHz e 900 MHz già assegnate. La proposta di decisione del Parlamento europeo e del Consiglio relativa all'uso della banda di frequenza 700 MHz, nella formulazione attualmente disponibile, redatta anche sulla base degli esiti del trilogο comunitario (Commissione, Parlamento e Consiglio), pur non prevedendo specifici requisiti obbligatori di servizio, identifica tale banda come idonea a fornire capacità aggiuntiva ed a contribuire allo sviluppo di reti che possano avere una copertura universale, in particolare nelle zone rurali e isolate che pongono difficoltà dal punto di vista economico, per l'uso *indoor* e per comunicazioni di tipo M2M ad ampio raggio.
93. La decisione, allo stato degli atti, indica che, nell'assegnare la detta banda per servizi di comunicazione elettronica gli Stati membri, devono tenere in conto la necessità di conseguire gli obiettivi di qualità e velocità del programma RSP (garantire a tutti i cittadini l'accesso a una velocità della banda larga in *download* di almeno 30 Mbit/s), inclusa la copertura di aree individuate come prioritarie a livello nazionale, che potrebbero ad esempio includere le principali vie di trasporto terrestre. Le misure potrebbero inoltre includere anche condizioni per facilitare o incoraggiare lo *sharing* delle infrastrutture e dello spettro.
94. Le bande di frequenze al di sopra dei 6 GHz che sono attualmente oggetto di studio, hanno invece caratteristiche diverse dalla banda 700 MHz, e potrebbero diversamente riguardare altri obiettivi e quindi rispondere ad esigenze legate ad esempio ad una serie di requisiti di servizio specifici del 5G.
95. Non è peraltro da escludersi che alcune tipologie di servizi, limitatamente ad alcune porzioni di frequenze al di sopra dei 6 GHz, possano essere sviluppate in via preferenziale con riferimento a determinate aree di copertura. A mero titolo di esempio, sono ipotizzabili in tal senso alcune applicazioni di *Smart City* nelle maggiori città, o viceversa applicazioni/servizi 5G legati al settore agricolo di interesse preminente al di fuori delle grandi aree metropolitane o comunque cittadine. Secondo le previsioni dell'*Action Plan* descritto in precedenza, determinate applicazioni legate al trasporto (stradale o ferroviario) necessiterebbero infatti di interventi prioritari finalizzati al *target* delle aree urbane e delle linee di trasporto terrestre per la copertura ininterrotta 5G.
96. Ferma restando l'opportunità di uno sviluppo armonico del 5G, per quanto riguarda l'aspetto concernente la continuità territoriale di un determinato servizio, questo appare in prima istanza un tema che può essere inquadrato attraverso l'impiego di reti eterogenee, sviluppate secondo architetture che prevedano, tra l'altro, l'uso

complementare di varie gamme di frequenze, aventi diverse caratteristiche di copertura radiomobile, per le ragioni già descritte in precedenza.

97. In tale prospettiva, in determinati scenari e per talune applicazioni ritenute di particolare rilevanza e/o di interesse pubblico (quali ad esempio quelle del settore trasporto o *automotive*), potrebbe essere ragionevole garantire la continuità del servizio rispettando i livelli di qualità richiesti mediante l'impiego di diverse bande di frequenza, piuttosto che soddisfare più generali requisiti di copertura dei segnali in una certa area territoriale.
98. Analoga riflessione merita anche un altro aspetto ugualmente legato al tema della copertura, concernente lo scenario di tipo *outdoor* oppure *indoor* su cui stabilire eventuali requisiti. Infatti, alcune applicazioni, in ottica 5G, potranno necessitare di funzionalità e prestazioni specifiche a livello *indoor*. Anche in tal caso si rileva l'estrema differenza tra le caratteristiche elettromagnetiche delle bande al di sotto di 1 GHz e di quelle posizionate nelle gamme superiori, ad esempio al di sopra dei 6 GHz. Inoltre, nell'ipotesi di prevedere obblighi di copertura *indoor* emerge l'oggettiva complessità di determinarli universalmente, a causa della disomogeneità delle strutture degli edifici, che comporta fenomeni di propagazione estremamente variabili. Ciò può comportare inoltre ampia variabilità nelle modalità di misurazione del rispetto di eventuali obblighi *indoor*<sup>23</sup>. Apparirebbe pertanto opportuno valutare caso per caso l'eventuale introduzione di obblighi di tipo *indoor*, anche in funzione delle specifiche bande di frequenza utilizzate, del tipo di applicazione considerato e del grado di interesse generale che il servizio riveste nell'area in esame. Ulteriori aspetti concernenti l'accesso alle nuove reti 5G, suscettibili di risvolti anche in tema di copertura, saranno affrontati nel capitolo specifico riguardante l'evoluzione delle reti 5G e la relativa architettura.
99. Strettamente legato al tema della definizione di possibili obblighi di copertura vi è poi quello relativo all'estensione geografica che potrebbero avere i diritti d'uso di futura assegnazione in ottica 5G (nazionale, regionale, territoriale, locale, etc.), la cui definizione dipende da svariati fattori oltre che dalla situazione specifica di impiego di ciascuna banda di frequenze e da ulteriori condizioni.

**2.3.2.1) Considerate le caratteristiche peculiari delle bande sotto 1 GHz, quali ad esempio la 700 MHz, quali obblighi di copertura il rispondente ritiene più idonei in ottica 5G in tale porzione di spettro? Come dovrebbero essere espressi (es. in termini di popolazione, territorio o altro)? Quali ulteriori obblighi potrebbero essere previsti?**

**2.3.2.2) Nella individuazione di possibili aree prioritarie nazionali al momento previste dalla bozza di decisione comunitaria per la banda 700 MHz, quali aree dovrebbero essere considerate (es. rete autostradale, rete ferroviaria, aree aeroportuali, strade statali, etc.)? Potrebbero essere considerate anche**

<sup>23</sup> Per ridurre tale variabilità si potrebbero utilizzare ad esempio appositi modelli approvati dal regolatore.

**ulteriori aree (capoluoghi, località turistiche, etc.)? Come dovrebbero essere declinati i relativi obblighi per le varie aree indicate? Come potrà essere raggiunto l'obiettivo iv dell'Action Plan riguardo alla copertura ininterrotta delle direttrici di trasporto per il 2025?**

**2.3.2.3) Quali obblighi di copertura il rispondente ritiene invece più idonei nei casi di nuova assegnazione di spettro al di sopra dei 6 GHz? Come dovrebbero essere declinati tali obblighi?**

**2.3.2.4) Ferma restando la necessità di uno sviluppo armonico dei servizi 5G su scala nazionale, ritiene il rispondente che vi siano alcune tipologie di servizio/applicazioni che possano essere preferibilmente indirizzate a determinate aree di copertura? Il rispondente fornisca alcuni esempi al riguardo.**

**2.3.2.5) Che tipo di estensione geografica dovrebbero avere i diritti d'uso di futura assegnazione in ottica 5G al di sopra dei 6 GHz (nazionale, regionale, territoriale, locale, etc.), anche in relazione ai vari possibili impieghi (accesso, *backhauling* o entrambi)?**

**2.3.2.6) Il rispondente fornisca il proprio parere in relazione alla possibilità che alcune applicazioni, in ottica 5G, possano necessitare di funzionalità e prestazioni a livello *indoor* piuttosto che *outdoor* ed eventualmente come poter declinare i relativi obblighi di copertura in fase di assegnazione di nuove porzioni di spettro. In particolare quale dovrebbe essere il ruolo della banda 700 MHz nella copertura *indoor*?**

### **2.3.3 Spectrum sharing**

100. Gli studi attualmente in corso in ambito ITU per valutare in ottica 5G la possibile designazione IMT delle varie gamme di frequenze al di sopra dei 6 GHz terranno conto, tra i vari aspetti, anche dell'eventuale presenza di applicazioni nelle bande oggetto di valutazione già attribuite ad altri servizi. Infatti, per alcune bande identificate come idonee allo sviluppo del 5G potrebbe non essere perseguibile entro un certo periodo temporale, la completa liberazione dagli usi esistenti in un determinato ambito geografico (ad esempio, sull'intero territorio nazionale o su un'area regionale).
101. In tal caso, per non precludere il potenziale incremento di risorse frequenziali adatte allo sviluppo del 5G, l'uso condiviso dello spettro tra le nuove applicazioni 5G e quelle esistenti può rappresentare un'interessante opportunità<sup>24</sup>, almeno in taluni scenari, salvaguardando al contempo il funzionamento delle applicazioni esistenti.

<sup>24</sup> Al riguardo, il citato *Action Plan* per lo sviluppo del 5G in Europa sottolinea che “*The potential for spectrum sharing, including under licence-exempt use, should be maximised as it generally supports innovation and market entry, in line with the objectives of the legislative proposals set out in the proposed European Electronic Communications Code*”.

102. In tale ottica, le informazioni circa le caratteristiche delle utilizzazioni esistenti e il loro grado di diffusione sul territorio appaiono rilevanti non solo ai fini dei predetti studi in corso a livello ITU, ma anche per le eventuali successive valutazioni in ambito sia europeo, dove potranno essere predisposte misure tecniche di armonizzazione, che nazionale, dove potranno essere definiti piani di assegnazione delle frequenze. Difatti, la tipologia delle utilizzazioni considerate ha impatto sull'eventuale definizione del c.d. *sharing framework*, ossia un modello tecnico di compatibilità contenente un insieme di regole di condivisione delle frequenze finalizzate all'incremento dell'efficienza d'uso di una determinata porzione di spettro, in modo da garantire la coesistenza tra applicazioni esistenti e nuove.
103. In generale, le condizioni tecniche che i sistemi 5G potrebbero essere chiamati a rispettare in alcuni scenari ai fini dell'efficiente uso condiviso dello spettro potrebbero risultare più o meno restrittive in funzione di alcuni parametri operativi sia dei sistemi *incumbent* che degli stessi sistemi 5G, tra cui la frequenza di trasmissione, il tipo di servizio fornito, il tipo di architettura di rete, etc.
104. Un possibile approccio regolamentare per la condivisione delle frequenze in ottica 5G qualora alcune bande non fossero oggettivamente liberabili nel breve periodo dalle utilizzazioni esistenti è rappresentato dal c.d. *Licensed Shared Access* (LSA). Tale approccio, indipendente dalla specifica banda di applicazione, prevede che i diritti d'uso individuali di una porzione di spettro già assegnata (o di cui è prevista l'assegnazione) ad un utilizzatore *incumbent* vengano rilasciati ad uno o più soggetti per un utilizzo delle medesime risorse spettrali nel rispetto di condizioni di protezione dell'*incumbent* stabilite dal regolatore consultando anche gli altri soggetti coinvolti<sup>25</sup>. Tali condizioni, definite all'interno dello *sharing framework*, permettono di assicurare un determinato livello di qualità di servizio ai nuovi licenziatari della risorsa spettrale condivisa (c.d. licenziatari LSA), garantendo la protezione delle utilizzazioni esistenti.
105. L'argomento concernente la possibile adozione dell'approccio LSA per sistemi terrestri di comunicazioni elettroniche è stato affrontato dall'Autorità nell'ambito della consultazione pubblica avviata con la delibera n. 121/16/CONS, ai cui esiti, pubblicati sul sito *web* dell'Autorità, si rimanda per maggiori dettagli. In generale, l'approccio LSA, pur con diverse specificazioni da parte dei vari partecipanti alla consultazione, era stato complessivamente ritenuto un'opportunità di sviluppo del mercato ed in particolare uno strumento utile per un più rapido impiego dei sistemi *Mobile Fixed Communications Network* (MFCN). Ciò, in particolare per l'impiego di porzioni di spettro non liberabili in tempi brevi per essere assegnate su base esclusiva o in generale non liberabili dagli attuali *incumbent*, specialmente in scenari di scarso utilizzo dello spettro e staticità delle applicazioni esistenti, come nel caso di *incumbent* di tipo governativo (ad esempio, il Ministero della difesa). Era inoltre emerso il potenziale interesse per l'adozione dell'approccio LSA in caso

---

<sup>25</sup> Le regole di coesistenza stabilite possono comprendere, ad esempio, tecniche di mitigazione dell'interferenza e prefissate limitazioni temporali e/o geografiche di utilizzo della banda in esame.

di necessità di frequenze addizionali limitata nel tempo e nello spazio (ad esempio, in caso di gestione del traffico per eventi massivi), in modo da consentire alle reti MFCN di trarre vantaggio dall'intero ecosistema di frequenze assegnate sia ad uso esclusivo che in modalità condivisa.

106. Seppur la predetta consultazione pubblica non fosse specificamente incentrata sui sistemi della quinta generazione radiomobile, alcuni rispondenti hanno osservato che l'approccio LSA potrebbe facilitare l'uso di alcune bande di frequenza per sistemi 5G. La medesima consultazione evidenziava l'opportunità di valutare, caso per caso, la fattibilità del rilascio di diritti d'uso della banda in modalità LSA nonché il derivante rapporto costi-benefici in funzione dello specifico *spectrum sharing* definito e della compatibilità con la normativa tecnica applicabile. Al riguardo, all'esito della consultazione veniva posto l'accento sul fatto che l'Autorità avrebbe potuto opportunamente tenere in considerazione i più recenti sviluppi tecnologici attualmente avviati, in particolar modo in ottica 5G, anche alla luce dell'evoluzione in corso del quadro regolamentare comunitario.
107. Oltre a meccanismi di *spectrum sharing* di tipo LSA, stanno emergendo in ambito internazionale approcci di condivisione dello spettro che prevedono l'utilizzo collettivo "*unlicensed*" di bande di frequenza anche sopra i 6 GHz in maniera complementare all'impiego di risorse spettrali licenziate su base esclusiva, che pertanto offrono maggiori garanzie in termini di qualità di servizio. Anche in ottica 5G si prevede pertanto la possibilità di far ricorso a tecnologie radio complementari, come accade attualmente, ad esempio, nel caso del Wi-Fi utilizzato per l'*offload* dalle reti gestite direttamente dagli operatori radiomobili.
108. Si inquadra in questa tipologia di meccanismi di condivisione dello spettro il cosiddetto approccio *Licensed Assisted Access* (LAA), che combina l'utilizzo di bande con diritti d'uso individuali (e quindi di tipo esclusivo) con bande ad accesso collettivo (*unlicensed*). Tale approccio è in fase di standardizzazione<sup>26</sup> per il suo futuro impiego. In particolare, la banda licenziata verrebbe utilizzata per fornire un canale di controllo e mantenere una continuità nella connessione, mentre la banda ad accesso collettivo sarebbe utilizzata opportunisticamente per aggiungere risorse spettrali addizionali, utilizzabili per aumentare la larghezza di banda in *downlink* e permettere maggiori velocità di connessione.
109. Questo approccio presenta il vantaggio di superare alcune problematiche connesse alla qualità del servizio ottenibile nelle bande ad uso collettivo a causa di possibili interferenze, dal momento che un determinato livello di qualità del servizio (*QoS*) potrebbe essere comunque garantito dalla banda licenziata. Per quanto attiene all'uso dello spettro di tipo collettivo, come accennato nella precedente sezione sul *licensing*, esso potrebbe avvenire senza alcun coordinamento, con un coordinamento dell'uso collettivo di tipo centralizzato, oppure, attraverso forme di *light licensing* che prevedano un contingentamento del numero di utilizzatori.

<sup>26</sup> Funzionalità LAA potrebbero essere incluse nella Release 13 o nella Release 14 del 3GPP.

110. Occorre in ogni caso tener conto che solo una banda assegnata in modo esclusivo consente all'operatore di controllare la qualità del servizio e le sue modalità d'uso, fatti salvi il rispetto delle regole tecniche ed eventuali obblighi di accesso o uso associati. Una banda assegnata con diritto d'uso individuale consente anche di recuperare da parte dello Stato il costo opportunità dello spettro, evidenziandone il valore economico attraverso ad esempio una procedura competitiva. Invece una banda ad uso collettivo, sia essa totalmente *unlicensed* o anche sottoposta a regime di *light licensing*, è per definizione una banda "di tutti" le cui regole tecniche d'uso sono state armonizzate per consentire tale uso. Occorre pertanto valutare attentamente possibili fenomeni di *hoarding* tecnico suscettibili di incidere sugli equilibri interferenziali e pregiudicarne l'uso collettivo (cfr. *infra* anche in relazione ad alcuni possibili impieghi in ambito IoT).
111. Da quanto descritto, appare quindi che lo sviluppo del 5G potrebbe favorire anche l'introduzione di modalità d'uso condiviso dello spettro. Infatti, considerate le tipiche caratteristiche di propagazione dei segnali nelle bande di frequenza al di sopra dei 6 GHz, il previsto impiego di tali bande per determinate applicazioni 5G (caratterizzate ad esempio da corti raggi di cella delle stazioni radio base ed elevate capacità direttive delle antenne di trasmissione) potrebbe limitare le possibili problematiche interferenziali legate alla definizione dello *sharing framework*, facilitando la coesistenza con i sistemi *incumbent*<sup>27</sup>. Inoltre, le tempistiche previste per l'affermarsi del 5G sul mercato potrebbero risultare maggiormente allineate con lo sviluppo dell'ecosistema tecnologico delle soluzioni di *spectrum sharing*, tra cui quelle di tipo LSA e LAA<sup>28</sup>.

**2.3.3.1) Il rispondente fornisca la propria visione sulla possibile implementazione di un approccio di condivisione dello spettro con altri usi esistenti, per bande al di sopra dei 6 GHz. Il rispondente indichi anche gli approcci ritenuti di maggior beneficio, ad esempio di tipo orizzontale o verticale, per le bande di proprio interesse.**

**2.3.3.2) Il rispondente indichi quali strumenti e condizioni tecniche di coesistenza ritiene maggiormente utili ed efficaci in caso di implementazione di un approccio di condivisione dello spettro di tipo LSA in bande al di sopra dei 6 GHz.**

**2.3.3.3) Il rispondente fornisca informazioni sull'approccio di condivisione dello spettro che prevede la combinazione/agggregazione di bande ad accesso**

<sup>27</sup> Nell'ambito della consultazione pubblica di cui alla delibera 121/16/CONS, concernente l'accesso condiviso allo spettro in modalità LSA, è emerso che le possibili problematiche interferenziali rappresentano per gli operatori la principale barriera tecnica all'adozione dell'approccio LSA.

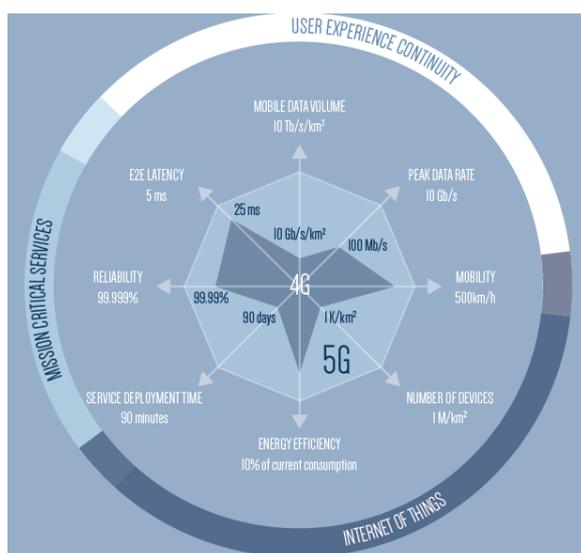
<sup>28</sup> Tale ultimo aspetto è stato rilevato anche all'esito della consultazione pubblica di cui alla delibera 121/16/CONS, da cui è emerso che il grado di maturità delle tecnologie LSA non è attualmente ritenuto adeguato, soprattutto in termini di apparati standard commercialmente disponibili.

collettivo con bande ad uso esclusivo in ottica 5G, con particolare riferimento alla soluzione LAA.

### 3. Sviluppi del settore IoT e impatti del 5G

#### 3.1 Premessa

112. Secondo numerose previsioni, nei prossimi anni è prevista una forte crescita di dispositivi connessi in massima parte legata alla diffusione di una serie di nuovi oggetti che compongono globalmente l'IoT (qui considerato in generale inclusivo del M2M), per il quale l'infrastruttura 5G potrà giocare un ruolo fondamentale. Il mondo dell'IoT sottende, come noto, a un insieme estremamente variegato di applicazioni che investe vari mercati verticali tra quelli di interesse per il 5G e che hanno in comune alcune caratteristiche e requisiti.
113. Nell'ambito dei principali scenari di impiego del 5G, le applicazioni IoT rientrano in linea di massima tra quelle della categoria c.d. mMTC (*massive Machine Type Communication*) (cfr. *vision* ITU citata) che richiedono generalmente basso consumo di energia (ad esempio per servizi *massive* IoT e sensori con batterie a lunga vita) e quelle della categoria c.d. uMTC (*ultra Machine Type Communication*) a bassa latenza ed alta affidabilità (ad esempio per servizi *mission critical* IoT).
114. La figura seguente schematizza alcuni requisiti 5G in relazione a tre macro categorie di applicazioni/servizi tra cui quella dell'IoT.



Fonte: 5G Infrastructure Association: 5G Vision February 2015

Come indicato nella figura, alla macro-area dell'IoT afferiscono, oltre al requisito principale relativo all'efficienza energetica, quello relativo alla densità di apparati ed in alcuni casi quello della mobilità e del tempo di intervento. In generale la riduzione dei consumi energetici per gli apparati terminali è affrontata attraverso la riduzione dei tempi di trasmissione e la riduzione quanto più possibile della potenza di uscita, nonché dei meccanismi di controllo e di segnalazione. Ulteriori vantaggi possono venire anche dall'introduzione di meccanismi dinamici di attivazione/disattivazione della rete di accesso (*Dynamic Radio Access Network*).

115. Alla macro-area che riguarda invece la cosiddetta *user experience continuity* afferiscono invece in particolare i requisiti *data rate*, *mobile data volume* e latenza. Il requisito di una bassa latenza rappresenta un aspetto di particolare importanza nell'ambito di numerose applicazioni che includono operazioni *real time* particolarmente critiche, legate ad esempio alla sicurezza del traffico, il trasporto, la guida senza conducente, alcune applicazioni nei settori della multimedialità, del gioco, della finanza, etc. Per tale motivo il 5G dovrebbe portare alla riduzione del *Transmission Time Interval* (TTI) corrispondente al tempo richiesto per la trasmissione di un blocco di dati fino a 0.2 ms rispetto ad 1 ms dell'LTE. In realtà ciò rappresenta una minima porzione della latenza complessiva *end-to-end* che include il trasporto dell'informazione dall'antenna ad un *server* della rete passando dalla rete di accesso, al *backhaul* ed alla *core network*. Da qui anche l'importanza estrema della rete di *backhauling*.
116. La terza macro-area è quella legata ai cosiddetti *mission critical services*, caratterizzati da alte prestazioni in termini di affidabilità e sicurezza, che potranno includere comunicazioni tra persone, macchine ed apparati.
117. L'Autorità con la delibera n. 708/13/CONS ha in passato già avviato un'indagine conoscitiva concernente i servizi di comunicazione M2M, ossia tecnologie e servizi che consentono il trasferimento automatico delle informazioni tra i dispositivi con limitata interazione umana. L'indagine si è collocata nell'ambito di analoghe iniziative di analisi intraprese dai principali Regolatori europei e comunitari in materia, tra cui una consultazione pubblica sull'IoT svolta dalla Commissione Europea nel 2012, le valutazioni sullo stato del mercato *roaming wholesale* correlate allo sviluppo del nuovo pacchetto *Telecom Single Market* e della strategia *Digital Single Market*, anche in previsione di una futura revisione del *framework* comunitario regolamentare del settore delle comunicazioni elettroniche. L'indagine conoscitiva, conclusa con la delibera n. 120/15/CONS, nel rapporto finale, pubblicato sul sito web dell'Autorità, ha esaminato i fattori che influenzano lo sviluppo dei servizi M2M evidenziando l'interazione tra gli operatori del mercato che cooperano nella fornitura dei servizi, valutando nel contempo le previsioni di sviluppo e le modalità di utilizzo ed eventuali aree dove è utile sviluppare un coordinamento tra le diverse Istituzioni nazionali ed europee coinvolte nel M2M.
118. La citata indagine ha peraltro identificato un potenziale mutamento di paradigma (cfr. par. 2.3 del rapporto finale) che consiste, per gli operatori, nella progressiva

focalizzazione delle proprie attività dal *Business-to-Consumer* (B2C), dove l'impresa detiene una relazione economica diretta con gli utilizzatori, al *Business-to-Business* (B2B) e al *Business-to-Business-to-Consumer* (B2B2C), dove viene a mancare la relazione diretta con l'utilizzatore finale. Poiché la connettività rappresenta una quota relativamente modesta del fatturato complessivo dei servizi M2M, nel citato rapporto si evidenzia che gli operatori stanno sempre più esplorando l'opportunità di ampliare il proprio portafoglio di servizi. Alla luce di ciò si ritiene quindi utile anche acquisire informazioni che consentano di meglio comprendere: i) le prospettive attese per gli operatori di comunicazione elettronica; ii) le caratteristiche dei servizi innovativi introdotti col 5G per il supporto del M2M/IoT; iii) i modelli di *business* e le fonti di finanziamento del M2M (cfr. cap. 2.5 del rapporto finale).

119. Alla luce delle risultanze dell'indagine conoscitiva, con la delibera n. 459/15/CONS del 28 luglio 2015 l'Autorità ha istituito il "Comitato permanente per lo sviluppo dei servizi di comunicazione *Machine To Machine*", ossia un gruppo di lavoro multilaterale con funzioni consultive, aperto alla partecipazione dei principali soggetti interessati (pubblici e privati), che ha l'obiettivo di approfondire ed individuare le eventuali opzioni regolamentari, in coerenza con le iniziative promosse a livello europeo ed internazionale per favorire lo sviluppo dei servizi M2M, attraverso l'incontro e lo scambio di competenze e di conoscenze nel settore delle comunicazioni elettroniche e nei c.d. settori verticali. La questione relativa all'utilizzo delle risorse spettrali è una di quelle oggetto del Comitato.
120. Al fine di sviluppare il coordinamento dell'attività regolamentare, l'Autorità, ha poi partecipato alla attività avviata dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas e il Sistema Idrico (AEEGSI), in merito ai sistemi innovativi di distribuzione dell'energia elettrica (*Smart Distribution System*) e di definizione delle specifiche funzionali dei contatori intelligenti di energia elettrica in bassa tensione di seconda generazione (*Smart Meter*) (cfr. ad esempio documento di risposta dell'Agcom alla consultazione 416/2015/R/eel sul sito Agcom<sup>29</sup>).
121. In tale ambito è stato ad esempio introdotto, dall'Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico (AEEGSI), il contatore elettrico di nuova generazione di cui alla delibera n. 87/2016/R/EEL, recante le "Specifiche funzionali abilitanti i misuratori intelligenti in bassa tensione e performance dei relativi sistemi di *smart metering* di seconda generazione (2G) nel settore elettrico, ai sensi del Decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102", che rispetto ad altre tipologie di contatori è caratterizzato dalla possibilità di impiego di un canale tradizionale su linea elettrica

<sup>29</sup> Nel quale l'Autorità poneva l'accento, nel caso di utilizzo di bande ad uso collettivo, alle limitazioni previste dagli *standard* sui parametri tecnici di utilizzo e in particolare sul *duty-cycle* massimo ammissibile, in maniera da consentire di adoperare la banda in modalità *multi-user*. Infatti il *deployment* massivo di trasmettitori (ciascuno, singolarmente considerato, rispondente agli *standard* e alla normativa tecnica) potrebbe, nel complesso, causare la congestione dello spettro e limitazioni potenzialmente non ammissibili, non solo all'accesso da parte di soggetti terzi, ma anche dello stesso operatore.

PLC (*Power Line Communication*). La delibera citata definisce i requisiti funzionali della versione 2.0 del misuratore di energia (Allegato A), concernenti in particolare i due canali di acquisizione delle misure di telelettura/telegestione<sup>30</sup> (cosiddetta *chain 1*), nonché le funzionalità evolutive abilitanti la versione successiva del misuratore (versione 2.1, Allegato C), che potrebbe essere caratterizzata, rispetto al canale di comunicazione tradizionale PLC, dall'impiego aggiuntivo, anche per la trasmissione delle misure a dispositivi di utente (cosiddetta *chain 2*), di un canale di comunicazione di tipo *wireless* su banda licenziata o non licenziata.

122. Gli aspetti di comunicazione relativi agli *smart meter* dei settori delle *utility* (energia elettrica, gas ed acqua), per i quali sono stati sviluppati *standard* e sistemi di telelettura e/o accesso remoto, sono stati esaminati dall'Autorità anche nell'ambito di un apposito Gruppo di lavoro, che si è confrontato, ai fini dello svolgimento delle proprie attività, con gli uffici dell'AEEGSI. Tra le risultanze è emerso in particolare come i sistemi *wireless* su frequenze non licenziate, pur risultando valide alternative in taluni casi di possibile impiego, potrebbero mostrare, in prospettiva, limitazioni in termini di larghezza di banda e qualità del servizio in ragione dell'uso collettivo delle frequenze. E' inoltre indicato come le tecnologie *wireless* basate su frequenze assegnate ad uso esclusivo (licenziate) sono in grado di offrire significativi miglioramenti in termini di copertura, prestazioni e qualità del servizio, ma che la specificazione di tali sistemi per gli *smart meter* dovrà tuttavia tener conto dell'effettiva messa a disposizione sul mercato dei relativi dispositivi. In particolare è emersa la necessità di un esame della c.d. *legacy GSM* (cioè di tutti i dispositivi già in campo che fanno uso di tale tecnologia) e in generale del ciclo di vita dei dispositivi che adoperano banda licenziata in relazione alla durata delle licenze degli operatori che forniscono i servizi, nonché, per quanto riguarda le bande non licenziate, la necessità di esaminare i modelli regolatori per l'accesso a tali bande in maniera da evitare le interferenze nocive. Per maggiori dettagli circa le valutazioni emerse si rimanda al testo completo del documento<sup>31</sup>, in corso di pubblicazione sul sito *web* dell'Autorità.
123. Nel solco di una collaborazione già avviata tra le due Autorità sulle tematiche di interesse comune riguardanti i servizi di comunicazione M2M, nonché sulla base anche delle risultanze delle attività del predetto Gruppo di lavoro, che indicano tra gli altri l'opportunità di monitorare le attività svolte dai costruttori e dagli operatori di rete concernenti l'evoluzione delle tecnologie di supporto all'IoT, appare quindi opportuno acquisire in tale sede ulteriori informazioni concernenti l'uso dello spettro impiegato in ambito IoT, anche in relazione ai possibili sviluppi delle varie tipologie di contatori.

<sup>30</sup> Con tecnologia scelta dall'impresa distributrice tra PLC, banda non licenziata con radiofrequenza 169 MHz o altre tecnologie (utilizzo di reti TLC pubbliche o di protocolli standard disponibili sul mercato che garantiscano la possibilità di subentro di un'altra impresa distributrice alle medesime condizioni).

<sup>31</sup> Esiti delle attività del Gruppo di Lavoro per l'analisi delle tecnologie di comunicazione dei dati nei sistemi di *smart metering*, dic. 2016.

124. La presente indagine, per quanto riguarda gli aspetti legati all’IoT/M2M, si innesta pertanto in un quadro di attività già in corso, e si propone di analizzare il settore IoT/M2M alla luce dell’evoluzione delle reti di comunicazione elettronica 5G, affrontando tematiche connesse principalmente all’uso dello spettro di competenza dell’Autorità, e che esulano da aspetti di carattere costruttivo, tecnologico o relativo ai protocolli di comunicazione. Tale analisi delle questioni di *spectrum management* deve tener conto in ogni caso che il processo di armonizzazione comunitaria dell’uso dello spettro, a cui anche l’Autorità partecipa, consolidato da tempo, ha l’obiettivo di garantire un uso effettivo ed efficiente dello spettro in maniera compatibile tra i vari usi, in assenza di interferenze indesiderate, improntato al principio della neutralità tecnologica.

### 3.2 Aspetti concernenti lo spettro impiegato in ambito IoT

125. In ambito IoT (e M2M), dal punto di vista della gestione dello spettro, è stata approvata a febbraio 2017 una opinione del RSPG dal titolo “*Opinion on the Spectrum Aspects of the Internet-of-things (IoT) including M2M*”.
126. Il settore IoT/M2M copre un ampio *range* di settori verticali, i quali a loro volta contengono una varietà applicazioni, alcune già in uso da tempo ed altre emergenti, che in linea generale potrebbero beneficiare da uno sviluppo del 5G (cfr. *infra*). La seguente tabella, fornisce alcuni esempi di applicazioni e dei relativi settori verticali di riferimento.

Telemetry	Fleet management	Service and maintenance	Security and surveillance
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utility meters</li> <li>• Parking meters</li> <li>• Industrial meters</li> <li>• Elevators</li> <li>• Vending machines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargo tracking</li> <li>• Stock management</li> <li>• Temperature control</li> <li>• Route planning</li> <li>• Order tracking</li> <li>• Vehicle diagnostics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrial machines</li> <li>• Vending machines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Public surveillance</li> <li>• Asset monitoring</li> <li>• Congestion and movement monitoring</li> <li>• Urban management</li> </ul>
Telematics and transport	Home applications	E-health applications	Sales and payment
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ITS</li> <li>• Navigation</li> <li>• Traffic / weather info</li> <li>• Road safety</li> <li>• Vehicle diagnostics</li> <li>• Location services</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heating control</li> <li>• Electrical appliances</li> <li>• Alarms and security</li> <li>• Surveillance cameras</li> <li>• Garage and garden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patient monitoring</li> <li>• Remote diagnostics</li> <li>• Activity monitoring</li> <li>• Lifestyle suggestions</li> <li>• Personal security</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Point-of-sale terminals</li> <li>• Vending machines</li> <li>• Gaming and entertainment</li> </ul>

Fonte: Opinione RSPG

127. Tale ampia varietà di impieghi si tramuta anche in una estrema varietà di requisiti. La seguente tabella fornisce alcuni esempi.

Massive communications	Critical communications
Use cases	
Collection/gathering of information Smart building Logistics, tracking and fleet management Smart meter Smart agriculture Capillary networks	Command/control/monitoring Remote health care Traffic safety and control Industrial application and control Remote manufacturing, training, surgery Industrial IoT, critical infrastructures (factory automation, motion control, remote control, smart grid, tactile internet, process automation)
Operational requirements	
Low device cost, simple cheap devices, low energy consumption Small data volumes, intermittent uses Can tolerate signal latency, no delay sensitive Massive number of devices Extended coverage (urban and rural environment), coverage inside of buildings	Ultra-reliability High availability Potentially uninterrupted communications Real-time communications, very low signal latency Guaranteed in-time delivery Often local coverage

Fonte: Opinione RSPG

128. I requisiti in termini di spettro per il settore IoT appaiono, secondo l’RSPG, sufficientemente monitorati nell’ambito del citato processo di comunitario di gestione dello spettro attualmente in piedi. Eventuali incrementi della domanda di accesso allo spettro, in particolar modo al di sotto di 1 GHz saranno in ogni caso monitorati dell’RSPG, il quale per il momento ritiene che allo stato non sia necessario allocare nuove bande all’IoT, in quanto sono già disponibili varie soluzioni. La crescita di applicazioni e dispositivi IoT potrebbe in ogni caso creare una proliferazione di richieste settoriali, che anche secondo il RSPG è opportuno siano ricondotte dagli Stati Membri e dalla Commissione, secondo un approccio coordinato. In particolare l’RSPG ha riscontrato richieste dell’industria per l’accesso a frequenze nei *range* degli 800-900 MHz<sup>32</sup> per applicazioni di tipo non licenziato (ad es. per applicazioni di *smart metering* e *smart home*), per le quali

<sup>32</sup> L’*opinion* individua infatti ai fini dello sviluppo dell’IoT in generale opportunità per rilassare le condizioni tecniche d’uso nella banda 862-868 MHz e per rendere disponibili porzioni delle bande 870-876 MHz e 915-921 MHz. L’obiettivo tra gli altri è lo sviluppo delle c.d. *LPWAN* (*Low Power Wide Area Network*) costituite da dispositivi *wide band* SRD in rete dati (detti anche *networked IoT* o *networked SRD*, cioè reti dati *wireless* formate da dispositivi SRD o a questi assimilabili in cui almeno un elemento fa da *access point* verso la piattaforma di servizi esterna alla rete; tali dispositivi sono conosciuti anche come *network access point* (NAP) o *network relay point* (NRP)).

particolare priorità si ritiene debba essere rivolta allo spettro già armonizzato per applicazioni SRD<sup>33</sup>.

129. Le economie di scala sono estremamente importanti in tale settore e da questo punto di vista l’RSPG ritiene che esso possa beneficiare dello spettro disponibile per le reti mobili commerciali pubbliche oltre che di quello disponibile per gli SRD e per il WiFi (WAS/RLAN)<sup>34</sup>. Alcune applicazioni IoT destinate ad aree locali (ad es. per ospedali, piccole industrie, etc.), secondo l’RSPG, potrebbero poi trovare spazio nello spettro licenziato e destinato alle reti ad uso privato di tipo PMR (*private mobile radio*). L’RSPG intravede inoltre opportunità di sviluppo di applicazioni satellitari IoT, in particolare per funzioni di raccolta dati, aventi quindi funzioni complementari rispetto alle applicazioni terrestri IoT.
130. Nell’ambito degli organismi tecnici europei di standardizzazione ed armonizzazione dell’uso dello spettro sono infatti iniziati gli studi circa l’adattabilità delle bande già armonizzate per servizi ECS (*Electronic Communication Services*) al fine di comprendere gli sviluppi evolutivi dedicati all’IoT delle reti radiomobili esistenti. L’RSPG ha in particolare evidenziato la standardizzazione in ambito 3GPP delle seguenti soluzioni tecnologiche: i) EC-GSM-IoT (*extended coverage GSM for IoT*); ii) LTE-eMTC (*LTE evolved machine type communications*), ove l’LTE MTC sarebbe già stato incluso nella Release 13; iii) tecnologia radio *narrowband* sulla piattaforma LTE per la fornitura di servizi massivi *low-cost* MTC (NB-IoT), con 200 kHz di canalizzazione, implementabile nelle bande GSM, UMTS ed LTE. L’RSPG ha evidenziato che le funzionalità IoT saranno poi inserite già nella Release 15 “pre-5G” del 5GPP e poi nella Release 16.
131. In ambito CEPT sono anche in corso attività concernenti il possibile impiego delle varie bande radiomobili (700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, 2600 MHz e 3400-3800 MHz) anche per applicazioni di tipo M2M. E’ infatti in fase di consultazione un apposito rapporto<sup>35</sup> che analizza il possibile sviluppo del M2M attraverso l’uso delle predette tecnologie nelle bande già armonizzate per l’impiego da parte delle reti MFCN (*mobile fixed communication networks*) e le

<sup>33</sup> Cfr. decisione comunitaria 2006/771/EC concernente gli apparati a corto raggio come modificata dalla decisione 2013/752/EU. Tale decisione dovrebbe essere modificata entro il 2017 nell’ambito del sesto programma di aggiornamento.

<sup>34</sup> A tale proposito, va anche menzionata la possibile estensione dei sistemi WAS/RLAN (Wireless Access Systems/Radio Local Area Networks) in banda 5 GHz, in Agenda alla prossima WRC-19 dell’ITU secondo quanto previsto dalla Risoluzione 239. Tale estensione è attualmente allo studio anche in ambito europeo per le verifiche dal punto di vista interferenziale sulla base di un apposito mandato della Commissione alla CEPT riguardante le bande 5350-5470 MHz e 5725-5925 MHz (*WAS/RLAN extension bands*), al fine di garantire la protezione ed il funzionamento delle applicazioni esistenti che operano nell’intorno dei 5 GHz incluse quelle impiegate dai sistemi ITS e TTT.

<sup>35</sup> Cfr. *Draft ECC Report 266 on the suitability of the current ECC framework for the future usage of Wideband and Narrowband M2M in the frequency bands 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2300MHz, 2600 MHz, 3400-3600 MHz and 3600-3800 MHz.*

problematiche di coesistenza relative agli scenari di impiego cosiddetti *standalone*, *in-band* e *guard-band*.

132. Per quanto riguarda le reti mobili commerciali 2G si evidenzia che, al momento, alcune applicazioni di tipo M2M impiegano le reti GSM degli operatori, i cui diritti d'uso è previsto che scadano il 30 giugno 2018. Al riguardo, la legge n. 232/16<sup>36</sup>, dal comma 568 al comma 575, prevede la possibilità per i titolari dei diritti d'uso delle frequenze in banda 900 e 1800 MHz in scadenza al 30 giugno 2018 di richiedere la revisione delle condizioni tecniche e di proroga nel rispetto del principio di neutralità tecnologica. In particolare, il comma 569 indica che i titolari dei predetti diritti d'uso *“possono richiedere l'autorizzazione al cambio della tecnologia sull'intera banda attribuita a far data dal 1° luglio 2017 e contestualmente la proroga alle nuove condizioni tecniche al 31 dicembre 2029 della durata dei suddetti diritti d'uso”*, e il comma 573 specifica che *“fino al 30 giugno 2018 i gestori radiomobili autorizzati al cambio della tecnologia sono, comunque, tenuti al rispetto degli obblighi di cui alle rispettive licenze di global system for mobile communications (GSM)”*. L'argomento sarà pertanto esaminato dall'Autorità nell'ambito di tale contesto normativo ed in base a quanto previsto dal Codice.
133. Nel caso dello spettro impiegato ad uso collettivo da parte di apparati SRD il modello generale è quello di impiego delle frequenze su base di non interferenza e senza diritto a protezione. Alcune frequenze sono già impiegate ad uso collettivo anche in ottica IoT e tra queste figurano ad esempio le bande 169 MHz, 433 MHz, 863-870 MHz, 2400-2483.5 MHz, 5150-5350 MHz e 5470-5725 MHz. Tecnologie come il *WiFi* ed il *Bluetooth* possono considerarsi idonee per applicazioni IoT di tipo *consumer*, quali ad esempio alcune legate al *fitness* o alla domotica che non abbiano stringenti requisiti di latenza ed operino a breve distanza. Tra le applicazioni SRD con trasmissione a breve distanza rientrano soluzioni tipo *Bluetooth low energy (Bluetooth smart)*, *IEEE 802.11ah*, *IEEE 802.15.4*, *ZigBee*, *Z-Wave*, etc. Tra quelle sempre di tipo SRD ma aventi caratteristiche di trasmissione a più lungo raggio rispetto alle precedenti (*LPWA networks*) rientrano le soluzioni *Sigfox*, *Weightless*, *Ingenu*, *LoRaWAN*, etc.
134. In particolare per quanto riguarda in generale lo sviluppo delle c.d. *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)*, nello specifico della categoria dei *wideband data transmission system* (che comprendono i *networked SRD*) è allo studio a livello CEPT un aggiornamento delle condizioni di impiego di porzioni della banda 863-868 MHz, all'interno del consolidato *framework* regolatorio SRD. Sempre per quanto riguarda lo sviluppo delle predette applicazioni di *LPWAN* o *networked SRD/IoT*, anche tenendo conto dei recenti studi di cui all'Addendum al Report

<sup>36</sup> Legge 11 dicembre 2016, n. 232, *Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2017 e bilancio pluriennale per il triennio 2017-2019*, pubblicata su GU n. 297 del 21 dicembre 2016.

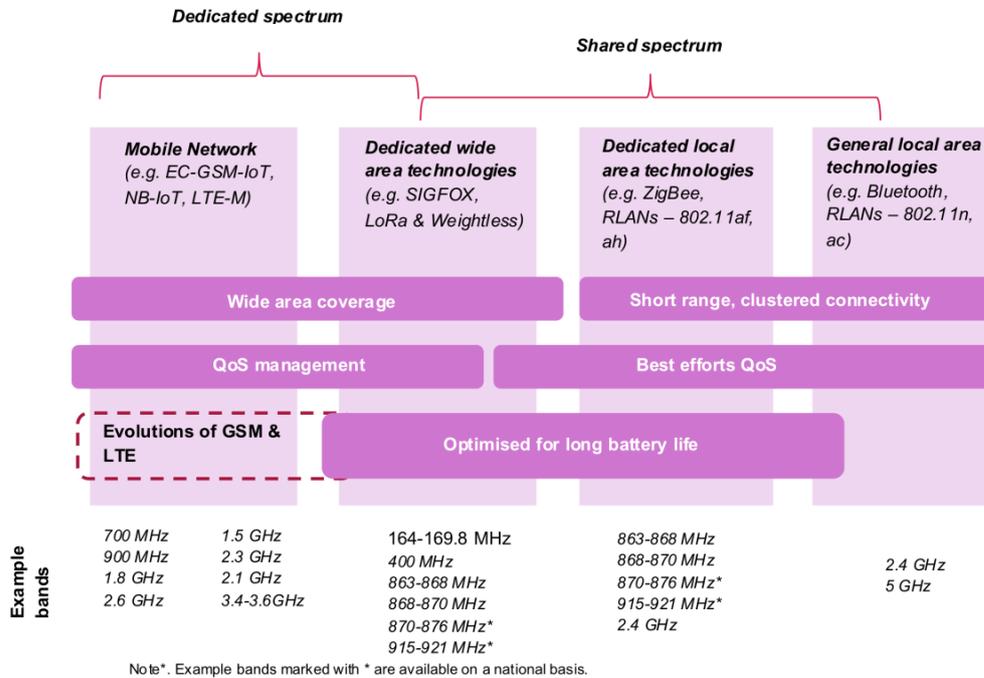
CEPT 59<sup>37</sup>, per alcune porzioni delle bande 870-876/915-921 MHz sono in discussione ulteriori modifiche tecniche alle condizioni di impiego previste dal predetto *framework* SRD, ed approcci di tipo *light licensing*, che configurano un ambiente SRD con eventuali forme di autorizzazione senza uso esclusivo dello spettro, con eventuali sistemi di registrazione/notifica, e senza garanzia di protezione. Le misure in discussione prevedono determinati margini di flessibilità a livello nazionale, anche per tener conto di eventuali esigenze nazionali e della necessità di protezione dei servizi esistenti. Una parte di queste ultime bande (precisamente le porzioni 873-876/918-921 MHz) è soggetta anche all'interesse per lo sviluppo delle applicazioni destinate al trasporto ferroviario (per il quale si veda la sezione dedicata *infra*). Le bande in questione (863-868 MHz e 870-876/915-921 MHz) ricadono attualmente in Italia, ai sensi del vigente PNRF, sotto la gestione del Ministero della difesa e l'eventuale implementazione di soluzioni allocative dello spettro rientra nelle competenze del MISE<sup>38</sup>.

135. La seguente figura concernente la *spectrum roadmap* per l'IoT, tratta dal citato documento dell'RSPG, fornisce alcune indicazioni di massima circa l'impiego di differenti tecnologie, in varie gamme di frequenze, in relazione a possibili requisiti di servizio relativi alla copertura/connettività, qualità e durata delle batterie.

---

<sup>37</sup> Dal titolo "*Possibilities for a harmonisation approach for the bands 870-876 MHz and 915-921 MHz, also taking into account new opportunities in the band 862-868 MHz*". Con riferimento alla banda 862-870 MHz vedasi anche l'ECC Report 261 della CEPT "*Short Range Devices in the frequency range 862-870 MHz*".

<sup>38</sup> Si evidenzia come varie amministrazioni europee, tra cui l'Italia, alla luce di quanto contenuto nel predetto Addendum al Report CEPT 59 ed in relazione alla successiva fase di esame del documento per l'eventuale aggiornamento del *framework* regolatorio SRD, abbiano espresso, in sede CEPT, la necessità della salvaguardia nazionale ai fini di impiego dello spettro per esigenze di sicurezza e difesa ed indicato in particolare riserve ai fini della verifica delle misure poste a garanzia di protezione dei servizi primari esistenti e degli usi della difesa operanti nelle bande 870-876/915-921 MHz.



Fonte: Opinione RSPG

136. Le conclusioni di un recente workshop del BEREC (gruppo dei regolatori europei del settore comunicazioni elettroniche), tenutosi il 1 febbraio 2017, concernente gli sviluppi del settore IoT/M2M, condivise anche dagli *stakeholders* presenti, sono peraltro in linea con le previsioni dell’RSPG, in quanto è stato evidenziato come la disponibilità di risorse scarse come lo spettro e la numerazione, al momento, non appaia un problema critico per lo sviluppo di tale settore, che non sembra richiedere al momento necessità di spettro ad esso specificatamente dedicato o particolari azioni di tipo regolatorio. Tali conclusioni sono simili a quanto evidenziato anche in un Rapporto<sup>39</sup> del BEREC sull’argomento, ove invece si pone l’accento su altri temi regolatori diversi dall’allocazione frequenziale che necessitano di opportuna valutazione, quali il *roaming*, la *number portability* e lo *switching* del fornitore dei servizi di connettività impiegati dagli apparati per comunicare con le applicazioni IoT.
137. In ogni caso un aspetto importante emerso in ambito RSPG è rappresentato dalla necessità di informare adeguatamente gli *stakeholders* del settore IoT sulle varie opzioni di accesso allo spettro, in particolar modo in conseguenza della natura estremamente diversificata di applicazioni e soggetti interessati che potrebbero non

<sup>39</sup> Report BEREC “Enabling the Internet of Things” del 12 febbraio 2016.

avere familiarità con le tematiche di gestione dello spettro, regimi autorizzativi, disponibilità di frequenze e condizioni di impiego<sup>40</sup>.

138. Il sistema di gestione dello spettro con uso condiviso delle frequenze risulta infatti efficiente a patto di mantenere un appropriato livello delle condizioni tecniche di impiego, pur mantenendo un approccio tecnologicamente neutrale, tale da consentire gli sviluppi di nuove applicazioni e contenere comunque i livelli di interferenza, entro i limiti che consentano il corretto funzionamento delle applicazioni.
139. La designazione armonizzata di bande di frequenze ad uso collettivo avviene in ambito europeo (CEPT ed UE) a valle di studi specifici di compatibilità con le applicazioni esistenti in banda e in banda adiacente in funzione di determinate caratteristiche tecniche che gli apparati che impiegano tali frequenze devono rispettare. Tali studi si basano anche sulle condizioni di impiego quali ad esempio la numerosità/concentrazione di apparati ed il cosiddetto ciclo di funzionamento (*duty cycle*). Per tale motivo la variazione delle condizioni di impiego ovvero delle caratteristiche degli apparati sarebbero suscettibili di incidere sugli equilibri interferenziali tra i vari utilizzatori. Inoltre va ricordato come le bande ad uso collettivo impiegate dagli apparati SRD non nascono in generale per la fornitura di servizi commerciali al pubblico, e seguano le indicazioni del Piano nazionale di ripartizione delle frequenze (PNRF) che prevede per talune bande di frequenze, agli apparati a corto raggio (SRD) aventi determinate caratteristiche tecniche, di operare su base di non interferenza e senza diritto a protezione. Pertanto, anche alla luce di quanto attualmente in corso di sviluppo a livello CEPT (cfr. il citato Addendum al Report 59 relativo alle c.d. *networked SRD*), è opportuno evidenziare che l'uso potrebbe necessitare di apposita regolamentazione (in particolare nel caso di eventuale uso pubblico commerciale o comunque di interesse pubblico<sup>41</sup>). Ciò, anche in ragione del fatto che per le applicazioni in questione la c.d. *harmful interference*, o in generale le interferenze da congestione, potrebbero nascere anche dall'effetto aggregato di utilizzi che singolarmente rispettano le norme tecniche previste.

---

<sup>40</sup> A tal fine si richiama in particolare l'attenzione sul già citato PNRF (piano nazionale di ripartizione delle frequenze), da ultimo approvato con decreto ministeriale 27 maggio 2015, che costituisce il piano regolatore nazionale delle frequenze. Esso contiene i riferimenti al gestore delle varie bande di frequenze (MISE e/o Ministero difesa) ed alle principali condizioni sia di tipo tecnico che amministrativo per l'impiego dello spettro. A tale documento occorre in particolare fare riferimento per verificare i richiami alla normativa tecnica applicabile, tra cui le decisioni o le raccomandazioni della CEPT, che, ove non recepite dal PNRF, non hanno natura cogente. Occorre anche tener conto che alcune bande di frequenze, a livello nazionale, sono gestite dal Ministero della difesa.

<sup>41</sup> Allo stato, ai sensi di quanto previsto dal vigente PNRF, per le sole applicazioni di tipo WAS/R-LAN (operanti in bande di frequenze ad uso collettivo e senza protezione dalle interferenze 2400-2483,5 MHz, 5150-5350 MHz e 5470-5725 MHz) è regolamentato anche l'uso pubblico, secondo le previsioni di cui alla delibera dell'Autorità n. 183/03/CONS, che include specifiche misure a tutela dell'utenza e concernenti la disciplina generale in materia di fornitura al pubblico di tali servizi.

140. In tale contesto appare quindi opportuno acquisire nell'ambito della presente indagine, innanzitutto informazioni sulle principali applicazioni dei settori IoT e M2M con riguardo all'uso delle frequenze già in qualche modo impiegate da tali settori, sia di tipo collettivo che nell'ambito delle reti mobili commerciali e delle principali differenze, dal punto di vista generale dell'idoneità o meno per la fornitura di un determinato servizio, che dal punto di vista specifico delle prestazioni e della qualità. A tal proposito, secondo quanto emerso anche nel predetto *workshop* del BEREC, una parte di applicazioni di tipo IoT/M2M potrebbe non necessitare di elevati livelli di qualità del servizio. Le reti che impiegano spettro di tipo licenziato potrebbero comunque garantire, in linea generale, maggiori livelli qualitativi. A tale riguardo l'RSPG evidenzia come non vi sia per l'IoT un singolo approccio autorizzativo per l'accesso allo spettro tale da soddisfare tutte le possibili domande di impiego e tipologie di applicazioni, le quali in definitiva potrebbero beneficiare di un mix complementare di soluzioni.
141. La predetta opinione dell'RSPG, così come alcune recenti consultazioni svolte a livello nazionale dalle Autorità di settore, indicano da parte di alcune applicazioni, in particolare per lo *smart metering* e lo *smart grid*, la possibilità di mettere in campo soluzioni di connettività alternative a quelle proposte dai *networks* degli operatori radio mobili tradizionali, aventi caratteristiche prestazionali differenti, che, allo stato, non appaiono confluire specificatamente nel contesto del 5G. In considerazione di ciò, alcune applicazioni di specifici mercati verticali (tipicamente: settore energetico, *utilities* e, parzialmente, *smart city*) legate al settore IoT potrebbero quindi non essere direttamente correlate al 5G. Ciò potrebbe indurre un possibile fenomeno di frammentazione delle soluzioni tecnologiche, sia nella connettività che nell'interoperabilità, per l'offerta di determinati servizi in ambito IoT/M2M.
142. Appare quindi utile esaminare da un lato il ruolo di eventuali soluzioni di connettività che impiegano ad esempio spettro ad uso collettivo, anche indipendentemente dalle iniziative concernenti gli specifici sviluppi del 5G, ed i potenziali effetti sul mercato della fornitura di determinati servizi. In aggiunta si ritiene utile investigare anche le eventuali possibili complementarietà e/o sinergie dallo spettro impiegato ad uso collettivo con quello di tipo licenziato impiegato dalle reti mobili commerciali tradizionali per la fornitura di servizi di tipo IoT.
143. Per quanto riguarda in particolare le applicazioni per il settore trasporto in generale e *automotive* in particolare, in cui l'utilizzo di bande ad uso collettivo si è ormai consolidato nel tempo, una dedicata analisi è sviluppata in una specifica sottosezione nel capitolo 4.
144. Alla luce del contesto regolamentare descritto, che vede l'attribuzione a una data banda di determinati servizi come esito di un lungo e consolidato processo di studi di compatibilità e armonizzazione globale o comunitaria, appare fondamentale l'intervento della standardizzazione e dei protocolli applicativi per consentire, sia in generale che in ottica 5G, di soddisfare le esigenze descritte da parte di alcuni

settori quali ad esempio l'utilizzo di bande ad uso condiviso in ambiente multi-operatore e per servizi con particolari esigenze di affidabilità della connessione e confidenzialità dei dati. La presente indagine pertanto intende anche acquisire elementi sui principali sviluppi in corso in tale ambito.

**3.2.1) Considerato l'ampio ventaglio di applicazioni legate al settore IoT, il rispondente fornisca una descrizione delle principali applicazioni di interesse, con indicazione delle frequenze impiegate o impiegabili, di eventuali esigenze connesse all'uso dello spettro ed indicazioni relative alla qualità richiesta.**

**3.2.2) Il rispondente fornisca informazioni sugli sviluppi di soluzioni tecnologiche legate al settore IoT che impiegano spettro di tipo collettivo. Considerate le caratteristiche di utilizzo di tali bande, che danno luogo alla necessità di affrontare questioni legate alla capacità, alla coesistenza in un ambiente multiuso e multi-operatore, alla confidenzialità dei dati, quali sono gli sviluppi in termini di standardizzazione e protocolli applicativi che possano fronteggiare le dette criticità, per le varie applicazioni di interesse?**

**3.2.3) Il rispondente fornisca informazioni sugli sviluppi di soluzioni tecnologiche legate al settore IoT che impiegano spettro di tipo licenziato. Si forniscano in particolare informazioni sulla standardizzazione di tipo NB-IoT, EC-GSM ed LTE-eMTC, ed eventuali altre soluzioni, nonché sulla diffusione e disponibilità dei relativi apparati/dispositivi/moduli. Si espongano anche eventuali aspetti legati al ciclo di vita dei prodotti e delle piattaforme di comunicazione ed alla necessità di migrazione dei sistemi.**

**3.2.4) Ritiene il rispondente che nell'ambito del settore IoT vi possano essere eventuali complementarità e/o sinergie, o eventualmente sovrapposizioni, tra le soluzioni di accesso allo spettro di tipo collettivo e gli accessi forniti attraverso le reti mobili commerciali? Il rispondente fornisca ove possibile alcuni esempi.**

**3.2.5) Alla luce del quadro descritto, che non esclude una possibile frammentazione delle soluzioni tecnologiche per l'offerta di determinati servizi in ambito IoT/M2M (ad es. *Smart Metering, Smart City*, etc.), ritiene il rispondente che dovrà essere il mercato a determinare la scelta più adeguata delle tecnologie di connettività di volta in volta per gli specifici servizi, ovvero che potrà svilupparsi una piattaforma *standard* consolidata? Quali sono le eventuali criticità?**

**3.2.6) Quali sono, in particolare, le strategie industriali del rispondente concernenti lo sviluppo sul territorio nazionale di soluzioni del tipo *LPWAN (Low Power Wide Area Network)* o *Networked SRD/IoT*? Fatta salva la competenza del MISE in tema di allocazione dello spettro e la necessità di protezione degli usi di sicurezza pubblica e difesa, qual è in particolare la prospettiva di possibile utilizzo delle bande 863-868**

**MHz e 870-876/915-921<sup>42</sup>? Ritiene il rispondente che l'industria italiana possa contribuire allo sviluppo di tale ecosistema e come?**

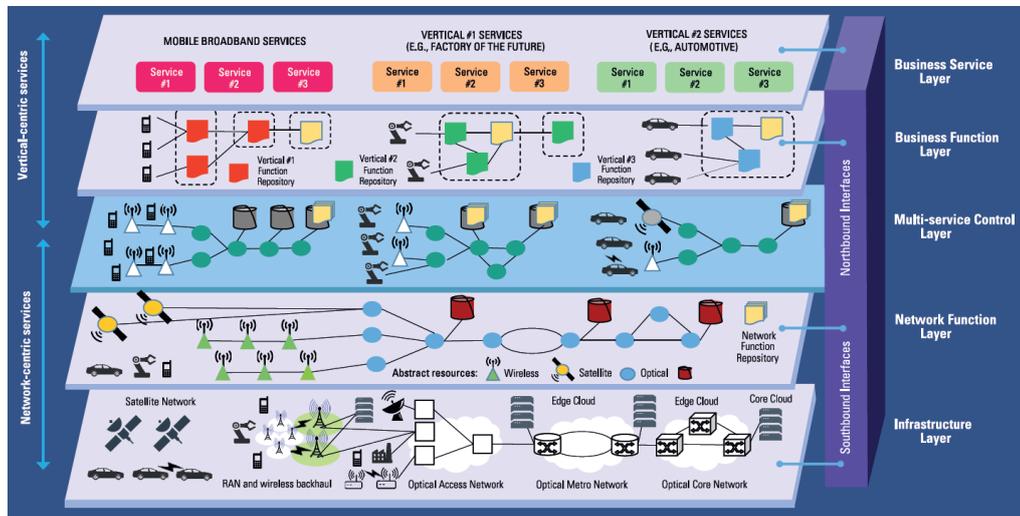
**3.2.7) Considerate le previsioni di sviluppo del settore IoT (incluso il M2M), quali sono le prospettive attese per gli operatori di comunicazione elettronica derivanti da nuove possibili attività di tipo *Business-to-Business* (B2B) e *Business-to-Business-to-Consumer* (B2B2C)? Quali saranno in particolare i nuovi modelli di *business* e le relative fonti di finanziamento?**

**3.2.8) Quali saranno le principali caratteristiche dei servizi innovativi introdotti col 5G per il supporto specifico dell'IoT?**

#### **4. Aspetti concernenti l'evoluzione delle architetture di rete 5G e modelli di *business***

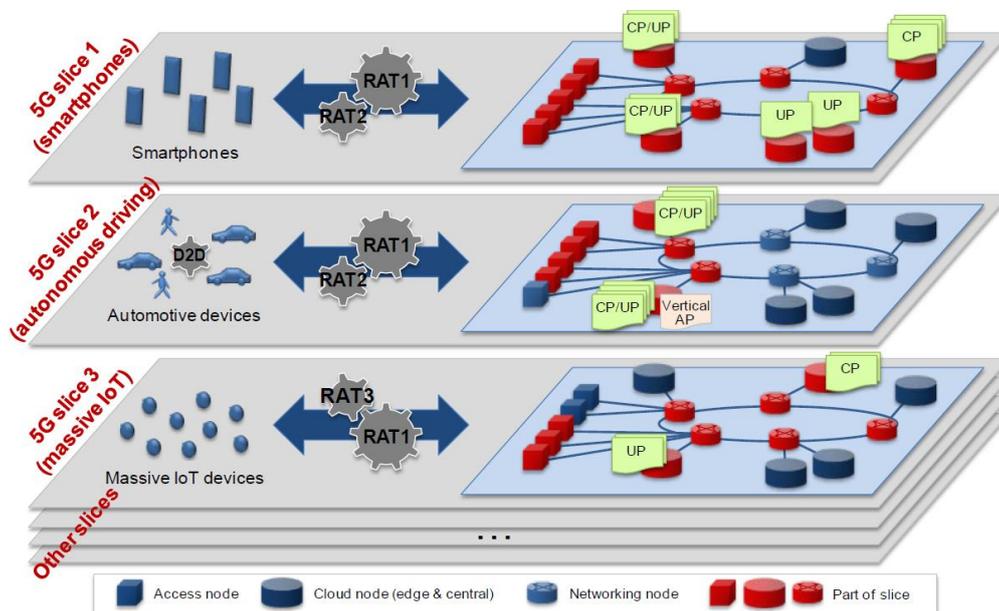
145. L'Autorità, nel contesto di sviluppo fin qui descritto, ritiene utile acquisire informazioni generali concernenti l'evoluzione delle architetture di rete 5G per garantire scalabilità e agilità nella gestione e creazione dei servizi e nella condivisione di elementi di rete. Allo stato, tali requisiti sembrano poter essere soddisfatti mediante l'impiego estensivo di tecnologie di virtualizzazione della rete, operanti sia nel nucleo della rete, come quelle di tipo SDN (*Software Defined Networks*) e NFV (*Network Function Virtualization*), sia ai bordi della rete, come ad esempio la tecnologia C-RAN (*Cloud Radio Access Network*), adottata per la virtualizzazione delle stazioni radio base.
146. L'approfondimento di tali aspetti, che rappresentano gli strumenti per la realizzazione del concetto di "affettamento" (*slicing*) virtuale, che dovrebbe essere una delle caratteristiche salienti della rete 5G (c.d. *5G Network Slicing*), appare rilevante per valutare il potenziale impatto sulla gestione dello spettro radio.
147. La seguente figura illustra l'architettura integrata 5G a supporto del servizio mobile a banda larga e dei vari mercati verticali. L'architettura in questione si compone di 5 livelli: *business service layer*, *business function layer*, *multi-service control layer*, *network function layer*, *infrastructure layer* alcuni dei quali afferiscono principalmente ad infrastruttura e funzionalità di rete dell'operatore mentre altri afferiscono a strutture/servizi più specificatamente a supporto dei servizi verticali (quali ad esempio le funzioni di *repository*). La predetta architettura trova ampia descrizione nella letteratura tecnica prodotta dagli organismi citati nella prima parte del presente documento, coinvolti nelle fasi di studio, ricerca e standardizzazione del 5G.

<sup>42</sup> Si veda anche la domanda 5.4 nella sezione dedicata all'*automotive & transport*.



Fonte: 5G Infrastructure Association: 5G Empowering vertical industries

148. La seguente figura illustra schematicamente il concetto di affettamento virtuale nell'ambito di una medesima infrastruttura di tipo 5G. Una fetta di rete supporta il servizio di comunicazione di un particolare tipo di collegamento con un modo specifico di gestire i piani di controllo e di utenti (*C-Plane* e *U-Plane*) per il servizio considerato. A tal fine, una fetta 5G è composta da un insieme di specifiche funzioni di rete e impostazioni della RAT (*Radio Access Technology*) 5G, che sono combinati insieme per il caso d'uso in esame o per un particolare modello di *business*. Pertanto, una fetta 5G può comprendere vari domini della rete: da moduli *software* in esecuzione sul *cloud* a configurazioni specifiche della rete di trasporto; da configurazioni radio dedicate o anche da specifiche RAT, fino alle configurazioni dei dispositivi 5G.

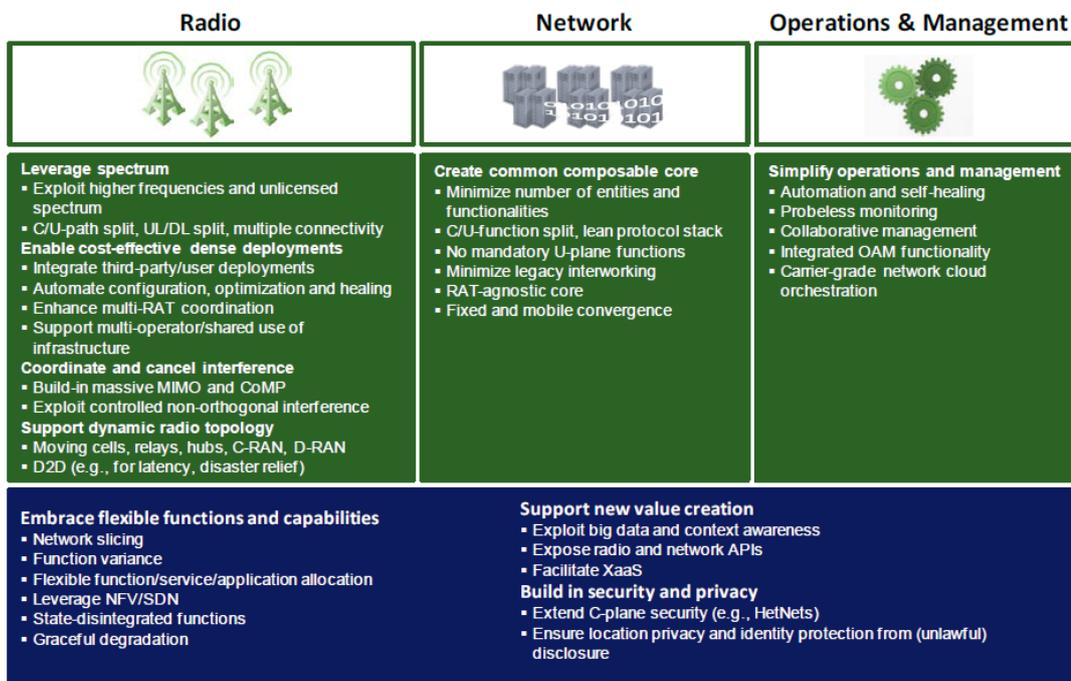


Fonte NGMN: “NGMN 5G White Paper”

In altri termini, l’idea alla base delle fette 5G è fornire le funzionalità di trattamento del traffico richieste per il caso d’uso in esame, evitando l’attivazione di altre funzionalità non specificamente utili allo scopo e, conseguentemente, l’allocazione di risorse di rete non necessarie. Tale livello di flessibilità risulta un fattore chiave in ottica 5G, anche per creare nuove opportunità d’impresa. Ad esempio, soggetti terzi potrebbero richiedere al gestore dell’infrastruttura di rete l’abilitazione di determinati permessi per controllare alcuni aspetti dello *slicing* (mediante apposite API – *Application Programming Interface*), in modo da poter erogare servizi su misura a specifici clienti di tipo *business* e/o *retail*. In tale contesto, ad esempio, una fetta di rete potrà essere creata per fornire servizi avanzati *mobile broadband*, così come una fetta potrà essere allocata per fornire determinati servizi destinati al settore auto e IoT di tipo massivo. Dal punto di vista dell’utente finale, ogni fetta potrà essere vista come una rete indipendente anche se funzionerà nell’ambito della stessa infrastruttura di rete.

149. La seguente figura riassume i principi alla base della progettazione e dello sviluppo dei sistemi 5G, tra cui rientrano anche gli aspetti illustrati precedentemente. Come già evidenziato, l’interesse dell’indagine conoscitiva è particolarmente rivolto agli aspetti dello sviluppo del 5G che possono avere impatto sulla gestione dello spettro radio, con particolare riguardo all’utilizzo di nuove porzioni di spettro al di sopra dei 6 GHz. Dalla figura si evince che oltre ai tre livelli di tipo accesso radio, rete *core* e gestione O&M (Operations & Management), è presente un livello trasversale all’intera rete, che comprende varie funzionalità descritte precedentemente, tra cui NFV/SDN e *network slicing*, la facilitazione dell’approccio XaaS (cioè la

possibilità di condivisione e offerta di elementi di rete come servizio, vedi *infra*), sicurezza, *privacy*, etc.



Fonte NGMN: “NGMN 5G White Paper”

150. La precedente figura, nella parte di accesso radio, evidenzia anche l'importanza di poter sfruttare bande di frequenza elevate. L'architettura di rete 5G risulta infatti particolarmente legata ed influenzata dagli sviluppi previsti concernenti l'impiego delle onde millimetriche (*mmWave*). Queste infatti consentono il *deployment* di stazioni radio base con corti raggi di cella e molto densamente distribuite, eventualmente anche con copertura sovrapposta, ma con possibilità di limitare i disturbi tra le celle radio, particolarmente in virtù dell'adozione di tecniche di mitigazione dell'interferenza, delle caratteristiche di propagazione nonché delle possibilità di *beamforming* facilitate appunto dal tipo di bande. Ciò potrebbe comportare un significativo incremento del numero di celle radio per erogare servizi ad elevato *throughput*. Al contempo, tale scenario richiede un'ottimizzazione dei meccanismi di gestione delle risorse, sia per la rete di accesso che per l'architettura *core*, ad esempio nell'ottica di ottenere un'efficiente gestione delle risorse radio a fronte di elevate frequenze di *handover* e quindi in modo da garantire la disponibilità e continuità dei collegamenti. Anche da tali considerazioni si evidenziano i vantaggi se non la necessità di prevedere funzionalità come la virtualizzazione (ad esempio mediante SDN e NFV) e la remotizzazione (ad esempio mediante l'impiego di un'architettura C-RAN per il *processing* in banda base di un elevato numero di *Remote Radio Head*) delle risorse di rete. La gestione

delle onde millimetriche negli scenari descritti comporta anche la necessità di impiegare reti eterogenee (c.d. *Heterogeneous Network* o *het-net*) con architetture ibride *macro/micro/femto*-cellulari (eventualmente prevedendo l'applicazione di tecniche di tipo *Software Defined Radio*), anche al fine di garantire vari livelli di copertura dei servizi per i vari scenari d'uso e per assicurarne la continuità operativa sul territorio, richiesta specialmente da talune tipologie di applicazioni.

151. In tale contesto gli sviluppi delle architetture di rete appaiono estremamente influenzati anche dalle bande di frequenze che saranno impiegate in tecnologia 5G. È presumibile infatti che ciascun operatore possa disporre di un pacchetto frequenziale differenziato l'uno dall'altro sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, nell'ambito del quale poter implementare le tecnologie 5G. Per tali motivi appare utile quindi nell'ambito della presente indagine conoscere quali siano, ad avviso dei rispondenti, le bande di frequenza già assegnate o di futura armonizzazione/assegnazione maggiormente suscettibili di incidere sull'evoluzione delle architetture di rete in ottica 5G per la fornitura di servizi di comunicazione elettronica.
152. L'estrema varietà di applicazioni che il 5G dovrà supportare nell'ambito dei vari mercati verticali, il cui sviluppo atteso nei prossimi anni potrebbe essere considerevole da un punto di vista quantitativo ed economico, unita alla profonda trasformazione dell'intera infrastruttura di rete, pone all'attenzione del regolatore la questione di esaminare anche prospettivamente se e come l'evoluzione delle architetture di rete verso il 5G possano impattare anche su alcune questioni di carattere regolatorio legate all'assegnazione dello spettro, quali ad esempio obblighi di accesso, interconnessione e copertura, o misure anti accaparramento, quali ad esempio eventuali *cap* di frequenze.
153. Una conseguenza di questa evoluzione verso il 5G potrebbe infatti riguardare la possibile creazione di nuovi modelli di *network sharing*, rispetto alle forme attualmente previste in letteratura, tipicamente classificate sulla base del livello di profondità della condivisione delle risorse all'interno della rete. In particolare, possono essere identificate le seguenti modalità di *network sharing*:
  - lo *sharing* passivo, che prevede la condivisione di componenti passivi della rete, quali siti, pali, tralicci, *shelter*, armadi, etc.;
  - lo *sharing* attivo, ad indicare la condivisione anche degli elementi attivi della rete di accesso, tra cui le antenne, le *Base Transceiver Station* (BTS)/*NodeB/eNodeB* (inclusi gli apparati radio e la trasmissione in banda base), la pianificazione e la progettazione di rete radio, eventualmente l'infrastruttura di *backhauling* e lo spettro radio, etc.;
  - la *core network sharing*, che è il livello più profondo di condivisione di risorse tra operatori, in quanto prevede lo *sharing* di componenti della rete di

trasmissione *core*<sup>43</sup>, come ad esempio il *Network and Switching Subsystem* (NSS), che svolge le funzioni di gestione della commutazione e della mobilità, l'*High Speed Serial/Home Location Register* (HSS/HLR) e altri sistemi per la comunicazione dei dati e per l'ottimizzazione dei costi di traffico. Gli elementi di rete condivisi sono spesso gestiti o forniti come servizio da fornitori terzi (tipicamente costruttori). In questa modalità di *sharing* può essere inclusa la condivisione di ulteriori funzionalità, tra cui ad esempio IMS (*IP Multimedia Subsystem*), fatturazione, assistenza clienti, etc.

154. Ad oggi, il modello di condivisione della rete *core* viene tipicamente implementato per rispondere alle esigenze del mercato degli operatori MVNO (*Mobile Virtual Network Operator*). In tal caso, i sistemi di rete *core* possono essere forniti a più operatori MVNO da una figura intermedia della catena del valore dell'industria delle comunicazioni *wireless*, il MVNE (*Mobile Virtual Network Enabler*)<sup>44</sup>.
155. Nella modalità di condivisione attiva della rete rientrano il MORAN (*Multi-Operator Radio Access Network*) ed il MOCN (*Multi-Operator Core Network*). Tali modalità prevedono la condivisione di tutti gli apparati della rete di accesso: i vari componenti della RAN risultano integrati in un'unica rete, al punto che una RAN condivisa può essere vista come una singola rete radio collegata alle reti principali di diversi MNO attraverso punti di interconnessione. Tipicamente, un operatore che decide di implementare tali modelli di condivisione ha due opzioni principali: affittare l'intero "pacchetto" da un singolo *player* che gestisce i siti (e, di solito, anche il *backhauling*), oppure creare una *joint venture* con altri operatori MNO.
156. Gli approcci MORAN e MOCN si differenziano fundamentalmente nelle modalità d'uso delle risorse spettrali: lo *sharing* attivo di tipo MORAN prevede generalmente la gestione di spettro dedicato, ossia le apparecchiature radio sono condivise tra operatori, ma ciascun MNO effettua la trasmissione su portanti radio separate; nell'opzione MOCN anche lo spettro può essere condiviso tra MNO, che effettuano il *pooling* delle loro risorse frequenziali in modo da consentire ai propri clienti di accedere all'intero spettro *shared/pooled*. Esistono tuttavia anche forme di MOCN in cui lo spettro non viene condiviso, e questo caso è assimilabile ad un *roaming* evoluto. Quando nel MOCN è prevista la condivisione anche di una parte della *mobile core network* (ad esempio, elementi di rete come il *Mobility Management Entity* nelle reti LTE), si parla di *sharing* di tipo *Gateway Core Network* (GWCN).
157. Modelli evolutivi di *sharing* in ambito 5G potrebbero nascere in relazione ai vari livelli della nuova architettura ed alle varie funzionalità previste, descritte precedentemente. Infatti, in particolare relativamente alla rete di accesso e al tema

<sup>43</sup> Tale modalità di *network sharing* può prevedere opzionalmente anche la condivisione degli elementi passivi e attivi della rete di accesso.

<sup>44</sup> In taluni casi, può verificarsi che anche gli operatori MNO possano ricorrere ai MVNE qualora la loro infrastruttura di rete non risulti sufficientemente flessibile per ospitare diversi *sub-brand*.

dell'uso dello spettro, assumono estrema rilevanza gli impatti che le nuove architetture, in particolare il meccanismo di *network slicing*, può avere nei confronti dei predetti modelli di *sharing*, nonché nella determinazione degli obblighi di copertura e della successiva verifica.

158. Come descritto in precedenza, la separazione del piano di controllo e di utente mediante SDN avrà un impatto sulla rete mobile 5G, che potrà vedere divise le rispettive funzionalità e fornire le corrispondenti interfacce. Tale elevato livello di flessibilità di gestione delle risorse può risultare rilevante ai fini dell'introduzione di nuovi modelli di condivisione delle risorse, sia nella parte di accesso che nella rete *core*. Ad esempio, per applicazioni di tipo trasporto, le risorse di rete potrebbero essere "affettate" dinamicamente e opportunamente per garantire il rispetto dei relativi requisiti in termini di capacità e copertura in una determinata linea territoriale di interesse, in modo da assicurare efficientemente la continuità del servizio, anche mediante l'utilizzazione di più bande.
159. Più in generale, al riguardo è utile osservare come nel 5G sia atteso riscontrare una mappatura delle funzionalità di rete sull'architettura fisica in funzione del caso d'uso, dei requisiti specifici del servizio, e delle proprietà fisiche delle implementazioni esistenti. Inoltre, è previsto che tali funzioni saranno istanziate individualmente per ogni rete logica che sarà realizzata sulla stessa infrastruttura, implicando la necessità di prevedere mediante NFV diverse allocazioni sulla rete per garantire la coesistenza di vari casi d'uso e servizi, e quindi ottenere un efficiente coordinamento tra gli elementi di rete e l'utilizzo ottimale delle risorse condivise, fattore chiave per il successo dei futuri sistemi 5G.
160. A tal fine, assume un ruolo determinante la componente di sistema denominata "orchestrazione", rappresentata tipicamente da una piattaforma (c.d. *orchestration platform*) all'interno dell'architettura di rete 5G, in grado di distribuire e coordinare dinamicamente la gestione del ciclo di vita delle varie funzioni di rete virtualizzate. Tale piattaforma comprende sia i moduli *software* di gestione, che consentono la programmabilità della rete, e la configurazione automatica dei domini di ciascuna rete logica, sia le interfacce alle varie componenti dell'infrastruttura fisica.
161. Sempre con riferimento all'evoluzione delle architetture di rete in ottica 5G, si pone all'attenzione del regolatore la necessità di investigare la possibile trasformazione dei servizi di tipo *wholesale* sia tra operatori di rete (esistenti o possibili nuovi entranti) che tra questi ed operatori mobili virtuali o in generale *third parties providers*. Attraverso caratteristiche quali lo *slicing* della rete potrebbero infatti nascere nuove modalità di accesso di tipo virtuale dedicate ad alcune specifiche tipologie di servizi (*virtual lease*), ciascuna con determinate caratteristiche ed implicazioni di carattere tecnico ed economico, relative ad esempio ai servizi di interconnessione (raccolta/originazione, transito e terminazione).
162. Tradizionalmente la catena del valore dell'industria delle comunicazioni *wireless*, comprende la figura principale del MNO (*Mobile Network Operator*) o in generale

dell'operatore di rete *wireless*, come soggetto titolare delle risorse frequenziali<sup>45</sup>. A livelli superiori della catena troviamo i *Content Provider* e i *Service Provider* con vari livelli di integrazione. L'MNO è stato affiancato negli ultimi anni dall'operatore virtuale di rete mobile MVNO (*Mobile Virtual Network Operator*), e, in alcuni Paesi, in misura marginale in Italia, da figure intermedie tra MNO e MVNO come il citato MVNE (*Mobile Virtual Network Enabler*). Recentemente poi, ad un livello simile a quello del *Content Provider*, si sono affacciati una serie di nuovi *player* genericamente riassunti nel termine, forse non del tutto appropriato, di OTT (*Over The Top*).

163. Con l'avvento del 5G, e in particolare delle nuove caratteristiche architetture descritte in precedenza, potrebbe sia modificarsi l'ambito di attività di figure tradizionali, ad esempio i fornitori di accesso<sup>46</sup> o i *providers* di specifici servizi, ad esempio legati a settori in rapida crescita dell'IoT, dell'*automotive* e in generale dei vari mercati verticali serviti dal 5G, i quali attraverso le nuove forme di accesso (*lease*, *virtual lease*, etc.) potrebbero direttamente gestire porzioni oppure funzionalità di rete, sia configurarsi nuovi soggetti intermedi, nonché soggetti che potrebbero essere attivi a livello di brokeraggio (non solo di spettro), eventualmente abilitati dalle varie forme di *sharing*. Il citato NGMN 5G *White Paper* alla luce dei nuovi *business model*, categorizza le nuove figure in *Asset Provider*, *Connectivity Provider*, *Partner Service Provider*. L'*Asset Provider* può offrire ed operare a beneficio di terze parti varie funzionalità o infrastrutture di rete come fossero un servizio<sup>47</sup> oppure realizzare e gestire varie forme di *network* o *infrastructure sharing*<sup>48</sup>. Il *connectivity provider* può offrire connettività base o avanzata a beneficio sia di clienti *retail* (*consumer e business*) che *wholesale* (es. MVNO)<sup>49</sup>. Il *partner service provider* (che può essere anche un OTT) infine offre ai clienti

<sup>45</sup> Per completezza vi possono essere operatori di rete che utilizzano anche banda *unlicensed* (es. WiFi, SigFox, etc.) e banda non terrestre (es. operatori satellitari).

<sup>46</sup> E' il caso ad esempio del settore energia dove si è in alcuni casi già circoscritta la figura del PVNO (*Private Virtual Network Operator*) che corrisponde grossomodo ad un MVNO gestito da una *utility* per servizi interni.

<sup>47</sup> Si parla di XaaS, acronimo di *anything(X) As A Service*. Un esempio potrebbe essere lo *Small Cell Asset Provider*, che fornisce reti locali di *small cell* ad esempio in ambito urbano. Il ricorso ad uno SCAP avrebbe il vantaggio di semplificare le attività di *town planning* e controllare le interferenze aggregate (cfr. proposte della Commissione europea nel *draft EECC*).

<sup>48</sup> I modelli di *business* del *network sharing* riguardano relazioni tra *service provider* e operatori, e fra operatori tra loro, fra i quali le infrastrutture di rete fisica di ciascuno sono strettamente accoppiate. I sistemi 5G dovrebbero prevedere strumenti semplici per vari schemi di *network sharing* che consentano di massimizzare le sinergie e consentire modelli di *business* flessibili e relazioni commerciali che potrebbero potenzialmente cambiare con rapidità. Col 5G dovrebbe essere possibile avere la flessibilità necessaria per accomodare le richieste di capacità di operatori ospitati dinamicamente, e su base *real-time* (ad esempio in architetture con brokeraggio di capacità). Le funzionalità tecniche dovrebbero includere lo *spectrum sharing* o il riuso, *enhanced mobility* e *enhanced control* per la rete di accesso, l'*access point*, l'*access node*, e lo *spectrum selection* a livello di *policy* per l'operatore.

<sup>49</sup> Un esempio potrebbe essere lo *Enhanced Connectivity Provider* che fornisce connettività di rete assieme a funzionalità specifiche 5G (ad esempio IoT/M2M, QoS, affidabilità, latenza, etc.).

servizi arricchiti con gli elementi o altre funzionalità (identità, contesto, etc.) di rete; in una variante è l'operatore di rete che offre servizi/contenuti/applicazioni mediante alleanza con lo specifico *partner*. Tale nuovo scenario conduce anche un effetto di evoluzione del ruolo del soggetto principale della tradizionale catena del valore rispetto all'utilizzo dello spettro, cioè il MNO. Ad esempio, analizzando la rete del valore (come complemento alla catena del valore)<sup>50</sup> si evidenzia come i nuovi *player* come i PVNO e i *verticals* e i *connectivity provider* diventano nuovi clienti del MNO, allo stesso tempo i *connectivity provider*, i *partner service provider* e gli OTT, nonché gli operatori MTC (*Machine Type Communications*) possono diventare nuovi competitori, gli *asset service provider* e gli *spectrum broker* si aggiungono ai possibili fornitori, mentre le stesse industrie verticali possono essere complementari al MNO nella fornitura dei servizi.

164. Pur non essendo la presente indagine finalizzata alla definizione dei nuovi modelli di impresa resi possibili dalle reti 5G, è tuttavia opportuno acquisire informazioni circa i possibili impatti delle modifiche alle catene e alle reti del valore sulle modalità di assegnazione dello spettro e sui relativi obblighi (accesso, copertura, etc.).

**4.1) Il rispondente fornisca informazioni concernenti l'evoluzione delle architetture di rete 5G e come queste possano garantire scalabilità e agilità nella gestione e creazione dei servizi, e nella condivisione degli elementi di rete.**

**4.2) Ritiene il rispondente che le nuove architetture di rete 5G possano comportare effetti o evoluzioni delle attuali modalità di accesso ed interconnessione? Il rispondente fornisca informazioni su una possibile evoluzione dei servizi di tipo *wholesale* in ottica 5G e sugli eventuali impatti a livello tecnico ed economico.**

**4.3) Si ritiene in particolare che le nuove architetture di rete 5G possano comportare una evoluzione dei modelli di *network sharing*? Come? Il rispondente fornisca informazioni su una possibile evoluzione dei servizi di tipo roaming, MORAN, MOCN in ottica 5G e sugli eventuali impatti a livello tecnico ed economico.**

**4.4) Ritiene il rispondente che le nuove architetture di rete 5G possano comportare direttamente o indirettamente effetti sulla regolamentazione concernente le procedure di assegnazione dello spettro, ed in particolare sugli obblighi associati ai diritti d'uso delle frequenze di accesso, interconnessione, copertura, etc.? Il rispondente fornisca informazioni ed esempi al riguardo.**

**4.5) Tenuto conto delle possibili modifiche della catena del valore nell'industria dei servizi di comunicazione *wireless* abilitate dal 5G, quali nuove figure il rispondente**

<sup>50</sup> Cfr. ad. es. Pujol, Elayoubi, Markendahl, Salahaldin *Mobile Telecommunications Ecosystem Evolutions with 5G* - Digiworld Economic Journal, N. 102 2Q16.

**ritiene potranno maggiormente svilupparsi? Quali servizi in particolare potranno essere offerti da tali *player*? Il rispondente fornisca in particolare i propri piani di *business* legati allo sviluppo dei modelli permesso dal 5G.**

**4.6) Ritiene il rispondente che la presenza di nuovi *player* nella catena del valore possa avere un impatto sulla regolamentazione concernente le procedure di assegnazione dello spettro? Si forniscano informazioni ed esempi al riguardo.**

## 5. Sviluppo dei principali mercati verticali in ottica 5G

### 5.1 Premessa

165. Nel documento “*5G Empowering Vertical Industries*” redatto in ambito 5G-PPP si riconosce il ruolo strategico che le reti 5G avranno per principali settori verticali (*Factories of The Future, Automotive, Health, Energy and Media & Entertainment*). Più precisamente, viene rilevato che:

- nei prossimi dieci anni l’industria manifatturiera evolverà verso un’organizzazione della produzione caratterizzata da beni connessi, processi a risparmio energetico, robotica collaborativa e logistica integrata;
- il settore automobilistico e dei trasporti porterà sul mercato (entro il 2020) veicoli connessi e a guida autonoma con un significativo miglioramento degli standard di sicurezza, così come le nuove soluzioni di trasporto multimodali;
- la rete elettrica tradizionale si evolverà in una rete intelligente, che supporterà la produzione e lo stoccaggio dei flussi di energia in tempo reale, utilizzando i contatori intelligenti nelle case;
- i settori dell’intrattenimento e dei media sono sempre più impegnati nell’integrazione tra TV, media digitali (tra i quali figurano una quantità sempre crescente di contenuti generati dagli utenti), supporti media di alta qualità e interfacce tattili in tempo reale.
- L’*e-health* e l’*m-health* spingeranno verso la sanità personalizzata o individualizzata e la transizione dal modello di cura incentrato sull’ospedale specialistico a modelli di cura incentrati sui pazienti.

166. Nel seguito sarà fornita pertanto una breve descrizione dei principali settori verticali presi ad esame nel predetto documento “*5G Empowering Vertical Industries*”, con riferimento ad alcune possibili linee di sviluppo di nuove applicazioni e servizi in ottica 5G. Tali settori sono stati identificati nell’ambito degli organismi interessati allo sviluppo del 5G in quanto rappresentativi di una determinata filiera a cui sono destinate applicazioni e servizi, che richiedono determinati requisiti prestazionali da parte delle reti. Alcune di tali applicazioni, in particolar modo quelle con requisiti meno stringenti, potrebbero prescindere in senso stretto dagli sviluppi specificatamente connessi al 5G, ma è indubbio che qualunque settore

economico/industriale possa comunque beneficiare di un incremento delle prestazioni e della qualità dell'infrastruttura di comunicazione assicurata dal 5G. Si evidenzia come molte applicazioni innovative di tali settori siano alla base della definizione dei requisiti, molti fra i più stringenti, che hanno contribuito e ancora stanno contribuendo alla definizione del 5G, determinando in tal modo un circolo virtuoso.

167. In tal senso lo sviluppo del 5G sta procedendo secondo binari differenti rispetto alle tecnologie che lo hanno preceduto. In passato infatti lo sviluppo ha interessato alcune tecnologie *core*, ad esempio il tipo di interfaccia radio, e il miglioramento di queste allo scopo di incrementare le prestazioni e la qualità di alcuni servizi base e *general purpose*, come la voce e il servizio di connettività dati. Il 5G invece, come visto anche nell'introduzione, nasce intorno alla necessità di soddisfare una serie di requisiti afferenti a specifici casi d'uso, che nell'insieme pongono una serie di vincoli che non possono essere soddisfatti con una sola tecnologia, e una (o poche) bande di frequenza<sup>51</sup>. Il 5G dovrà quindi inizialmente federare le reti esistenti, sviluppandosi in maniera graduale, e servendo le esigenze apportate dalle varie applicazioni dei numerosi settori verticali, il cui sviluppo porterà poi ad una sempre maggiore integrazione delle reti.
168. Tuttavia non è intenzione della presente indagine quella di analizzare nel dettaglio ciascun settore, le singole applicazioni e le varie iniziative in corso riguardanti ciascun mercato verticale potenzialmente abilitato dal 5G. Alcune applicazioni, come abbiamo visto, si svilupperanno indipendentemente dal 5G. Altre applicazioni, come la storia insegna, non sono neanche prevedibili e si svilupperanno in quanto troveranno la giusta tecnologia abilitante al momento giusto. Appare invece maggiormente utile acquisire elementi concernenti le prospettive di sviluppo dei vari mercati verticali, attese in particolar modo dall'evoluzione in corso delle reti di comunicazione elettronica e in particolare del 5G, al fine di evidenziare, se del caso, da un lato eventuali elementi suscettibili di incidere significativamente sull'adozione diffusa delle tecnologie 5G stesse da parte dei vari mercati, dall'altro eventuali interventi a livello regolatorio, riguardanti

---

<sup>51</sup> Ad esempio il citato NGMN 5G *White Paper* individua 8 famiglie rappresentative di 25 casi d'uso. Precisamente: 1) *Broadband access in dense areas* (comprendente *Pervasive Video, Smart Office, Operator Cloud Services, HD Video/Photo sharing in Stadium/Open-air Gathering*); 2) *Broadband access everywhere* (comprendente *50+ Mbps everywhere, Ultra-low cost network*); 3) *Higher user mobility* (comprendente *High Speed Train, Remote Computing, Moving Hot Spot, 3D connectivity: Aircrafts*); 4) *Massive Internet of Thing* (comprendente *Smart Wearables, Sensor Networks, Mobile Video Surveillance*); 5) *Extreme real-time communications* (comprendente *Tactile Internet*); 6) *Lifeline communications* (comprendente *Natural Disaster*); 7) *Ultra-reliable communications* (comprendente *Automated Traffic Control and Driving, Collaborative Robots: a control network, e-Health: Extreme Life Critical, Remote Object Manipulation: Remote Surgery, 3D connectivity: Drones, Public Safety*); 8) *Broadcast-like services* (comprendente *News and Information, Local Broadcast-like Services, Regional Broadcast-like Services, National Broadcast-like Services*). Come si nota i predetti casi sono relativi ad applicazioni abilitate specificatamente dal 5G, ad esempio nel settore dell'IoT viene identificata la famiglia Massive IoT (come caso specifico dell'IoT).

specificatamente la gestione dello spettro, ritenuti funzionali alla maggiore diffusione delle tecnologie 5G.

169. Per ciascun settore saranno brevemente fornite informazioni sui principali requisiti di servizio in ottica 5G al momento noti, al fine quindi di poter acquisire informazioni concernenti l'impatto sulle reti, eventuali priorità dal punto di vista dell'uso dello spettro ed eventuali criticità legate al soddisfacimento di tali requisiti.

## 5.2 Principali mercati verticali

### 5.2.1 Settore auto e trasporti

170. Il settore auto e trasporti da alcuni anni sta affrontando una notevole trasformazione tecnologica. In ambito europeo la Commissione, nel novembre 2016, ha adottato il Piano *Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)*<sup>52</sup>, con l'obiettivo di rendere il trasporto e il traffico su strada più sicuro ed efficiente ed assicurare adeguata competitività all'industria europea. Per realizzare tali obiettivi il Piano si propone di fare in modo che le auto e gli automezzi in generale possano comunicare tra di loro e con le infrastrutture, nell'ambito di un sistema che si muoverà grazie all'impiego di sistemi IoT ed in generale alle comunicazioni 5G. Ogni elemento del sistema stradale potrà essere connesso, inclusi ad esempio i semafori e i cartelli stradali. I sensori delle vetture permetteranno agli utenti di ricevere quante più informazioni possibili, dagli aggiornamenti sul traffico fino alla velocità di marcia ottimale.
171. In tale contesto, vi saranno quindi scambi di informazioni tra vetture (V2V - *vehicle-to-vehicle*), tra vetture e l'infrastruttura stradale (V2I - *vehicle-to-infrastructure*), tra vetture e la rete Internet (V2N - *vehicle-to-network*) e tra vetture e pedoni (V2P - *vehicle-to-pedestrian*). A partire dal 2018 dovrebbero essere introdotte le prime norme *ad hoc* ed entro il 2019 i costruttori dovrebbero cominciare a produrre in serie vetture intelligenti. Il piano apre le porte anche alla guida autonoma<sup>53</sup>. Uno degli obiettivi è quello di facilitare la diffusione di veicoli autonomi in centri urbani attraverso lo sviluppo di servizi cooperativi di trasporto intelligente che consentiranno a veicoli, utenti e infrastrutture di comunicare e condividere informazioni. Alcune funzionalità si potranno appoggiare anche al sistema europeo di navigazione satellitare (E-GNSS/Galileo). Nel frattempo le linee guida puntano sull'incremento delle funzioni intelligenti intermedie delle autovetture: la loro capacità di parcheggiare o di frenare, la comunicazione con altre vetture per avvertire ad esempio del verificarsi di un incidente e la realizzazione di

<sup>52</sup> Comunicazione COM(2016)766 final del 30 novembre 2016 "A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility".

<sup>53</sup> Alcuni paesi hanno già reso disponibili alcuni tratti di strada per testare le auto "senza conducente", il cui sviluppo procede a grossi passi. Alcuni test delle auto a guida autonoma sono partiti nelle aree metropolitane di Lisbona, Madrid e Parigi.

infrastrutture adeguate. Particolare importanza rivestono quindi anche i servizi legati alla sicurezza stradale ed al traffico, così come quelli legati alla navigazione intelligente, in grado di supportare meglio le funzionalità di ricerca dei luoghi da raggiungere e di promozione, ad esempio, di determinate attività commerciali (alberghi, ristoranti, negozi, etc.). Nuovi modelli di *business* riguarderanno anche funzionalità e servizi legati alla manutenzione predittiva dei veicoli.

172. Anche il trasporto su rotaia sta affrontando un processo di crescente trasformazione tecnologica e numerose appaiono le possibili applicazioni 5G, quali ad esempio: *Automatic Train Operation (ATO)/ATO-Video, Platooning (Virtual Train Compositions), Train-2-Train / Train-2-Ground Communication, Intelligent Antenna-Systems (MIMO/Beam-Forming), Passenger broadband access on high speed trains, Intrain Communication (coach-2-coach), etc.*
173. Particolare interesse riveste anche il settore della logistica legata al trasporto sia su strada che su rotaia e quindi al monitoraggio e gestione automatizzata delle informazioni legate al trasporto di beni, che potrà avere un effetto benefico sui consumi di energia, sui tempi ed in generale sui costi.

#### **5.2.1.1 Aspetti concernenti lo spettro impiegato nel settore auto e trasporti**

174. Una recente opinione del RSPG “*Opinion on Spectrum Aspects of Intelligent Transport Systems*” di febbraio 2017 si concentra specificatamente sugli aspetti concernenti l’uso dello spettro da parte dei sistemi ITS destinati ad applicazioni di trasporto stradale e di tipo ferroviario. Informazioni di maggiore dettaglio sono presenti anche nel rapporto finale di gennaio 2016 del comitato di esperti incaricato di assistere la Commissione europea sulle iniziative concernenti il “*Deployment of Cooperative Intelligent Transport Systems in the EU*”.
175. Per quanto riguarda il trasporto stradale, dal punto di vista dell’uso delle frequenze, sia l’opinione che il predetto rapporto evidenziano come in ambito europeo risulti armonizzata per essere impiegata, su base non esclusiva, la banda di frequenze 5875-5905 MHz ('banda 5.9 GHz', di cui alla decisione 2008/671/EC), specificamente designata per applicazioni dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS), legate alla sicurezza di tutti gli utenti della strada e alla qualità degli spostamenti. Questi sono definiti come una serie di sistemi e servizi basati sulle tecnologie dell’informazione e delle comunicazioni, che svolgono anche funzioni di elaborazione, controllo, posizionamento, comunicazione, di cui è dotato un sistema di trasporto stradale. La banda in questione è designata in ambito europeo su base non esclusiva, essendo presenti in banda anche altre utilizzazioni ad esempio del servizio fisso via satellite, del servizio fisso e del servizio mobile, di tipo SRD ed anche ad uso militare. L’impiego della banda è tecnologicamente neutrale; ciò nonostante non va trascurata la necessità, di garantire l’interoperabilità ed il funzionamento *cross-border* degli apparati. A tal fine la stessa opinione del RSPG ha evidenziato il rischio che la diffusione in ambito ITS di varie tecnologie, tra di

loro competitive, per l'accesso alla medesima banda potrebbe incidere sull'efficienza e sicurezza delle comunicazioni, laddove invece la coesistenza e la continuità dovrebbero essere assicurate, in particolar modo per le applicazioni ITS legate al tema della sicurezza.

176. A livello CEPT, la decisione ECC/DEC/(08)01 indica per le applicazioni di tipo ITS il *range* 5875–5925 MHz che risulta quindi più esteso rispetto a quanto previsto dalla decisione comunitaria 2008/671/EC, con una parte aggiuntiva, pari a 20 MHz, corrispondente alla porzione 5905-5925 MHz in cui la protezione non sarebbe al momento assicurata. Analogamente la raccomandazione ECC/REC/(08)01 indica la porzione 5855–5875 MHz per applicazioni non legate alla sicurezza. Tali porzioni aggiuntive al momento non sono armonizzate a livello comunitario e non sono implementate nel vigente PNRF per impieghi legati al trasporto e al traffico.
177. Nell'ambito delle applicazioni cosiddette a corto raggio, anche la banda di frequenze 5795-5805 MHz è stata armonizzata per l'uso collettivo da parte di apparecchiature telematiche per il trasporto e il traffico (*Transport and Traffic Telematics - TTT*) ai sensi dell'attuale *framework* regolatorio relativo agli apparati SRD<sup>54</sup>. La categoria delle apparecchiature TTT comprende i dispositivi radio utilizzati nel settore dei trasporti (su strada, per ferrovia, per via d'acqua o aerea, a seconda delle restrizioni tecniche pertinenti), per la gestione del traffico, per la navigazione, per la gestione della mobilità e per i sistemi di trasporto intelligenti. Generalmente sono utilizzati per la comunicazione tra veicoli (ad esempio tra un'autovettura e un'altra), tra veicoli e postazioni fisse (ad esempio tra un'autovettura e l'infrastruttura) nonché per la comunicazione da e verso gli utenti. Oltre a tale banda anche la successiva porzione 5805-5815 MHz è stata designata per l'impiego ad uso collettivo da parte dei sistemi TTT tramite la Raccomandazione CEPT 70-03 (Annesso 5). Entrambe le bande sono implementate nel vigente PNRF.
178. Una ulteriore banda di interesse per il settore in questione è rappresentata dalla banda 24 GHz (24.15 +/- 2,50 GHz) impiegata ad uso collettivo da apparati di tipo SRR (*Short Range Radar*)<sup>55</sup> per autoveicoli ai sensi della decisione comunitaria 2005/50/CE, come modificata dalla decisione 2011/485/UE. Tale banda è implementata nel vigente PNRF alle condizioni ivi riportate. È inoltre previsto, sempre nell'intorno dei 24 GHz, l'uso collettivo da parte di apparati a corto raggio per apparecchiature telematiche legate al traffico ed al trasporto, in determinate porzioni, ai sensi della decisione comunitaria 2006/771/CE.
179. Ulteriori porzioni di spettro per apparati SRD, previste ciascuna con determinate modalità di impiego in termini ad esempio di potenza e *duty cycle*, per

<sup>54</sup> Cfr. decisione comunitaria 2006/771/EC concernente gli apparati a corto raggio, come modificata dalla decisione 2013/752/EU.

<sup>55</sup> Trattasi di apparecchiature *radar* montate nei veicoli stradali utilizzate per applicazioni di attenuazione delle collisioni e di sicurezza del traffico. Per tali applicazioni è prevista una successiva migrazione nella banda 77-81 GHz (79 GHz).

apparecchiature a corto raggio di tipo generico o determinate categorie di dispositivi tra cui anche apparati impiegati per applicazioni ITS, sono presenti nell'intorno dei 60 GHz. In particolare ai sensi della decisione comunitaria 2006/771/CE risulta armonizzata ed è implementata nel vigente PNRF la banda 63-64 GHz per applicazioni di sistemi di trasporto intelligenti, legate alla sicurezza degli utenti della strada, per collegamenti veicolo-veicolo, veicolo-infrastruttura e infrastruttura-veicolo, in accordo con la decisione della CEPT ECC/DEC/(09)01. Anche l'RSPG supporta nella citata opinione l'impiego di tale banda 63-64 GHz per lo sviluppo ed implementazione di applicazioni ITS su base condivisa.

180. Relativamente ad applicazioni destinate al trasporto ferroviario l'RSPG evidenzia nella citata opinione l'attuale designazione armonizzata pari a 2x4 MHz (876-880/921-925 MHz) destinata al sistema GSM-R attualmente impiegato dagli operatori ferroviari, che dovrà essere mantenuta, anche se il supporto al GSM-R dovrebbe cessare al 2030 e quindi occorrerà presto definire il successore. In aggiunta a tali frequenze è in discussione la possibilità di destinare fino ad ulteriori 2x3 MHz nella banda 873-876/918-921 MHz (banda ER-GSM), ove necessario su base nazionale, per consentire la transizione verso i nuovi sistemi che potrebbero sostituire il GSM-R nei prossimi anni. L'RSPG osserva che la contestuale domanda di tale spettro in particolare anche da parte di applicazioni SRD/RFID e IoT<sup>56</sup> potrebbe rendere difficile la completa armonizzazione di tale banda per l'uso da parte dei sistemi di comunicazione di tipo ferroviario. In particolare sottolinea la possibilità di studiare un'eventuale armonizzazione di una porzione pari a 2x1 MHz da valutare congiuntamente con l'armonizzazione delle altre applicazioni. La banda in questione ricade attualmente in Italia, ai sensi del vigente PNRF, sotto la gestione del Ministero della difesa, e le modifiche allocative sono di competenza del MISE. L'RSPG evidenzia che per le future comunicazioni legate al trasporto ferroviario ulteriori opzioni potrebbero essere rappresentate anche dall'impiego delle reti mobili commerciali, o dalla condivisione di altre bande, come la porzione opzionale PPDR della banda 700 MHz, la banda a 400 MHz o altre bande.
181. La tematica dello spettro per i sistemi di comunicazione destinati al trasporto ferroviario e stradale risulta anche in Agenda della prossima WRC-19 (Risoluzione 809). In particolare l'item 1.11 prevede di considerare la possibile armonizzazione mondiale o regionale di frequenze a supporto delle comunicazioni di tipo ferroviario tra treni e binari nell'ambito delle esistenti attribuzioni di bande al servizio mobile in accordo con la Risoluzione 236 (WRC-15). L'item 1.12 prevede invece di considerare la possibile armonizzazione mondiale o regionale di frequenze per l'implementazione di sistemi ITS (*Intelligent Transport Systems*) nell'ambito delle esistenti attribuzioni di bande al servizio mobile, in accordo con quanto previsto dalla Risoluzione 237 (WRC-15).
182. Cenni relative alle soluzioni ITS ed al loro possibile ruolo complementare rispetto alle reti 5G sono riportati anche nella citata comunicazione della Commissione sulla

---

<sup>56</sup> Si veda a tale proposito la sezione dedicata all'IoT.

Gigabit Society, ove infatti è riportato che “5G will co-exist seamlessly with complementary technologies already being deployed, e.g. for short-range communication for vehicle-to-vehicle and vehicle-to-infrastructure (ITS-G5)”.

### 5.2.2 Settore energia e *smart grid*

183. Il settore dell’energia è caratterizzato da particolari requisiti, in alcuni casi abbastanza diversi da quelli attualmente assicurati dalle reti di comunicazione elettronica tradizionale. Uno dei principali requisiti, per una determinata categoria di apparati, è quello di richiedere una longevità estremamente alta, pari ad almeno 20 anni. In determinati casi infatti risulta necessario disporre di dispositivi tali da attivarsi con modalità *plug & play*, e da poter funzionare per un tempo estremamente lungo. Dal punto di vista delle prestazioni il requisito in termini di latenza non appare viceversa quello di maggior interesse, mentre appare importante quello di poter intervenire in un determinato ristretto intervallo di tempo.
184. Dal punto di vista dei produttori e dei consumatori di energia il settore in questione sta inoltre vivendo un momento di estremo cambiamento, con l’avvento delle nuove forme di produzione innovativa e rinnovabile dell’energia (solare, eolica, etc.) che unita ad esempio alle nuove forme di utilizzazione in mobilità (data ad es. dai veicoli elettrici) ha fatto emergere le nuove forme di “*prosumers*” che sono allo stesso tempo produttori e consumatori di energia.
185. Anche in tale contesto il 5G può essere un catalizzatore di proposte, soluzioni e nuovi servizi. Le *smart grid*, ossia l’insieme della rete di informazione e di distribuzione elettrica potrebbero trarne rilevanti benefici anche in termini di resilienza dell’intero ecosistema, che include benefici dal punto di vista della sicurezza e protezione, del controllo, del monitoraggio e della qualità. Nell’ambito di tale settore potranno inoltre determinarsi varie tipologie di servizi ciascuno con determinati livelli di qualità e quindi differenti schemi di *pricing*. Servizi associati potranno ad esempio essere rappresentati da ottimizzazione dei consumi, manutenzione predittiva, sorveglianza, etc.
186. Le applicazioni che più risentiranno di tale evoluzione possono dividersi in due tipologie: da un lato quelle più prettamente legate alla gestione e controllo della rete (*Smart Grid Application*) e dall’altro quelle più legate all’automazione e acquisizione dei dati dell’utente (*Smart Meter Application*). Le prime richiederanno requisiti più assimilabili ad applicazioni IoT *Mission-Critical* (e.g. requisito stringente di latenza), le altre più ad applicazioni IoT *Massive* (e.g. requisito stringente di capacità).
187. Con riferimento in particolare alle *smart grid*, queste comprendono infatti diversi casi d’uso che vanno dai sistemi di protezione che richiedono un’elevata affidabilità e comunicazioni a bassa latenza, a sistemi che richiedono il supporto di un numero elevato di dispositivi di rete connessi che possono anche fare a meno di una bassa latenza ma che richiedono elevata affidabilità. Le applicazioni di *smart metering*

richiedono invece il supporto di una rete *wireless* che sia in grado di: *i*) fornire connettività a bassa velocità di trasmissione; *ii*) coprire vaste aree del territorio; *iii*) raggiungere anche gli scantinati degli edifici; *iv*) ridurre notevolmente i costi dei contatori e garantire una maggiore durata delle loro batterie. Da qui la necessità di un'architettura di rete programmabile e flessibile in grado di gestire i requisiti di affidabilità, di sicurezza e di prestazioni (tra cui la QoS) richiesti da ogni applicazione.

### 5.2.3 Settore manifattura e industria

188. Il settore manifattura e industria ha subito anch'esso un profondo cambiamento negli ultimi anni attraverso un forte processo di reindustrializzazione dei processi supportato dall'ICT (Information and Communications Technology). Secondo quanto emerge dal citato documento “5G Empowering Vertical Industries” redatto in ambito 5G-PPP, l'implementazione di tale tecnologia potrà garantire una piattaforma di comunicazione unica in grado di accelerare la trasformazione in atto relativa ai processi di produzione e fornitura di beni per pervenire a gradi di efficienza estremamente elevati.
189. La cosiddetta Industria 4.0 viene descritta in sintesi come un processo che porterà alla produzione industriale del tutto automatizzata e interconnessa. L'Industria 4.0 passa per il concetto di *smart factory* che si compone di 3 parti: *smart production*, *smart services* e *smart energy*. Le nuove tecnologie digitali avranno un impatto profondo nell'ambito del settore che si occupa del passaggio dal digitale al “reale”, e che comprende la manifattura additiva, la stampa 3D, la robotica, le interazioni M2M ed in generale le comunicazioni, che saranno volte ad effettuare produzioni mirate, razionalizzando i costi ed ottimizzando le prestazioni.
190. Tra i vari *trend* che stanno guidando la trasformazione e che influenzeranno la competitività uno è rappresentato dal ruolo sempre più importante dei servizi aggiuntivi forniti piuttosto che del prodotto (*servitization of manufacturing*). Un altro di questi è rappresentato dall'importanza sempre crescente legata alla catena del valore, da cui deriva l'esigenza di creare un ecosistema di produzione sempre più connesso con requisiti prestazionali sempre più stringenti. Essi dovranno supportare produzioni *zero-defect*, incrementi di efficienza e sicurezza, l'impiego massivo di sensori e tecnologie 3D, incrementi di flessibilità, riduzione dei livelli di stoccaggio, maggiori efficienze per la manutenzione, monitoraggio ed automazione della distribuzione e della logistica, fino ad arrivare ai cosiddetti *connected goods*, ovvero oggetti/prodotti che richiederanno di essere connessi per tutta la durata della loro vita.
191. Nello scorso settembre 2016 è stato presentato a livello nazionale il piano del Governo per l'Industria 4.0 che punta a mobilitare ingenti investimenti in ricerca, sviluppo e innovazione, con focus sulle tecnologie dell'Industria 4.0, con lo scopo

ultimo di favorire e incentivare le imprese ad adeguarsi ed aderire pienamente alla quarta rivoluzione industriale.

192. Il modo della manifattura ed industria, in particolare per le applicazioni di massa e quindi di largo consumo si posiziona pertanto ampiamente in ambito IoT e il 5G risulterà uno dei principali fattori abilitanti del modello 4.0.
193. Attualmente, gran parte delle soluzioni IoT, disponibili sul mercato, si avvalgono della tecnologia 2G. Altre, tra quelle menzionate nella precedente sezione IoT anche di tipo proprietario, si collocano al di fuori del contesto tipico delle reti radiomobili commerciali<sup>57</sup>. Si tratta di soluzioni che rispondono a requisiti di basso costo e basso consumo di energia, così come a quelli di copertura e capacità, grazie anche all'uso dello spettro in modo collettivo, senza diritto a protezione e su base di non interferenza. Ad ogni modo, queste ultime tecnologie non appaiono in grado allo stato di gestire per loro natura la mobilità e soprattutto l'*hand over*. Inoltre, la larghezza di banda per oggetto risulta molto limitata e la latenza elevata, per cui non dovrebbero permettere la distribuzione di applicazioni in tempo reale.
194. Per quanto riguarda le reti radiomobili commerciali la tecnologia 4G (LTE) sarà presumibilmente in grado di migliorare alcune delle limitazioni della tecnologia 2G, e nelle prossime generazioni potrà supportare trasmissioni a lungo raggio, a bassa larghezza di banda ed a basso costo per gli oggetti connessi. Successivamente, con le tecnologie 5G, si potranno poi ottenere i maggiori risparmi energetici e le migliori *performance* in termini di affidabilità e bassa latenza. Queste caratteristiche specifiche dovrebbero rendere le tecnologie 5G particolarmente interessanti per gli scenari di comunicazione a lungo raggio correlati ad alcuni dei principali casi d'uso dell'industria manifatturiera.

#### **5.2.4 Settore *media & entertainment***

195. I settori dei media e dell'intrattenimento sono stati negli ultimi anni un *driver* per lo sviluppo delle tecnologie digitali ed in generale dell'innovazione tecnologica. Nell'ambito di tale settore, l'industria dell'audiovisivo ha subito un processo di innovazione, continuando a fornire il proprio contributo essenziale alla informazione ed alla crescita. In tale ambito il 5G potrà fornire ulteriori spunti allo sviluppo di contenuti e formati cross-mediali, multi-lingue e di tipo interattivo, oltre a nuove tipologie di servizio, quali ad esempio di realtà aumentata o virtuale, per la distribuzione di contenuti su ogni tipologia di dispositivo.
196. Il settore dell'intrattenimento e del *gaming* veicolato attraverso le reti di comunicazione elettronica ha subito anch'esso un processo di crescita ed è presumibile che tale crescita prosegua anche nei prossimi anni.
197. Nell'ambito di tale settore la componente relativa alla trasmissione dei video è quella che necessita di idonee prestazioni in particolar modo di mobilità sia per

---

<sup>57</sup> Ad es. Lora e Sigfox

quanto riguarda i dispositivi mobili personali che anche relativamente ad applicazioni fruibili nelle autovetture.

198. L'evoluzione delle reti 5G prevede una integrazione di diverse soluzioni tecnologiche che vanno dall'impiego delle reti mobili, alla fibra, al satellite, con opportuni sistemi di  *caching*  e  *storage* , con soluzioni non solo  *unicast*  ma anche di tipo  *multicast* .

### 5.2.5 Settore sanità e benessere

199. Il settore legato alla sanità ed al benessere è uno dei settori guardati con maggiore interesse in ambito comunitario per la promozione e lo sviluppo di servizi digitali in quanto l'implementazione delle nuove tecnologie potrebbe indurre un forte contenimento della spesa sanitaria. Tale contenimento deriva tra gli altri dalla possibilità, in taluni casi, di virtualizzazione dei servizi di assistenza medica, che potrebbe comportare il passaggio da un'assistenza prettamente centrale di tipo ospedaliera ad un'assistenza, per taluni servizi, distribuita in periferia fino alla casa del paziente.
200. Possibili sviluppi del 5G in tale settore si avrebbero all'interno dei centri ospedalieri con le funzioni di gestione e  *tracking* , oppure in generale con la robotica, controlli, servizi ed interventi medici da remoto, servizi  *cloud*  di assistenza sanitaria, monitoraggio della salute ed in generale di dati sanitari, etc. con funzioni anche di assistenza e prevenzione al di fuori di strutture sanitarie.
201. Ulteriori possibili applicazioni riguardano il settore legato al benessere ( *lifestyle & wellness* ) e all'indotto dei c.d.  *wearable device* .
202. In uno studio condotto dal  *Wireless World Reserach Forum* <sup>58</sup> viene rilevato che i dispositivi utente in una rete e/m-Health includono sensori c.d. impiantati e/o indossabili e dispositivi portatili che insieme coprono una vasta gamma di spettro di frequenze: da 5-50 MHz per i dispositivi impiantati fino al campo delle onde millimetriche per dispositivi portatili<sup>59</sup>.
203. Sempre in questo studio si rileva che i vari dispositivi, servizi e applicazioni previste in ambiente e/m-Health comportano una vasta gamma di esigenze di comunicazione e di calcolo. Ad esempio, la capacità di densificare e scalare la rete con un gran numero di sensori connessi è un fattore cruciale per le WBAN ( *wireless body area network* ) in ambiente domestico. Allo stesso tempo, la copertura è un elemento da cui non si può prescindere in una WLAN che collega (a distanza) pazienti, familiari, medici ai server e ai data center. Pertanto, al fine di soddisfare le diverse esigenze delle diverse applicazioni e casi d'uso, dovrebbero essere soddisfatti i requisiti di flessibilità, scalabilità e sicurezza indicati per il settore.

<sup>58</sup> Cfr. WWRF - White Paper "A New Generation of e-Health Systems Powered by 5G" – November 2016.

<sup>59</sup> Cfr. 802.15.6  *IEEE Standard for Wireless Body Area Networks* .

204. Un aspetto interessante, analizzato dallo studio, riguarda il requisito della sincronizzazione puntuale dei sensori. Si tratta di un tema che al momento non sembra affrontato nell'ambito della standardizzazione del 5G, che, nel settore della salute risulta essere estremamente importante. I parametri raccolti dai vari sensori multipli necessitano infatti di essere sincronizzati per riflettere correttamente e contemporaneamente il valore dei diversi parametri fisiologici. Ciò è particolarmente importante ove i sensori impieghino anche frequenze ad uso collettivo, suscettibili di interferenze.

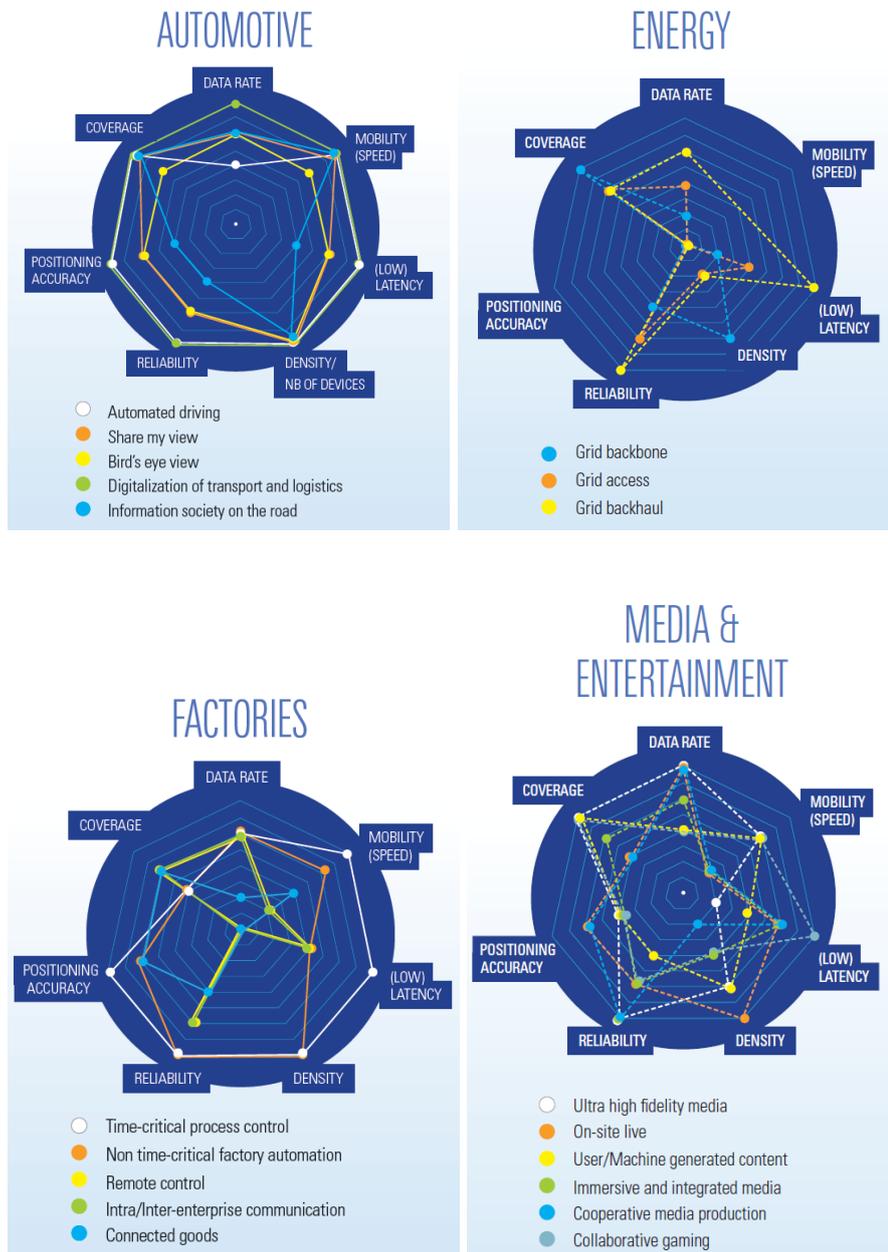
### 5.3 Requisiti di servizio dei principali mercati verticali in ottica 5G

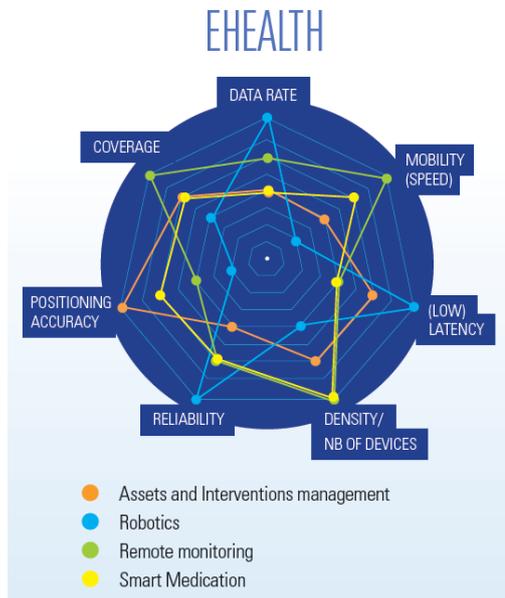
205. Per supportare i predetti settori verticali, secondo il 5G-PPP, l'infrastruttura 5G dovrebbe avere complessivamente i requisiti prestazionali atti a soddisfare le esigenze di ciascun settore, nonché integrare tutte le tecnologie di telecomunicazione, di tipo sia fisso che mobile, incluse quelle basate su fibra ottica e su sistemi satellitari.

206. Ciascun settore verticale è infatti caratterizzato da determinate esigenze che richiedono, come accennato nelle sezioni precedenti, determinati valori delle seguenti principali caratteristiche prestazionali, che assumono pertanto una rilevanza fondamentale per i rispettivi settori:

- *Data rate*: la caratteristica di un alto *bit rate* è richiesta da determinate applicazioni per un loro funzionamento corretto. Il settore *media & entertainment*, tra i vari settori verticali è quello caratterizzato dai maggiori valori di tale parametro (dell'ordine del Gb/s);
- *Mobilità (speed)*: rappresenta la velocità massima a cui è associata una determinata *reliability*. Il settore auto e trasporti e quello della salute sono quelli caratterizzati dai maggiori valori di tale parametro (dell'ordine dei 500 km/h);
- *Latenza E2E (end to end)*: rappresenta il massimo valore di ritardo tollerabile dalla generazione di un determinato pacchetto fino alla ricezione da parte dell'applicazione di destinazione. Il settore dell'Industria è quello caratterizzato dai maggiori valori di tale parametro (dai 100  $\mu$ s ai 10 ms);
- *Densità (numero di apparati)*: rappresenta il massimo numero di apparati (automobili nel caso del settore auto) per unità di area con capacità 5G. Il settore dell'Industria è quello caratterizzato dai maggiori valori di tale parametro (fino a 100/m<sup>2</sup>);
- *Reliability*: rappresenta l'affidabilità della trasmissione dati entro un determinato valore ammissibile di latenza end-to-end. Il settore della salute è quello caratterizzato dai maggiori valori di tale parametro (fino al 99,99999%);
- *Position accuracy*: rappresenta il massimo errore tollerabile di posizione tollerato da una determinata applicazione. Il settore auto e trasporti è quello caratterizzato dai migliori (più bassi) valori di tale parametro (0,3 m);

207. Le seguenti figure illustrano nel dettaglio i principali requisiti tecnici dei settori verticali in precedenza descritti.





Fonte: 5G Infrastructure Association: 5G Empowering vertical industries

208. Sulla base di quanto sopra si ritiene che il rispetto dei predetti requisiti di servizio sia fondamentale ai fini dell'adozione delle nuove tecnologie da parte dei vari settori e pertanto sia a livello di standardizzazione che regolamentare essi vanno adeguatamente valutati e tenuti in considerazione.

**5.1) Il rispondente fornisca informazioni concernenti in generale le prospettive di sviluppo dei vari mercati verticali, attese dall'emergere delle reti di comunicazione elettronica 5G. Quali sono le criticità che si intravedono per l'adozione diffusa delle tecnologie 5G da parte dei vari mercati? Il rispondente fornisca, ove del caso, informazioni concernenti ulteriori mercati verticali rispetto a quelli descritti nel presente documento.**

**5.2) Quali sono i mercati verticali che il rispondente ha intenzione di sviluppare e sostenere sulle proprie reti di comunicazione elettronica?**

**5.3) Per quanto riguarda in particolare il settore *automotive* e trasporto, per il quale sono già state identificate e in alcuni casi allocate specifiche bande, o identificate specifiche categorie d'uso nelle bande collettive, quale ritiene il rispondente siano le prospettive di utilizzo delle varie bande, in particolare quelle per servizi ITS e TTT? Quali sono le strategie del rispondente per tali bande? Quali possono essere le complementarietà o le sovrapposizioni con le reti commerciali 5G? Quali sono le prospettive per l'utilizzo della banda 63-64 GHz? Per quanto riguarda i sistemi SRR, qual è lo stato di sviluppo per l'utilizzo della banda 79 GHz?**

**5.4) In particolare, riguardo alla strategia futura della banda 873-876/918-921 MHz, tenuto conto che la competenza in ordine alla allocazione delle bande è in capo al MISE, e tenuto conto della domanda concorrente per l'uso di tale banda, che tipo di soluzione il rispondente ritiene di suggerire per la detta banda?**

**5.5) Ritiene il rispondente che le prospettive di sviluppo di alcuni mercati verticali siano necessariamente legate al 5G oppure che in alcuni di questi talune applicazioni possano comunque svilupparsi con le tecnologie attuali? Il rispondente fornisca alcuni esempi al riguardo evidenziando, se del caso, eventuali elementi tali da incidere significativamente sull'adozione diffusa delle tecnologie 5G.**

**5.6) Quali sono le eventuali criticità che si intravedono legate al soddisfacimento dei requisiti di servizio di ciascun mercato verticale e qual è il relativo impatto sulle reti e in particolare sullo spettro radio?**

**5.7) Quali sono le priorità dal punto di vista dell'uso dello spettro, sia per le varie bande di frequenze disponibili che per quelle di futuro impiego, in relazione ai vari mercati verticali? Quali eventuali interventi a livello regolatorio, riguardanti specificatamente la gestione dello spettro, sono ritenuti funzionali alla maggiore diffusione delle tecnologie 5G, per i vari mercati di interesse?**

## **6. Ulteriori aspetti**

**6.1) Il rispondente ha ulteriori informazioni od osservazioni da esporre in merito all'oggetto della presente indagine?**

## ACRONIMI

<b><u>3GPP</u></b>	Third Generation Partnership Project
<b><u>AEEGSI</u></b>	Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas e il Sistema Idrico
<b><u>API</u></b>	Application Programming Interface
<b><u>ATO</u></b>	Automatic Train Operation
<b><u>B2B</u></b>	Business-to-Business
<b><u>B2B2C</u></b>	Business-to-Business-to Consumer
<b><u>B2C</u></b>	Business-to-Consumer
<b><u>BTS</u></b>	Base Transceiver Station
<b><u>BTS/NodeB/eNodeB</u></b>	Base Transceiver Station - inclusi apparati radio e la trasmissione in banda base
<b><u>BWA</u></b>	Broadband Wireless Access
<b><u>CA</u></b>	Carrier Aggregation
<b><u>CEPT</u></b>	Conferenza Europea Poste e Telecomunicazioni
<b><u>C-ITS</u></b>	Cooperative Intelligent Transport System
<b><u>CMP</u></b>	Conference Preparatory Meeting
<b><u>Commissione ITRE</u></b>	Committee on Industry, Research and Energy – European Parliament
<b><u>CoMP</u></b>	Coordinated MultiPoint
<b><u>C-RAN</u></b>	Cloud Radio Access Network
<b><u>DRAN</u></b>	Dynamic Radio Access Network
<b><u>ECS</u></b>	Electronic Communications Services
<b><u>EECC</u></b>	European Electronic Communication Code
<b><u>EFSI</u></b>	European Fund for Strategic Investments
<b><u>E-GNSS/Galileo</u></b>	European Global Navigation Satellite System
<b><u>EIB</u></b>	European Investment Bank
<b><u>eMBB</u></b>	enhanced Mobile BroadBand
<b><u>ETSI</u></b>	European Telecommunication Standard Institute
<b><u>FWA</u></b>	Fixed Wireless Access
<b><u>GNSS</u></b>	Global Navigation Satellite System
<b><u>GSM</u></b>	Global System for Mobile Communications
<b><u>GWCN</u></b>	Gateway Core Network
<b><u>Het-net</u></b>	Heterogeneous Network
<b><u>HLR</u></b>	Home Location Register
<b><u>HSS</u></b>	High Speed Serial
<b><u>HSS/HLR</u></b>	High Speed Serial/Home Location Register
<b><u>IA</u></b>	Infrastructure Association
<b><u>ICT</u></b>	Information and Communications Technology
<b><u>IMT</u></b>	International Mobile Telecommunications
<b><u>IoT</u></b>	Internet of Things
<b><u>ISG mWT</u></b>	Industry Specification Group on Millimetre Wave Transmission
<b><u>ITS</u></b>	Intelligent Transport System
<b><u>ITU</u></b>	International Telecommunication Union

<b><u>LAA</u></b>	Licensed Assisted Access
<b><u>LPWAN</u></b>	Low Power Wide Area Network
<b><u>LSA</u></b>	Licensed Shared Access
<b><u>LTE</u></b>	Long Term Evolution
<b><u>LTE-eMTC</u></b>	LTE evolution for Machine Type Communications
<b><u>M2M</u></b>	Machine To Machine
<b><u>MFCN</u></b>	Mobile Fixed Communication Network
<b><u>MIMO</u></b>	Multiple-Input and Multiple-Output
<b><u>MISE</u></b>	Ministero dello sviluppo economico
<b><u>mMTC</u></b>	massive Machine Type Communications
<b><u>mmWave</u></b>	onde millimetriche
<b><u>MNO</u></b>	Mobile Network Operator
<b><u>MOCN</u></b>	Multi-Operator Core Network
<b><u>MORAN</u></b>	Multi-Operator Radio Access Network
<b><u>MTC</u></b>	Machine Type Communications
<b><u>MVNE</u></b>	Mobile Virtual Network Enabler
<b><u>MVNO</u></b>	Mobile Virtual Network Operator
<b><u>NAP</u></b>	Network Access Point
<b><u>NFV</u></b>	Network Function Virtualization
<b><u>NGMN</u></b>	Next Generation Mobile Networks
<b><u>NRP</u></b>	Network Relay Point
<b><u>NSS</u></b>	Network and Switching Subsystem
<b><u>ONU</u></b>	Organizzazione delle Nazioni Unite
<b><u>OTT</u></b>	Over The Top
<b><u>PLC</u></b>	Power Line Communication
<b><u>P-MP</u></b>	Point-MultiPoint
<b><u>PNRF</u></b>	Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze
<b><u>P-P</u></b>	Point to Point
<b><u>PPDR</u></b>	Public Protection & Disaster Relief
<b><u>PPP</u></b>	Public Private Partnership
<b><u>PVNO</u></b>	Private Virtual Network Operator
<b><u>QoS</u></b>	Quality of Service
<b><u>RAT</u></b>	Radio Access Technology
<b><u>RRH</u></b>	Remote Radio Head
<b><u>RSPG</u></b>	Radio Spectrum Policy Group
<b><u>RSPP</u></b>	Radio Spectrum Policy Programme
<b><u>SCAP</u></b>	Small Cell Asset Provider
<b><u>SDL</u></b>	Supplementary Down Link
<b><u>SDN</u></b>	Software Defined Networks
<b><u>SDR</u></b>	Software Defined Radio
<b><u>SDS</u></b>	Smart Distribution System
<b><u>SRD</u></b>	Short Range Device
<b><u>SRR</u></b>	Short Range Radar
<b><u>TTI</u></b>	Trasmission Time Interval

<b><u>TTT</u></b>	Transport and Traffic Telematics
<b><u>uMTC</u></b>	ultra Machine Type Communication
<b><u>URLLC</u></b>	Ultra-Reliable and Low Latency Communications
<b><u>V2N</u></b>	Vehicle-to-Network
<b><u>V2P</u></b>	Vehicle-to Pedestrian
<b><u>V2V</u></b>	Vehicle-to-Vehicle
<b><u>WAS/RLAN</u></b>	Wireless Access System/Radio Local Area Networks
<b><u>WBAN</u></b>	Wireless body area network
<b><u>WLAN</u></b>	Wireless local area network
<b><u>WLL</u></b>	Wireless Local Loop
<b><u>WRC</u></b>	World Radiocommunication Conference

## Allegato

Nell'ambito dell'indagine conoscitiva concernente le prospettive di sviluppo dei sistemi *wireless* e mobili verso la quinta generazione (5G) e l'utilizzo di nuove porzioni di spettro al di sopra dei 6 GHz di cui alla delibera n. 557/16/CONS, svolta dall'Ufficio radio spettro telecomunicazioni della Direzione sviluppo dei servizi digitali e della rete, l'Autorità invita i soggetti interessati a far pervenire documenti, dati e posizioni sulle tematiche oggetto della presente indagine.

A tal fine il documento recante le modalità di partecipazione prevede una serie di quesiti volti a facilitare le osservazioni da parte dei soggetti rispondenti.

Si invitano tutti i soggetti interessati a far pervenire i propri contributi entro il 26 giugno 2017 all'indirizzo di posta elettronica certificata dell'Autorità: [agcom@cert.agcom.it](mailto:agcom@cert.agcom.it), all'attenzione del responsabile del procedimento, Ing. Mario Tagiullo, funzionario dell'Ufficio radio spettro telecomunicazioni, responsabile del procedimento, specificando in oggetto “*Indagine conoscitiva 5G di cui alla delibera n. 557/16/CONS*”.

Allo scopo di illustrare il documento scritto inviato nei termini di cui sopra, i soggetti interessati possono presentare, altresì, entro i medesimi termini, con apposita istanza, richiesta di audizione. Nella medesima istanza dovrà essere indicato un referente, un contatto telefonico ed una *e-mail* per l'inoltro di eventuali successive comunicazioni.

Le comunicazioni fornite dai soggetti che aderiscono alla presente indagine non precostituiscono alcun titolo, condizione o vincolo rispetto ad eventuali successive decisioni dell'Autorità stessa.

Gli atti ed i documenti formati o acquisiti nel corso della presente indagine conoscitiva, ai sensi di quanto previsto dall'art. 4 del regolamento in materia di accesso agli atti, approvato con delibera n. 217/01/CONS e s.m.i., sono sottratti all'accesso.

In ogni caso, le comunicazioni e i documenti pervenuti potranno essere impiegati dall'Autorità in relazione all'esigenza di rendere pubbliche le risultanze dell'indagine, attraverso eventuali presentazioni, comunicati o articoli, e la pubblicazione di un documento di sintesi e di eventuali ulteriori documenti di lavoro sul sito *web* dell'Autorità, all'indirizzo [www.agcom.it](http://www.agcom.it), che saranno rese in forma aggregata ed anonima.

L'Autorità si riserva altresì di identificare all'esito della presente indagine conoscitiva specifici temi che richiedono supplementi di indagine e avviare ulteriori specifiche attività su tali temi.