

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale (LM31)

Tesi di Laurea Magistrale
Brevetti e tecnologia 5G: una analisi empirica



Relatore
Prof. Carlo Cambini

Candidato
Elena Oreglia

Correlatore
Prof. Antonio De Marco

Anno Accademico 2020/2021

Indice

Indice delle figure

Indice delle tabelle

1. Panoramica e scopo dell'elaborato	1
2. Contesto tecnologico	3
2.1 Reti mobili.....	5
2.1.1 Generazione di reti mobili.....	5
2.1.2 La nuova generazione 5G.....	6
2.2 Reti fisse.....	12
2.2.1 Dal rame alla fibra ottica.....	12
2.2.2 Principali infrastrutture in fibra ottica.....	14
2.2.3 Fibra ottica e 5G.....	16
2.3 Il 5G e la salute.....	22
3. Innovazione e proprietà intellettuale	24
3.1 Innovazione.....	24
3.2 Meccanismi e strumenti per la protezione della proprietà intellettuale.....	29
3.3 Brevetti.....	31
3.3.1 Diritti e requisiti di brevettabilità	31
3.3.2 Uffici brevetti.....	32
3.3.3 Anatomia di un brevetto.....	33
4. Standard e consorzi	36
4.1 Standard.....	36
4.2 Organizzazioni per lo sviluppo di standard tecnologici.....	38
4.3 Il processo di standardizzazione 5G.....	40
4.3.1 Il consorzio 3GPP.....	40
4.3.2 ETSI.....	42
5. Rassegna della letteratura	43
6. Dati e metodologia	50
6.1 Fonti, raccolta e pulizia dei dati.....	50
6.2 I campioni di SEPs	53
7. Statistiche descrittive	56
7.1 Analisi sugli anni.....	56
7.2 Analisi sui progetti.....	58
7.3 Analisi sulla distribuzione dei SEP nel mondo.....	60
7.3.1 Analisi sulle imprese	60
7.3.2 Analisi sugli uffici brevetto.....	66
7.4 Analisi sulle specifiche tecniche.....	69
8. Analisi econometrica	76
8.1 Campioni di trattamento e di controllo.....	76
8.1.1 Costruzione del campione principale.....	76
8.1.2 Costruzione del campione di controllo.....	78
8.1.3 Analisi statistiche.....	81
8.2 Analisi di regressione.....	86

8.2.1 Modelli logit sull'essenzialità dei brevetti.....	86
8.2.2 Modelli tobit sulle citazioni ricevute.....	88
9. Conclusioni.....	92

Bibliografia e Sitografia

Ringraziamenti

Appendice

Indice delle figure

Figura 1 – Confronto tra tecniche di multiplazione FDMA, TDMA e CDMA.....	4
Figura 2 – Vertical Automotive con relativi servizi abilitati dal 5G.....	7
Figura 3 – Confronto tra Regular MIMO e Massive MIMO con tecnologia Beamforming....	8
Figura 4 – Network slicing: esempio con slices dedicate a IoT, Healthcare e Mobile BroadBand al di sopra di un'unica rete fisica.....	10
Figura 5 – Classificazioni reti di accesso.....	12
Figura 6 – Fibra ottica e fenomeno della rifrazione totale.....	13
Figura 7 – Confronto tra architetture in rame e FTTx.....	14
Figura 8 – Diffusione FTTH e FTTx nel mondo.....	21
Figura 9 – Confronto tra innovazione chiusa ed innovazione aperta.....	24
Figura 10 – Frontespizio di un brevetto rilasciato dall'European Patent Office.....	34
Figura 11 – Map road delle Release 15, 16 e 17.....	41
Figura 12 – Dashboard ETSI.....	50
Figura 13 – Pagina di impostazione della query nella sezione Dynamic Reporting di ETSI..	51
Figura 14 – Pagina di esportazione ETSI.....	52
Figura 15 – Strumento di selezione delle TS e TR fornito da 3GPP.....	55
Figura 16 – Distribuzione dei brevetti per primo anno di dichiarazione.....	56
Figura 17 – Distribuzione delle dichiarazioni brevettuali per trimestri dal 2018 al 2020.....	57
Figura 18 – Quota percentuale dei brevetti dichiarati all'RTSI, suddivisi per progetto.....	58
Figura 19 – Quota dichiarazioni brevettuali per continente.....	63
Figura 20 – Mappa della distribuzione dei brevetti.....	63
Figura 21 – Quota di dichiarazioni brevettuali per settore.....	64
Figura 22 – Mappa delle dichiarazioni brevettuali per ufficio brevetto.....	66
Figura 23 – Numero di standard per brevetto.....	74

Indice delle tabelle

Tabella 1 – Confronto tra generazione di reti mobili.....	6
Tabella 2 – Tipologie di radiazioni.....	22
Tabella 3 – Osservazioni con prefisso EN e GS eliminati dal campione.....	53
Tabella 4 – Riepilogo della nuova nomenclatura dei progetti.....	53
Tabella 5 – Lista delle specifiche tecniche corredate da descrizione di alto livello.....	54
Tabella 6 – Numero di brevetti per anno di dichiarazione.....	56
Tabella 7 – Distribuzione dei brevetti per progetto e per anno di dichiarazione	59
Tabella 8 – Numero di dichiarazioni brevettuali per impresa.....	60
Tabella 9 – Dichiarazioni di brevetto per impresa (campione ridotto only 5G).....	61
Tabella 10 – Dichiarazioni di brevetto per impresa (campione ristretto di brevetti trasversali).....	62
Tabella 11 – Distribuzione dei brevetti per settore e per anno di dichiarazione.....	65
Tabella 12 – Numero di dichiarazioni di brevetto per ufficio brevetti.....	66
Tabella 13 – Distribuzione dei brevetti per anni di dichiarazione all’ETSI e ufficio brevetti...	67
Tabella 14 – Distribuzione delle dichiarazioni brevettuali per standard.....	69
Tabella 15 – Distribuzione dei brevetti only 5G e trasversali per standard (campione ridotto).....	70
Tabella 16 – Distribuzione dei brevetti per anno di dichiarazione e standard.....	71
Tabella 17 – Distribuzione delle dichiarazioni brevettuali per settore e per standard.....	73
Tabella 18 – Caratterizzazione della tabella TLS201_APPLN di PATSTAT.....	77
Tabella 19 – Elenco variabili al dettaglio di ogni brevetto.....	78
Tabella 20 – Analisi descrittive sul campione di controllo.....	81
Tabella 21 – Analisi descrittive sul campione principale.....	82
Tabella 22 – Analisi descrittive sul campione totale.....	83
Tabella 23 – Significato economico delle principali variabili brevettuali.....	84
Tabella 24 – Matrice di correlazione.....	85
Tabella 25 – Modelli logit sulla provabilità di essenzialità.....	87
Tabella 26 – Modelli tobit su numero di citazioni ricevute.....	90

1. Panoramica e scopo dell'elaborato

Il mondo delle telecomunicazioni è da sempre avvezzo a veloci cambiamenti ed evoluzioni dei prodotti presentati sul mercato. Tale condizione è dovuta all'enorme pressione competitiva del settore ed alle esigenze, sempre più complesse, della clientela. Per questo motivo, la crescita di tutto il settore è stata, ed è tuttora, esponenziale: il mercato delle reti mobili ha sviluppato 5 diverse generazioni di standard in soli 40 anni.

Se per quanto concerne i primi quattro standard ci sono stati importanti cambiamenti non solo nell'ambito delle reti mobili, ma anche nel concetto di comunicazione stessa, con l'ultima generazione sviluppata si attende un cambiamento ancora più epocale. Lo scopo di questo elaborato è innanzitutto indagare tale evoluzione, per riportare gli aspetti più progressivi ed impattanti.

La quinta generazione nasce in maniera diversa rispetto ai precedenti standard. Nello sviluppo del 5G hanno giocato un ruolo fondamentale la forte richiesta di nuovi requisiti da parte della clientela, ma anche la spinta apportata dalle istituzioni che stanno attualmente cercando di dare alla luce il concetto di Società Digitale. Infatti, gli organi istituzionali hanno da subito intuito le forti potenzialità del 5G ed hanno cercato di controllarne i risultati al fine di assecondare l'evoluzione societaria. Il concetto di società non è utilizzato in modo casuale. Infatti, gli impatti di quest'ultima generazione non resteranno confinanti al perimetro della comunicazione mobile, ma attualmente stanno già ribaltando l'intera infrastruttura di rete fissa, con la rimozione del rame e l'impiego della fibra, e promettono importanti sviluppi in diversi campi, quali, solo per citarne alcuni, l'agricoltura, i trasporti e la sanità. Questo comporta notevoli cambiamenti nella quotidianità di ciascuno di noi e, se da una parte si manifesta un forte entusiasmo, dall'altra si celano le preoccupazioni che tale rivoluzione potrà avere sulla salute umana.

Lo studio, dopo un'iniziale panoramica degli aspetti sopra citati, affronta il tema dell'innovazione e della proprietà intellettuale, per poi concentrarsi sulla metodologia brevettuale come strumento di protezione IPR. Successivamente, si passa all'analisi del processo di standardizzazione portato avanti dal progetto 3GPP. Il punto di congiunzione tra questi due temi sono i brevetti essenziali (SEP), punto focale di questo studio e su cui vengono sviluppate le analisi statistiche ed econometriche.

A seguito di un'analisi della letteratura attualmente esistente sui temi sopra citati, inizia la vera e propria analisi empirica. Il primo campione utilizzato è un'estrazione dalla piattaforma ETSI, ente di standardizzazione europeo, da cui è stato possibile, attraverso una selezione manuale dei progetti d'interesse, ricavare un *pool* di brevetti essenziali di 708.101 osservazioni. Questo dataset è stato il punto di partenza per lo sviluppo di un'iniziale analisi descrittiva per esplorare l'impatto dei SEP su diversi aspetti, temporali, geografici e settoriali, ma anche per la creazione dei campioni utilizzati nella successiva analisi econometrica. Altre analisi svolte in questa prima fase hanno riguardato gli standard detenuti in ciascun brevetto. Grazie alle TS è stato possibile individuare brevetti che si riferivano alla sola tecnologia 5G e altri, trasversali, che includevano anche una o più generazioni precedenti.

L'analisi econometrica si concentra su un pool di brevetti estrapolati dalla precedente estrazione e che hanno dato vita al campione dei trattati. In particolare, la scelta è ricaduta sui SEP depositati presso gli uffici brevetto europeo, americano e giapponese. La selezione di EPO, USPTO e JPO è dovuta al fatto che questi tre uffici rappresentano i maggiori contributori di brevetti a livello mondiale, considerando la tecnologia mobile ed escludendo la Cina, per cui il reperimento dei dati risulta maggiormente difficoltoso. Volendo indagare come le caratteristiche ex-ante impattino sulla probabilità di divenire essenziale e come l'essenzialità influisca su alcune caratteristiche ex-post dei brevetti, è stato necessario creare un campione di controllo. I brevetti non essenziali appartenenti a quest'ultimo campione e altre caratteristiche brevettuali sono state reperite da PATSAT, piattaforma

avente importanti contribuzioni a livello legale e bibliografico. Prima di effettuare il match 1-molti, tramite tecnica PSM, tra i brevetti del campione dei trattati e di controllo, è stato studiato, attraverso modello Logit, come le caratteristiche ex-ante di un brevetto influenzino la sua probabilità di essere dichiarato essenziale. Post-match sono invece state effettuate le analisi sulle caratteristiche ex-post del brevetto. In particolare, è stata studiata la correlazione tra alcune caratteristiche brevettuali ed il numero di citazioni ricevute. Dato il dominio non continuo della variabile dipendente, per queste ulteriori analisi sono stati impiegati modelli di tipo Tobit. A ciascun risultato empirico è stata associata un'interpretazione economica.

Infine, nel capitolo conclusivo vengono discussi risultati e limiti dell'analisi.

2. Contesto tecnologico

Le telecomunicazioni sono l'insieme di tecnologie, dispositivi, apparecchiature, strutture, reti e applicazioni che supportano la comunicazione a distanza. L'obiettivo della telecomunicazione è quindi quello di permettere la trasmissione, tramite dispositivi elettronici, chiamati trasmettitore e ricevitore, mediante un canale fisico¹.

Ad alto livello, si possono ricondurre tutte le applicazioni delle reti di telecomunicazioni a due categorie: a) le tecnologie per l'informazione e b) le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT). In particolar modo, quest'ultime hanno dato la spinta ai mezzi di comunicazione di massa, come telefono, radio o televisione, che, a loro volta, hanno permesso la connessione di milioni di utenti in tutto il mondo. Dalla nascita dei primi dispositivi si è osservato un continuo miglioramento di queste tecnologie e della loro capacità di interconnessione, ma l'avanzamento tecnologico non è sempre avvenuto di concerto tra i vari Paesi del mondo e spesso non sono state adottate modalità collaborative per lo sviluppo dell'innovazione tecnologica.

Nell'ultimo ventennio si è creata, tra i diversi continenti, una vera e propria corsa per raggiungere standard sempre più elevati in termini di connettività. La *Digital Agenda for Europe* (DAE), nel 2010, aveva cominciato a fare pressione sugli Stati del continente europeo, al fine di colmare il grande *gap* che si stava creando rispetto ad altri Paesi, in particolare quelli asiatici e statunitensi. La DAE aveva fissato, in quell'occasione, alcuni importanti obiettivi²:

1. Accesso alla "*basic broadband*" a tutti i cittadini europei dal 2013, corrispondente ad una velocità di connessione massima di 24 Mbps;
2. Accesso alla "*fast broadband*", con una velocità di connessione almeno pari a 30 Mbps, per ogni cittadino europeo, a partire dal 2020;
3. Accesso alla "*ultra-fast broadband*", con una velocità di connessione almeno pari a 100 Mbps, per almeno il 50% dei cittadini dell'Unione Europea.

Tali target sono poi stati supportati, nel 2017, da un ulteriore progetto della comunità europea: la *Gigabit Society*³. Gli obiettivi evidenziati in questa occasione, complementari a quelli fissati dalla DAE nel 2010, dovrebbero essere raggiunti entro il 2025:

1. per tutte le stazioni ferroviarie e gli aeroporti, gli ospedali, le principali pubbliche amministrazioni e le aziende, almeno 1 Gbps;
2. per la totalità delle abitazioni europee, comprese le aree rurali, 100 Mbps (tale obiettivo deve però garantire un margine di miglioramento fino a 1Gbps).

Per rispondere a questi scopi e, più in generale, ad un incremento del traffico sulla rete e alle nuove esigenze degli utenti, si è lavorato su due fronti:

- Rete mobile: lo sviluppo di una nuova generazione di reti, il 5G (che, in Italia, è ancora in fase di sperimentazione);
- Rete fissa: la creazione di un'infrastruttura di rete ottica completamente nuova (che, in Italia, è ancora in fase di installazione).

¹ National Research Council (2006). *Renewing U.S. Telecommunications Research*. Disponibile da <https://www.nap.edu/read/11711/chapter/1>

² European Commission (2010). *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS – a Digital Agenda for Europe*. Disponibile da <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0245:FIN:EN:PDF>

³ Mar Negreiro (2017). *Towards connectivity for a European Gigabit society*, European Parliamentary Research Service. Disponibile da [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603979/EPRS_BRI\(2017\)603979_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603979/EPRS_BRI(2017)603979_EN.pdf)

La decisione di lavorare parallelamente su questi due aspetti è nata dal fatto che al fine di raggiungere gli obiettivi di connettività fissati dall'UE, rete mobile e fissa non sono e non devono essere antagoniste, quanto piuttosto complementari.

Dopo questa breve introduzione al contesto tecnologico europeo e prima di passare alle descrizioni delle reti di telecomunicazione mobili e fisse, è utile addentrarci in una digressione tecnica sul tema delle tecniche di moltiplicazione. Questi meccanismi nascono per ovviare a tutte le problematiche che sorgono nel momento in cui più utenti devono sfruttare uno stesso canale di comunicazione, caratterizzato da una certa capacità trasmissiva. Questo è effettivamente quello che succede quando vogliamo comunicare tramite rete wireless o cablata. L'idea alla base delle tecniche di moltiplicazione è quella di avere tanti segnali in ingresso, analogici e digitali, detti tributari, che devono essere combinati in un unico segnale, detto moltiplicato, da trasmettere su un singolo collegamento fisico in uscita.

Tra le principali tecniche di moltiplicazione troviamo:

- *Frequency Division Multiple Access (FDMA)*: si divide il canale di trasmissione in intervalli di frequenze, ciascuna allocata ad una determinata coppia trasmettitore-ricevitore. Tra questi intervalli sono poi inseriti degli ulteriori intervalli, chiamati bande di guardia, al fine di minimizzare ed evitare le interferenze;
- *Time Division Multiple Access (TDMA)*: il principio è simile alla metodologia precedente, ma in questo caso, ad ogni comunicazione, è allocato un certo intervallo di tempo in cui gli utenti possono sfruttare l'intera capacità di trasmissione del collegamento. Anche in questo caso sono presenti le bande di guardia;
- *Space Division Multiple Access (SDMA)*: è la tecnica usata dalla telefonia cellulare. Proprio come suggerisce il nome, il territorio è diviso in celle, ciascuna delle quali sfrutta intervalli di frequenze differenti. Se le celle sono abbastanza distanti è possibile utilizzare lo stesso intervallo di frequenze, da qui il nome di tecnica del riuso spaziale;
- *Code Division Multiple Access (CDMA)*: questa metodologia di moltiplicazione presenta notevoli vantaggi rispetto alle tecniche descritte precedentemente, soprattutto in termini di velocità di trasmissione. Infatti, permette a diversi trasmettitori di inviare in contemporanea dati su uno stesso collegamento.

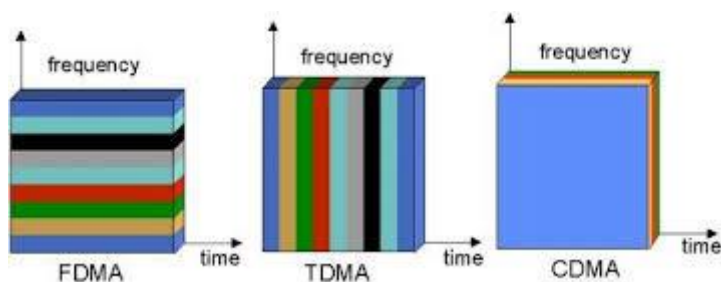


Figura 1 - Confronto tra tecniche di moltiplicazione FDMA, TDMA e CDMA
Fonte: La Sapienza

2.1 Reti mobili

Dopo questa breve digressione tecnica, passiamo all'analisi della rete mobile che, dallo sviluppo della prima generazione di standard e dispositivi negli anni Ottanta, ha visto l'avvicinarsi di una nuova generazione di rete ogni decennio circa. L'evoluzione è quindi stata estremamente rapida e repentina ed in pochi anni si è passati da una prima generazione, orientata solamente alla telefonia, per giungere oggi alle porte di un nuovo standard, il 5G, non ancora precisamente delineato data la sperimentazione esistente su alcuni territori nazionali.

Di seguito verrà quindi fornita una breve panoramica sulle generazioni antecedenti il 5G, per poi passare all'analisi della quinta generazione di reti mobili.

2.1.1 Generazioni di reti mobili

I primi dispositivi, emersi negli anni Ottanta, trasmettevano solamente in modalità analogica e sfruttavano uno spettro multiplo a condivisione di frequenza (FDMA). L'unica tipologia di traffico gestita era la voce. La prima generazione (1G), data la scarsa diffusione della tecnologia cellulare, doveva supportare pochissimi utenti e le celle erano di conseguenza molto più grandi di quelle che vengono usate al giorno d'oggi. Il protocollo impiegato in Europa per questa prima generazione di reti cellulari fu introdotto nel 1985, con il nome di *Total Access Communication System* (TACS). Ovviamente questo sistema soffriva di alcune forti limitazioni se confrontato con gli odierni protocolli. Per esempio, non garantiva l'interoperabilità con i sistemi cellulari di altre nazioni, aveva una ridotta capacità di banda e, come precedentemente accennato, non supportava alcun servizio al di fuori della comunicazione vocale.

La seconda generazione (2G) delle reti cellulari è stata la prima a passare al digitale. Questo step fondamentale ha permesso di integrare diversi servizi alla sola voce, che hanno portato a definire questo passaggio come una vera e propria rivoluzione del concetto di comunicazione. Infatti, proprio grazie agli standard 2G sono stati introdotti, per esempio, gli SMS e gli MMS, che offrivano, per la prima volta, la possibilità di comunicare attraverso brevi messaggi di testo o immagini. La seconda generazione, considerando anche la sua forma estesa (2.5G e 2.75G), utilizzava la commutazione a pacchetto, contrapponendosi con la commutazione a circuito della telefonia tradizionale. Le tecniche di moltiplicazione sfruttate erano la TDMA o la CDMA. Per la prima volta, grazie all'integrazione della crittografia, la comunicazione non avveniva più in chiaro. Infine, un'ultima introduzione meritevole di menzione, fu l'utilizzo di un nuovo modello di business, il *Pay-per-Use*: agli utenti veniva richiesto, per la prima volta, il pagamento di un servizio sulla base dell'utilizzo dello stesso, considerando il tempo di connessione come *proxy* per il costo totale. Lo standard più famoso e diffuso di questa seconda generazione è il *Global System for Mobile Communications* (GSM), che si è poi esteso, con l'avvento del 2.5G, nel *General Packet Radio Service* (GPRS) ed infine nell'*Enhanced Data rates for GSM Evolution* (EDGE). Questa serie di passaggi ha permesso innanzitutto l'introduzione di nuovi servizi offerti, ma anche un miglioramento delle velocità di trasmissione.

La terza generazione (3G) è stata la prima ad essere ideata considerando, fin dal principio, i servizi multimediali. Proseguendo la strada di quello dello standard EDGE, ha introdotto l'*Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS). Tale standard è basato su W-CDMA, ovvero un'interfaccia a banda larga e spettro espanso che sfrutta la tecnica di moltiplicazione CDMA, che permette di raggiungere maggiori velocità di trasmissione, nell'ordine di 2 Mbit/s⁴ (rispetto ai 64 Kbit/s, massimo bit rate della generazione precedente). La pecca di questo standard è sicuramente la mancanza di

⁴ 3GPP (February, 2005). *3G/UMTS - Towards mobile broadband and personal Internet. A white paper from the UMTS Forum*. Disponibile da <https://www.3gpp.org/>

interoperabilità con GSM e GPRS, che quindi non permette di sfruttare la rete preesistente, ma anche con reti UTMS di diversi gestori.

Data la diffusione di servizi multimediali e di dispositivi mobili, con conseguente aumento del traffico dati, è stato necessario sviluppare la quarta generazione (4G) di reti. La particolarità del 4G è sicuramente quella di gestire solamente traffico dati IP. Gli standard più importanti di questa generazione di reti sono WiMAX ed *Long Term Evolution* (LTE), quest'ultima sviluppata da 3GPP. I due standard erano forti antagonisti. Infatti, la diffusione globale di LTE ha notevolmente ridotto le prospettive di WiMAX. L'obiettivo è però comune: si puntava a migliorare ed aumentare il bit rate disponibile per ogni utente. In particolare, LTE ha permesso di raggiungere velocità in download teoriche nell'ordine di 300 Mbit/s, mentre *Long Term Evolution Advanced* ha addirittura raggiunto i 3 Gbit/s. In entrambi i casi si tratta però di velocità teoriche, nella pratica i picchi raggiungono velocità di 100 Mbps⁵.

Generazione	Standard	Introduzione	Caratteristiche principali	Velocità di trasmissione massima
1G	TACS	1985	Gestione del solo traffico voce	2.4 Kbps
2G (2.5G e 2.75G)	GSM (GPRS- EDGE)	2002	Introduzione di SMS ed MMS	64 Kbps
3G	UTMS	2004	Standard creato considerando in parte il traffico IP, prima banda larga mobile	2 Mbps
4G (4.5G)	LTE (LTE Advanced)	2009	Gestione del solo traffico dati IP	100 Mbps

Tabella 1 – Confronto tra generazione di reti mobili

2.1.2 La nuova generazione 5G

Al fine di supportare la continua crescita del traffico mobile e per rispondere a quelle che sono le esigenze di una società in continua evoluzione, è stata creata la rete di quinta generazione (5G). La particolarità di questa generazione consiste proprio nella sua progettazione: il 5G è stato creato a partire dalle esigenze e dalle richieste dei clienti stessi e non adattato ai servizi solo successivamente, come invece è stato per le generazioni precedenti.

Le applicazioni per cui è stato studiato il 5G sono le più disparate: dal video in alta definizione, alla sanità da remoto, passando per tutto il mondo *Internet of Things* (IoT) e delle *smart cities*. La realtà dei fatti è che il 5G apporterà numerosi cambiamenti in diversi settori come la produzione, la sanità e l'energia, supportando lo sviluppo di nuovi servizi e quindi cambiando molti aspetti della vita quotidiana di ciascun cittadino.

L'Europa, nel 2016, ha specificato quelli che sarebbero stati i *verticals*, ovvero i settori, per cui era necessario sviluppare il 5G.

⁵ 3GPP. *LTE* e *LTE-Advanced*. Disponibili da <https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte> e <https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>

Per ciascun settore sono state individuate le applicazioni abilitate dalla nuova generazione. Tali *verticals*⁶ sono specificati all'interno del documento "5G for Europe: An Action Plan"⁷. In particolare, per ciascuna applicazione vengono indicati i target in termini di data rate, copertura, mobilità, accuratezza nel posizionamento, latenza, densità dei dispositivi e disponibilità. Per facilitarne la comprensione, tali indicatori sono stati posizionati ai vertici di un ettagono e, per ogni applicazione, viene indicato il livello richiesto per ciascun indicatore (il centro dell'ettagono corrisponde ad un livello di bassa importanza).

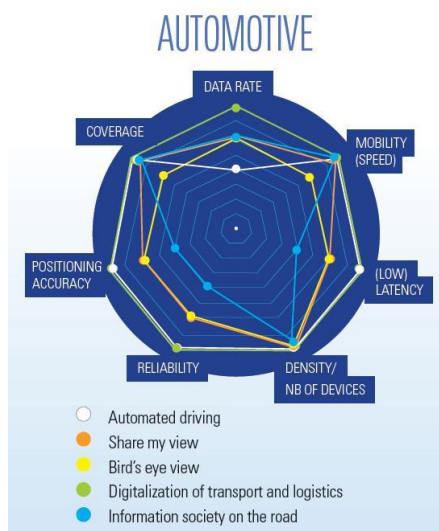


Figura 2 - Vertical Automotive con relativi servizi abilitati dal 5G
Fonte: European Commition Action Plan 5g

L'elenco di applicazioni fornito in questo documento non è però esaustivo se pensiamo a tutti i servizi che abiliterà la quinta generazione e, quindi, in seguito tratteremo alcune delle innovazioni più significative di cui si potrà usufruire con l'arrivo del 5G. Prima di ciò è però necessario evidenziare quali sono le specifiche tecniche che la nuova generazione riuscirà a garantire⁸:

- Maggiore velocità: il *focus* è giungere ad una velocità di trasmissione teoriche nell'ordine dei 20 Gbit/s. Quindi, considerando la velocità teorica pari ad 1Gbps del 4G/LTE, si attende un miglioramento di circa 20 volte rispetto alla generazione precedente;
- Minore latenza: si punta ad una reattività estremamente elevata, nell'ordine di 1-4 ms di latenza massima, che comporta una riduzione della latenza pari a 10-20 volte rispetto alla generazione precedente;
- Maggiori utenti collegati: in questo caso si vuole aumentare di circa 10 volte la copertura di utenti rispetto a LTE, giungendo a 1 milione di utenti connessi per km².

⁶ I verticals presentati nel documento sono i settori energetico, automobilistico, e-health, industriale, media e intrattenimento.

⁷ European Commission, (September 14, 2016). *5G for Europe: An Action Plan*. Disponibile da <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016SC0306&from=EN>

⁸ ETSI. *5G*. Disponibile da <https://www.etsi.org/technologies/5g>

L'abilitazione di servizi e tecnologie, estremamente eterogenei tra loro, l'alta densità dei dispositivi, le elevate velocità di trasmissione e le basse latenze sono rese possibili dall'uso di quelle che vengono definite *millimeter wave*⁹ e da una diversa densità cellulare.

Fino a poco tempo fa le telecomunicazioni terrestri limitavano il loro funzionamento ad una gamma ristretta di frequenze a microonde, nell'ordine di lunghezza d'onda di pochi centimetri, fino ad arrivare ad un metro. Tale banda è ormai quasi completamente occupata. Il motivo principale per cui lo spettro delle onde millimetriche è rimasto inattivo fino ad oggi è che le onde aventi un'elevata frequenza, come in questo caso, hanno delle cattive performance di propagazione attraverso gli ostacoli. In questo caso si fa riferimento all'assorbimento atmosferico, alla bassa diffrazione intorno agli ostacoli e alla penetrazione attraverso gli oggetti. Tuttavia, nel tempo, i semiconduttori sono migliorati, grazie ad una continua innovazione che ha permesso ad oggi di arrivare a scegliere, seppur considerando ancora questi limiti, proprio la strada delle onde millimetriche per aumentare le velocità di trasmissione della quinta generazione. Data comunque l'esistenza, seppur ormai tollerabile, del problema di propagazione di queste onde ad alta frequenza, si renderà necessario usare, in maniera ancora maggiore rispetto alle generazioni antecedenti, le *small e ultra-small cells*: regioni di territorio che coprono aree da alcune decine fino ad alcune centinaia di metri. Questa scelta fornirà maggiori *bit-rate* per ogni utente e richiederà minore potenza all'antenna per la propagazione del segnale. Inoltre, a seconda dell'applicazione in esame, che quindi necessiterà di diverse bande di frequenza, sarà possibile dimensionare la cella.

A seguito di questa descrizione tecnica sugli strumenti impiegati per raggiungere le specifiche attese, come precedentemente accennato, forniamo ora una panoramica di alcune tra le più significative tecnologie abilitate dal 5G. Tali tecnologie non solo miglioreranno l'esperienza dell'utente finale, ma supporteranno anche i tecnici nella gestione e nell'implementazione dei sistemi.

Tra le innovazioni apportate dalla quinta generazione, sicuramente meritano una menzione le cosiddette "antenne attive", antenne che sfruttano le tecnologie *Massive MIMO* e *beamforming*. *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) era in realtà già impiegata dal 4G, ma il numero di antenne utilizzate era molto contenuto.



Figura 3 – Confronto tra Regular MIMO e Massive MIMO con tecnologia Beamforming
Fonte: Telecompedia

MIMO sfrutta il multipath, un fenomeno tipico delle onde radio. Questa tecnica permette di creare un'interferenza costruttiva che consente al segnale di giungere al ricevitore in modo più chiaro e veloce. Il segnale viene infatti trasmesso da diverse sorgenti e, grazie a dei giochi di sponda (la presenza di muri, mobili, ma più in generale di ostacoli, fa rimbalzare il segnale), raggiungerà il ricevitore seguendo percorsi diversi, con tempi leggermente diversi, creando un insieme di flussi che, in simultanea, riescono a trasportare maggiore informazione rispetto ad un singolo flusso. *Massive MIMO* non fa altro che scalare la tecnologia precedente a centinaia di antenne. *Beamforming* è invece la capacità di direzionare un flusso in una data area. Questo tipo di tecnologia

⁹ Andrews, J. G., Buzzi, S., Choi, W., Hanly, S. V., Lozano, A., Soong, A. C., & Zhang, J. C. (2014). *What will 5G be?. IEEE Journal on selected areas in communications*, 32(6), 1065-1082.

si rivela molto utile se pensiamo, per esempio, ad un semaforo intelligente che deve mandare il segnale solamente ad una certa automobile ferma all'incrocio regolato da suddetto semaforo. Immaginiamo quindi centinaia di antenne MIMO che, collegate ad una stazione base, focalizzano la loro trasmissione in una determinata regione dello spazio, anche molto piccola (*beamforming*), garantendo nuovi livelli di affidabilità ed efficienza.

Un'altra tra le novità del 5G sarà la comunicazione *device-to-device*. Questo tipo di comunicazione è utilizzata comunemente nel mondo dell'IoT, dove i vari *devices* utilizzano protocolli quali Bluetooth o ZigBee per comunicare direttamente l'uno con l'altro, senza passare attraverso un server intermediario. Al momento però, la gran parte dei dispositivi mobili, per comunicare con un altro *device*, deve necessariamente passare attraverso la rete. Questo vincolo aumenta notevolmente i costi e le latenze. Con l'arrivo del 5G sarà invece possibile sfruttare una comunicazione diretta tra dispositivi e questo comporterà un minor consumo energetico, minore potenza richiesta e maggiore velocità di trasmissione. Ovviamente questo cambiamento è invisibile agli operatori di rete, che perderebbero parte del proprio ruolo nel mercato delle telecomunicazioni.

Essendo il 5G una rete che supporterà diverse applicazioni, con diversi set di performance e prestazioni richiesti, sarà necessario implementare quella che è la *network slicing*, ovvero la possibilità di creare diverse reti logiche indipendenti al di sopra di un'unica rete fisica. Ogni *slice* rappresenta una rete logica ed è costituita in modo tale da soddisfare i requisiti richiesti da una determinata applicazione. Quindi, la *Network slicing* emerge come soluzione per supportare i diversi livelli di *Quality of Service* (QoS) sfruttando un'unica infrastruttura fisica. In questo modo ogni operatore è in grado di soddisfare diverse tipologie di clienti, vendendo la *slice as-a-service*, ovvero come una parte di rete completamente separata da tutto il resto. Questa nuova possibilità permette quindi di ridurre il *time-to-market* di nuovi servizi e garantisce una maggiore efficienza operativa. D'altro canto, ciò apre la strada ad elementi di criticità, come, per esempio, la gestione del *network slicing*¹⁰. Infatti, l'impiego di questa tecnologia presenta diverse dimensioni da gestire: dalla sicurezza, alla QoS, passando all'aggiustamento del carico sulla rete.

¹⁰ Zhang, H., Liu, N., Chu, X., Long, K., Aghvami, A. H., & Leung, V. C. (2017). *Network slicing based 5G and future mobile networks: mobility, resource management, and challenges*. *IEEE communications magazine*, 55(8), 138-145.

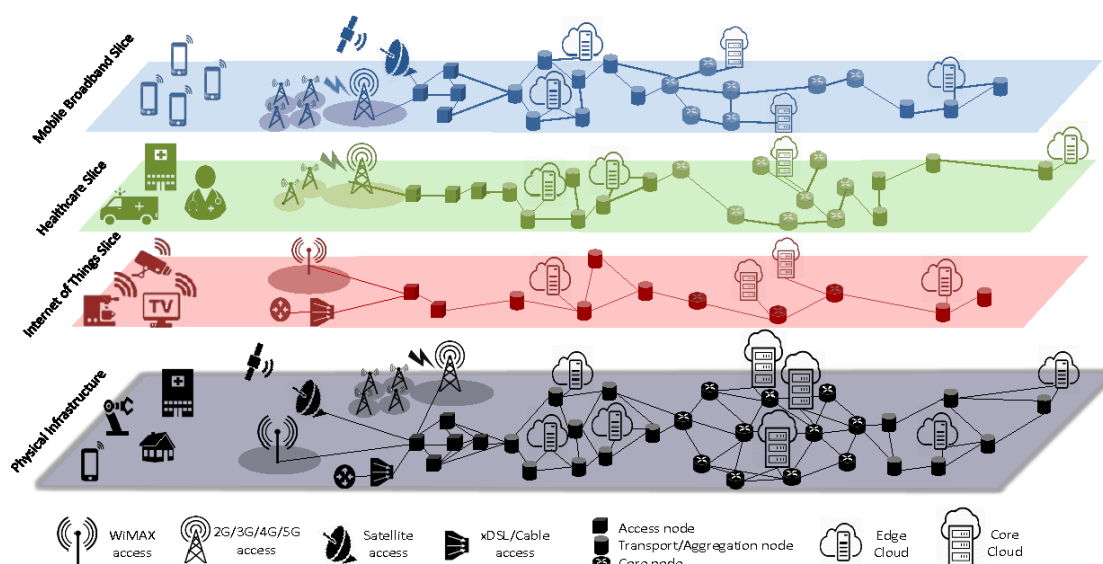


Figura 4 – Network slicing: esempio con slices dedicate a IoT, Healthcare e Mobile BroadBand al di sopra di un'unica rete fisica

Fonte: Strumenti ICT per la gestione dei servizi, Giaccone, Politecnico di Torino

Il **Multiaccess Edge Computing (MEC)**¹¹ è una tecnologia emergente che mira alla convergenza delle telecomunicazioni e dei Servizi IT, fornendo una piattaforma di cloud computing ai margini della rete (edge) di accesso radio e sarà possibile proprio grazie all'arrivo del 5G. MEC offre risorse di archiviazione e di calcolo sul bordo della rete, riducendo quindi la latenza per i dispositivi mobili degli utenti finali e utilizzando in modo più efficiente il *backhaul* mobile. Per questo motivo il suo utilizzo è indicato per tutte quelle applicazioni che necessitano di un'elevata reattività. Il MEC nasce per rispondere ai limiti emersi a seguito dell'ascesa di dispositivi mobili sempre più complessi, caratterizzati da vincoli in termini di durata della batteria, potenza computazionale e memoria, limitazioni che sorvegliano soprattutto in presenza di processi complessi, che andavano ad influenzare negativamente la *Quality of Experience (QoE)* dell'utente. Grazie al MEC è possibile migliorare le *performance* sul web, soprattutto in termini di riduzione dei tempi di accesso; nel mondo dell'IoT si rende possibile il processamento dei dati in edge, prima di inviarli sulla rete stessa; è possibile migliorare la distribuzione dei contenuti, attività estremamente importante se pensiamo a tipologie di dati come i video, uno dei servizi più popolari nelle reti mobili.

Le reti IP tradizionali, compresa Internet, sono estremamente complesse e difficili da gestire. Le difficoltà sorgono a diversi livelli: configurazione, risposta al guasto, controllo dei dati. Per questo motivo si rende necessario un nuovo paradigma, che permetta di cambiare questo stato delle cose. La **Software Defined Networking (SDN)**¹² è un'entità centralizzata in grado di assumere il controllo dell'intera rete, che quindi può separare il controllo logico da router e switch. Con l'introduzione del SDN, grazie al 5G, sarà quindi possibile centralizzare il controllo della rete ed introdurre nuove capacità di programmazione della stessa.

Infine, il 5G darà una grossa spinta a tutta la sfera dell'intelligenza artificiale, ma, in particolar modo, all'impiego di questa tecnologia nella rete stessa. L'obiettivo è quello di ottenere una rete in grado di prendere decisioni, reagire in modo automatico e ottimizzare le proprie prestazioni in modo autonomo. Le attuali reti sono state progettate da esperti che, sulla base delle proprie esperienze e competenze, hanno configurato tutte le politiche di gestione e controllo della rete stessa. Le reti di

¹¹ Taleb, T., Samdanis, K., Mada, B., Flinck, H., Dutta, S., & Sabella, D. (2017). *On multi-access edge computing: A survey of the emerging 5G network edge cloud architecture and orchestration*. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 19(3), 1657-1681.

¹² Kreutz, D., Ramos, F. M., Verissimo, P. E., Rothenberg, C. E., Azodolmolky, S., & Uhlig, S. (2014). *Software-defined networking: A comprehensive survey*. *Proceedings of the IEEE*, 103(1), 14-76.

nuova generazione invece raggiungono un livello di complessità tale da rendere impossibile, per l'uomo, controllarne l'intera infrastruttura. I sistemi della nuova generazione sono studiati per avere un elevato livello di automazione ed auto-organizzazione per quanto riguarda i vari aspetti di creazione e gestione della rete. In questo modo potranno adottare soluzioni dinamiche in modo estremamente rapido, garantendo maggiore affidabilità e sicurezza.

2.2 Reti fisse

Soprattutto nel periodo del *lock-down*, gli operatori hanno assistito ad un forte incremento di traffico dati e voce sia sulla rete mobile che su quella fissa. Complice anche l'uso del wi-fi domestico per applicazioni di videocomunicazione, *streaming video*, *gaming* e *browsing*, sulle reti fisse si è registrato il vero grande incremento. Le evidenze di questi dati sono riportate da uno studio dell'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni¹³, che, in collaborazione con gli operatori di rete mobile e fissa, ha monitorato il traffico dati e voce durante il periodo febbraio-maggio 2020, evidenziando un incremento del traffico complessivo sulla rete fissa tra il 50 ed il 60%, rispetto ai dati antecedenti il *lock-down*. La gestione di questa emergenza ha quindi messo ancor più in evidenza la necessità di attuare il processo di trasformazione digitale, già in divenire da alcuni anni. Nel concreto, questa rivoluzione digitale porterà alla sostituzione della preesistente infrastruttura in rame con una nuova, in fibra ottica.

In particolare, si tratta di sostituire quello che viene chiamato "Ultimo Miglio". Con tale appellativo si fa riferimento al segmento di collegamento più vicino all'utente, dalla cabina in strada alla residenza.

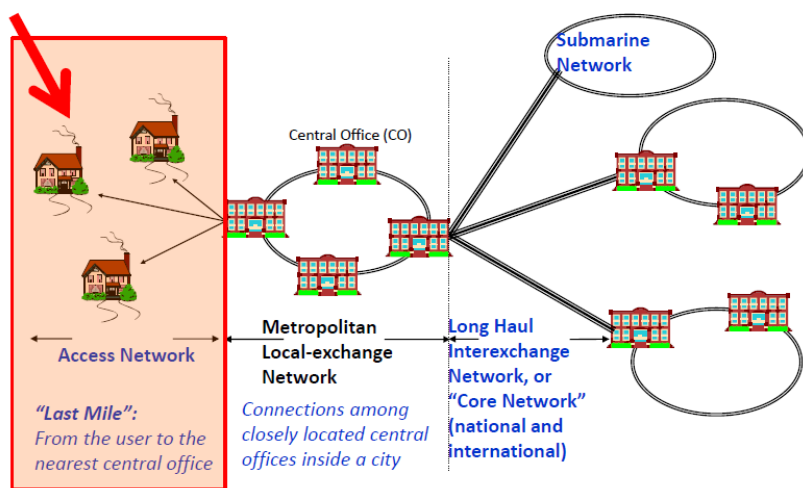


Figura 5 - Classificazione Reti di Accesso

Fonte: Strumenti ICT per la gestione dei servizi, Gaudino, Politecnico di Torino

L'innovazione nella rete fissa a cui abbiamo assistito negli ultimi anni riguarda in larga parte, per quanto vada considerato l'intero ricablaggio della stessa, proprio il cambio del mezzo fisico usato in questa parte di collegamento.

Andiamo quindi ad analizzare lo sviluppo della rete fissa negli anni, dai suoi primi utilizzi ad oggi, valutando le tipologie di connessioni impiegate al fine di arrivare a fornire una descrizione tecnica, seppur molto breve, della fibra ottica.

2.2.1 Dal rame alla fibra ottica

La connessione *Dial-Up* è stata la prima a permettere l'accesso ad Internet, che avveniva tramite collegamento telefonico. Questo tipo di tecnologia presentava però forti limitazioni sia in termini di prestazioni (per esempio aveva una velocità di caricamento estremamente bassa se confrontata con le odierne tecnologie impiegate nella connessione), sia in termini di utilizzo (basti pensare che, nello stesso momento, si poteva utilizzare solo il computer o solo il telefono).

¹³ Agcom (maggio 2018). *Comunicazione del 13 maggio 2018. Monitoraggio del traffico dati e voce: aggiornamento alla settimana 18*. Disponibile da <https://www.agcom.it/documents/10179/18589264/Comunicazione+13-05-2020/0296baa7-b250-4fcb-a3e5-ca3fa7c1be68?version=1.0>

Negli anni 2000, per superare i forti vincoli del *Dial-Up*, venne lanciata in Italia l'*Asymmetric Digital Subscriber Line* (ADSL)¹⁴, che permette l'accesso ad Internet impiegando il doppino telefonico. Il doppino telefonico è un tipo di cablaggio, costituito da due cavi in rame ritorti, ed era stato progettato per la comunicazione vocale. Gli accessi ADSL vengono categorizzati come accessi a banda larga (o broadband) e permettono, in contemporanea, la trasmissione di traffico dati e voce. Il collegamento ADSL è reso possibile da due dispositivi, con funzione opposta: il modem ADSL, che si trova nell'abitazione dell'utente, e il DSLAM, posto nella centrale telefonica. Il compito dei due apparecchi è quello di trasformare i dati dal formato digitale all'analogico e viceversa. La separazione tra dati e segnale vocale avviene tramite lo splitter, un filtro posto nell'abitazione dell'utente e nella centrale telefonica, che invia il segnale al giusto dispositivo, modem o telefono. L'ADSL permette l'utilizzo di Internet broadband e del telefono in contemporanea, la connessione di più computer sulla stessa linea DSL ed Internet più veloce (2 Mbps rispetto ai 56Kbps di *Dial-Up*)¹⁵. Pur superando alcuni dei problemi della tecnologia precedente, permangono dei forti svantaggi legati alla natura del mezzo fisico utilizzato per il collegamento: il rame. Il più grande ostacolo per questa tecnologia dipende proprio dal materiale impiegato, poiché il segnale subisce delle forti attenuazioni con l'aumentare della distanza del collegamento in rame. Quindi le performance dell'ADSL sono molto buone se ci si trova in prossimità della centrale telefonica, ma diminuiscono all'aumentare della distanza utente-centrale.

Nell'affrontare la rivoluzione digitale, ogni Paese è stato lasciato libero di attuare le pratiche che riteneva più adatte per raggiungere gli obiettivi prefissati. Di conseguenza, al momento, come evidenzieremo più avanti nella trattazione, c'è una forte eterogeneità tra continenti e si stanno sviluppando dei *gap* non indifferenti. L'elemento comune rimane però l'impiego della fibra ottica, di cui ora forniamo una descrizione più tecnica.

La fibra ottica è un materiale composto da filamenti vetrosi o polimerici. La fibra è costituita da due livelli concentrici: uno strato più interno, chiamato *core*, ed uno più esterno, *cladding*. Un cavo in fibra ottica può contenere fino a 7 fibre diverse ed il collegamento tramite questa tecnologia viene catalogata come a banda ultra-larga (*ultra-broadband*). La trasmissione è possibile grazie al fatto che quando il segnale entra nel nucleo, sotto forma di luce, si propaga mediante una sequenza di riflessioni sulla superficie di separazione tra i due materiali che costituiscono il *core* ed il *cladding*. La serie di riflessioni si attua solamente se la luce colpisce la superficie con una particolare inclinazione, maggiore dell'angolo limite. In caso contrario, quindi con un'incidenza inferiore a quella dell'angolo critico, il segnale viene rifratto nel *cladding* e quindi perso.

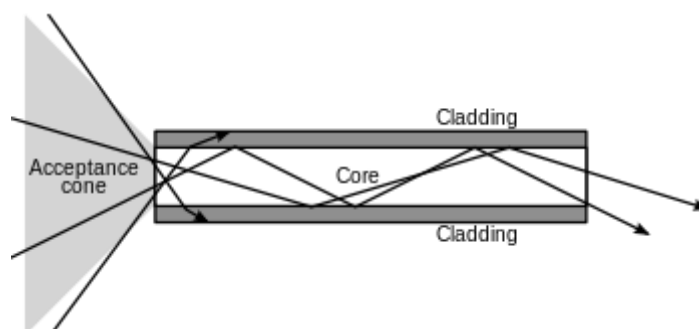


Figura 6 - Fibra ottica e fenomeno della riflessione totale
Fonte: Wikipedia

Come accennato precedentemente, l'idea che permetterà all'Europa di raggiungere gli obiettivi prefissati è quella di impiegare la fibra nei collegamenti dell'Ultimo Miglio, poiché tale tecnologia presenta numerosi vantaggi rispetto all'ADSL. La rete ottica è più affidabile, poiché permette

¹⁴ in italiano Linea Asimmetrica di Sottoscrizione Digitale.

¹⁵ SpeedCheck. Dial-up. Disponibile da <https://www.speedcheck.org/wiki/dial-up/>

connessioni più stabili e un minor numero di guasti, e garantisce performance più elevate, sia in termini di velocità che di latenza. Ovviamente, la totalità dei benefici della fibra ottica è ben visibile solo nel momento in cui i collegamenti sono interamente costituiti da questo materiale. La sostituzione dell'intera infrastruttura in rame, già presente sul territorio, non è però un passaggio facile ed anzi, in alcuni Paesi, inclusa l'Italia, sta ostacolando i progressi in termini di connettività. L'impedimento maggiore è sicuramente di natura economica, poiché la quantità di lavori civili per l'installazione della fibra costituisce un grande investimento. Per questo motivo, la scelta ricade spesso su soluzioni intermedie, non totalmente costituite da materiale ottico. Tali infrastrutture vengono indicate come FTTx, proprio per sottolineare il segmento di impiego della fibra ottica e nel paragrafo successivo ne forniamo una veloce panoramica.

2.2.2 Principali infrastrutture in fibra ottica

Di seguito vengono quindi riportate le principali soluzioni FTTx impiegate:

- **Fiber to the Home (FTTH).** In questo caso il collegamento è completamente in fibra. Questo significa che si possono sfruttare interamente i vantaggi della soluzione ottica, arrivando a velocità in *downstream* e *upstream* simmetriche e pari a 1 Gbps¹⁶, implementabili in futuro. Questo tipo di soluzione risolve i problemi in termini di limitazione di banda e può coprire, se necessario, distanze anche molto significative, senza perdite di performance. Necessita però di un completo ricablaggio della rete di accesso e quindi di un investimento elevato.
- **Fiber to the Building (FTTB).** La fibra arriva fino alla cabina posta nell'edificio dell'utente. Il collegamento finale verso ciascuna residenza è però in rame.
- **Fiber to the Cabinet (FTTC).** In questo ultimo caso, il collegamento in rame si estende dalla cabina sulla strada, dove arriva la fibra ottica, fino all'edificio e poi all'abitazione dell'utente. È la soluzione più soggetta ai limiti del rame, poiché è quella con la distanza maggiore coperta da questo materiale. Di conseguenza non sono previsti, in futuro, grossi margini di miglioramento, ma è anche una delle soluzioni maggiormente impiegate, poiché garantisce comunque delle prestazioni migliori rispetto all'ADSL, a costi ridotti rispetto all'opzione completamente in fibra.

Come si può facilmente evincere dalle descrizioni precedenti, le *performance* sono estremamente diverse a seconda della presenza della fibra ottica nei collegamenti. Infatti, tutte le soluzioni in cui compare il rame, sono fortemente limitate dalle basse prestazioni di questo materiale. Solamente

Architetture di rete

Dal rame alla fibra con tre soluzioni complementari e scalabili!

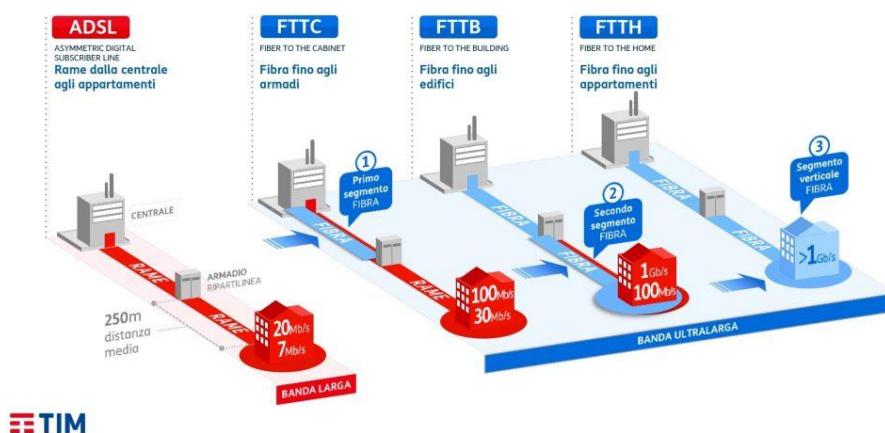


Figura 7 - Confronto tra architetture in rame e FTTx

Fonte: Telecom Italia

¹⁶ TIM. *Le migliori tecnologie per navigare al massimo della velocità.* Disponibile da <https://www.tim.it/fisso-e-mobile/fibra-e-adsl/architettura-rete#>

FTTH permette di raggiungere l'obiettivo di 1 Gbit/s simmetrico e quindi rispondere a quelli che sono gli obiettivi di miglioramento imposti dalla *Gigabit Society*.

Non essendo però possibile portare la fibra ottica su tutto il territorio, data la presenza di zone rurali in cui l'installazione risulta economicamente svantaggiosa o fisicamente difficile, si è studiata un'altra possibilità di connessione. La *Fixed Wireless Access (FWA)* o *Fiber To The Tower (FTTT)* è una connessione ibrida, composta da rete wireless e cablate, sviluppata appunto per raggiungere anche le aree in cui non risultava agevole, per i motivi sopra citati, portare avanti il collegamento interamente cablato. Il mezzo fisico, rame o fibra, giunge fino alla stazione radio base (da qui il nome di *Tower*), da cui parte invece un segnale radio. Quest'ultimo viene inviato ad un terminale ricevente, che smista poi il segnale verso gli utenti. Tale tecnologia, in Italia, è stata impiegata a copertura delle aree indicate come bianche e grigie, zone a fallimento di mercato, tipicamente montane e rurali, abitate dal 40% della popolazione. Date le forti pressioni europee, Infratel ha indetto vari bandi a copertura di queste zone. Tre di questi bandi sono stati vinti da Open Fiber, che pur avendo come *mission* quella di creare una rete nazionale completamente in fibra ottica, sfrutta FWA per garantire la connessione in queste zone¹⁷.

Tutte queste soluzioni, comprese quelle di natura ibrida, sfruttano diversi sistemi per la connessione degli utenti. Di seguito forniamo quindi una lista esplicativa delle diverse possibilità di connessione, attuando quindi un confronto critico tra queste soluzioni:

- *Point-to-Point (P2P)*¹⁸. Consiste nel dedicare coppie di fibre ad ogni utente: dall'ufficio centrale partono quindi diversi collegamenti, ciascuno dedicato ad un *end-user*, costituiti da due cavi: uno per l'*upstream* ed un altro per il *downstream*. In termini di investimento, pur essendo la soluzione più performante, dato il collegamento diretto, ha elevati costi sia in termini di creazione (Capex) sia in termini di gestione (Opex) della rete. L'elevato Capex è dovuto all'impiego della fibra ottica e al grande numero di *Optical Line Terminal (OLT)*, ovvero le terminazioni ottiche presenti all'interno di ciascun ufficio centrale. L'Opex è invece dovuto al consumo energetico ed allo spazio dedicato ai *rack*. Dati gli elevati costi di un collegamento in fibra interamente dedicato ad ogni *end-user*, tipicamente questa soluzione è maggiormente impiegata per FTTH e FTTC (anche se in alcuni Paesi viene utilizzata per FTTH). In questo ultimo caso in particolare, il doppio cavo dedicato giunge ad ogni cabina sulla strada.
- *Passive Optical Network (PON)*. In questo caso parliamo di un collegamento punto-multi punto: il cavo in uscita dall'ufficio centrale è unico, permette una trasmissione bidirezionale (upstream e downstream) e non è dedicato ad un singolo end-user. Vi sono infatti tipicamente due livelli di *splitting*: uno subito dopo il *central office* ed uno nella cabina in strada. Lo splitter è un dispositivo che divide la potenza del segnale in ingresso in due o più collegamenti in uscita. Solitamente gli operatori telefonici sfruttano quattro collegamenti in uscita. Tali strumenti ottici non necessitano di alimentazione elettrica e non sono in grado di direzionare e filtrare il flusso in modo selettivo. Per questo motivo, in ogni residenza, sono presenti degli apparecchi, gli *Optical Terminal Network (OTN)*, in grado di filtrare il traffico per ottenere solo i dati di interesse per l'utente finale. Ad oggi, in Italia, molti operatori utilizzano questo tipo di connessione. Tra questi, Open Fiber ha implementato tale tecnologia fino a permettere velocità di trasmissione dati nell'ordine dei 2.5 Gbps, rinominando la connessione come GPON¹⁹.

¹⁷ Open Fiber (October, 2019). *Coverage plan*. Disponibile da <https://openfiber.it/en/infratel-area/coverage-plan/>

¹⁸ Anche indicata come "Peer-to-Peer"

¹⁹ Open fiber. *GPON*. Disponibile da <https://openfiber.it/en/technologies/ftth/gpon/>

- *Active Optical Network (AON)*. Questo tipo di soluzione è estremamente simile alla precedente, ma utilizza degli splitter attivi, in grado di smistare il traffico ed indirizzarlo correttamente verso gli utenti. Tali dispositivi, alimentati elettricamente, possono direzionare i flussi verso circa 500 utenti, contro i 128 di uno splitter ottico PON. I costi di manutenzione di questi splitter attivi aumentano l'Opex rispetto alla soluzione precedente, ma AON rimane comunque una possibilità meno costosa rispetto alla P2P.

Le ultime due soluzioni esposte necessitano di Capex ed Opex minori rispetto al collegamento P2P, ed è questo il motivo principale per cui, in Italia, molti operatori utilizzano PON. Un altro aspetto da tenere in considerazione è però la possibilità di fare *unbundling*, ovvero la possibilità di avere più di un operatore telefonico che fornisce servizi sulla stessa rete di accesso. Dal punto di vista del cliente, l'*unbundling* rappresenta quindi la possibilità di cambiare operatore più agevolmente. Gli operatori telefonici già presenti sul mercato vedono quindi la soluzione PON come la miglior scelta di connessione possibile, poiché effettivamente rende più difficile l'*unbundling*, riducendo quindi le nuove entrate nel mercato. La soluzione P2P, pur essendo invece molto più costosa, rende più facile l'offerta di più servizi su un'unica rete di accesso ed è quindi maggiormente supportata dai nuovi operatori di rete.

2.2.3 Fibra ottica e 5G

Negli ultimi anni si è assistito ad un drastico cambio nella richiesta di traffico, passando da un flusso quasi esclusivamente vocale ad uno ormai costituito interamente da dati. Inoltre, sono cambiate le esigenze degli utenti, che richiedono maggiore velocità di trasmissione e minori latenze, il tutto considerando la crescente intensità di utilizzo, dei dispositivi mobili e fissi, che ha generato un grande aumento del traffico dati da gestire.

Considerando quindi l'integrità del contesto, le autorità hanno sentito la necessità di impostare nuovi importanti obiettivi, che intrinsecamente permettessero di soddisfare queste esigenze. La rivoluzione del 5G sembra essere per l'appunto la risposta a questo cambiamento, che deve però essere supportata da adeguate infrastrutture. Quando le celle più piccole del 5G supportano velocità nell'ordine di centinaia di Mbps, o addirittura Gbps, per utente, la rete di *backhaul* deve avere sufficiente banda, combinata con bassa latenza e affidabilità, per poter garantire la continuità di queste performance. La fibra ottica è stata individuata come soluzione per garantire queste caratteristiche alla rete di connessione delle Stazioni Radio Base. Di conseguenza, la pervasività della fibra ottica nei collegamenti gioca un ruolo fondamentale nello sviluppo del 5G.

La necessità di integrare FTTH al 5G risulta vitale, considerando il fatto che tutte le altre soluzioni FTTx, in cui la fibra ottica non costituisce l'unico materiale impiegato nel collegamento, sono affette dai limiti del rame. Come rimarca AGCOM²⁰ per l'Italia, la maggior parte delle infrastrutture di rete a banda ultra-larga sono state realizzate mediante architetture FTTC. In questo caso, se la distanza dalla cabina in strada all'utente non supera i 500 metri, allora FTTC è sufficiente per raggiungere gli standard imposti dalla DAE per il 2020, ma risulta insufficiente per gli obiettivi del 2025, riguardanti la Gigabit Society. La soluzione FTTH è effettivamente l'unica, tra quelle proposte nel paragrafo precedente, in grado di supportare le performance e le potenzialità della quinta generazione di reti mobili. Per questo motivo, dall'unione di 5G e FTTH, è stato coniato un nuovo termine: FTT5G. La rete fissa, che collega le Stazioni Radio Base della telefonia mobile (*backhauling*) dovrà quindi essere interamente rilegata in fibra ottica, al fine di rendere effettivamente fruibili le potenzialità della nuova generazione in termini di velocità di trasmissione e reattività e per evitare di divenire il collo di bottiglia della rete *wireless*.

²⁰ AGCOM (2018). *Le tecnologie di accesso, il livello di infrastrutturazione e le principali dinamiche di mercato*. Disponibile da <https://www.agcom.it/documents/10179/15564025/Allegato+8-8-2019+1565257545769/46391cd2-6571-44b0-a59e-3cd0fee32360?version=1.0>

Forniamo di seguito alcuni numeri, che meglio dovrebbero esplicitare la portata del progetto europeo per raggiungere gli obiettivi prefissati dall'UE. In contesto europeo, la pervasività della fibra ottica nei collegamenti dipende infatti fortemente dal raggiungimento degli obiettivi fissati per il 2020 dalla DAE, ma ancor di più da quelli del progetto *Gigabit Society* per il 2025. Nel 2010, al momento del lancio del progetto della DAE, si era stimato che:

- per il raggiungimento dei 30 Mbps per tutti i cittadini europei, fossero necessari tra i 38 e i 58 miliardi di euro;
- per i 100 Mbps per il 50% delle famiglie, tra i 181 ed i 268 miliardi di euro.

Le differenze sono dovute principalmente alla diversa distribuzione della densità delle famiglie e al mix di tecnologie²¹.

Nel 2016, notando però il ritardo nel conseguimento degli obiettivi dei Paesi membri, Boston Consulting Group (BCG) ha ri-calcolato gli investimenti necessari e ha decretato che sarebbero stati necessari ulteriori € 106 miliardi per raggiungere gli obiettivi DAE 2020. Comunque, al momento, tali obiettivi non sono stati raggiunti da tutti gli Stati membri, inclusa l'Italia.

Per quanto riguarda invece la *Gigabit Society*, sempre la BCG, nel 2016 ha stimato la necessità di €660 miliardi, distribuiti come segue:

- € 360 miliardi da investire nella banda ultra-larga a casa, per permettere quindi a tutti i cittadini europei di utilizzare reti di accesso con la fibra ottica, in maggioranza FTTH;
- € 200 miliardi da investire nella rete di accesso radio 5G, attraverso la creazione di celle piccole e ultra-piccole e lo sviluppo di una rete di *backhaul* completamente in fibra;
- € 100 miliardi destinati invece nei *data centers* di prossimità a bassa latenza, situati negli uffici centrali già esistenti.

Per quanto riguarda l'Europa, la maggior parte dei finanziamenti, come dichiarato dalla BCG, dovranno essere privati. Questo risulta essere conseguenza del fatto che gli investitori hanno ricevuto dei ritorni relativamente poveri dal settore europeo telecom nelle decadi passate²² e potrebbe rappresentare un grande ostacolo per il conseguimento dei risultati attesi.

A questo proposito, l'International Telecommunication Union (ITU)²³ ha lavorato per rendere disponibile una guida dei possibili piani incentivanti e norme regolatorie che permettessero un agevole e diffuso sviluppo della rete ottica. Per quanto riguarda l'Europa sono stati individuati alcuni meccanismi che contribuiranno alla pervasività della fibra ottica nei collegamenti. Gli strumenti regolatori che dovrebbero incoraggiare gli investimenti nel 5G sono estremamente variegati e vengono di seguito presentati.

Primo meccanismo, data l'importanza della risorsa, è la gestione dello spettro. Lo spettro elettromagnetico, sfruttato per le frequenze radio, è una risorsa sempre più richiesta, ma limitata. Come evidenziato dai regolatori europei, la gestione accurata dello spettro elettromagnetico è quindi di vitale importanza per l'economia digitale.

²¹ European Commission (September, 2010). *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS European Broadband: investing in digitally driven growth*. Disponibile da <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52010DC0472>

²² BCG (November, 2016). *Building the Gigabit Society: An Inclusive Path Toward Its Realization*. Disponibile da https://etno.eu/datas/ETNO%20Documents/Gigabit_society_final_ETNO-BCG_2016.pdf

²³ In italiano Unione Internazionale delle Telecomunicazioni.

Per il 5G sono state individuate, nell'area EMEA (Europa, Africa e Medio Oriente), tre nuove bande di frequenza:

- Banda bassa: avente valore centrale di 700 MHz. Caratterizzato da un'elevata copertura, ma da basse performance per quanto riguarda la propagazione attraverso gli ostacoli;
- Banda media: valore centrale 3.6 GHz, media copertura e buone performance di propagazione;
- Banda alta: valore centrale 26 GHz, performance di propagazione ottime, ma bassa copertura.

La licenza di queste bande è la chiave che abiliterà gli investimenti e le *performance* legate alla nuova generazione di reti. Per consentire una buona diffusione del 5G, le autorità di regolazione dovrebbero adottare una prospettiva di lungo termine. Questa visione risulta possibile attraverso la creazione di tabelle che individuino la futura disponibilità di spettro, permettendo agli operatori di valutare tutte le possibili opportunità, e tramite l'adozione di una maggiore durata delle licenze (al momento le licenze vengono concesse per 10-15 anni, ma si vorrebbe incrementare questo periodo almeno fino a 25 anni), al fine di aiutare gli operatori mobili nella gestione del rischio e permettere investimenti in tecnologie sempre più avanzate.

Un altro strumento regolatorio da considerare è la *regulatory holiday*, ovvero una limitata tolleranza normativa. Negli stati membri dell'Unione Europea, i regolatori nazionali delle telecomunicazioni attualmente regolano la banda larga per evitare distorsioni della concorrenza. I grandi operatori storici devono fornire l'accesso alle proprie reti, che non possono essere duplicate in un periodo di tempo ragionevole e prendono quindi il nome di infrastrutture essenziali. La necessità di fornire l'accesso a questo tipo di infrastrutture permette agli utenti finali di scegliere tra più fornitori di banda larga e, di conseguenza, assicura la concorrenza del mercato. Le reti di accesso di nuova generazione, così come le precedenti, vedono permanere le preoccupazioni in termini di concorrenza, poiché gli operatori storici potrebbero sfruttare la posizione dominante di cui godono, in quanto proprietari dell'infrastruttura essenziale, per monopolizzare i nuovi servizi offerti su banda ultra-larga, limitando le scelte dei consumatori. Per questo motivo, i grandi operatori storici dovranno fornire il completo accesso alla rete di proprietà. Ciò li spinge a richiedere delle agevolazioni a livello normativo, che permettano loro di ridurre i rischi legati agli investimenti in fibra ottica. In particolare, il dispiegamento delle reti FTTH comporta notevoli rischi, data l'incertezza della domanda di servizi che possono essere erogati solo tramite fibra e la possibilità di grandi investimenti irreversibili. Per questi casi, le autorità di regolazione nazionale dovranno valutare la concessione di un premio per il rischio più elevato e di eventuali meccanismi che distribuiscano il rischio tra investitori e richiedenti accesso (come, per esempio, i progetti di co-investimento)²⁴. Gli operatori emergenti in parte criticano queste scelte di agevolazione, poiché i co-investimenti non portano poi alla co-proprietà delle infrastrutture. Tali tolleranze, così come il fatto che gli operatori storici rimangano soggetti a regolazione e all'obbligo di fornire adeguato accesso alle proprie infrastrutture, si rendono però necessarie al fine di permettere la diffusione pervasiva della fibra ottica, pur garantendo la concorrenza del mercato.

La condivisione della rete, già utilizzata per l'infrastruttura precedente, sarà una leva chiave per la riduzione dei costi e l'implementazione del 5G. Da tempo questa pratica è divenuta ormai parte del modello operativo degli operatori mobili. Questo perché il meccanismo di condivisione, finora, ha permesso una riduzione dei costi totali di proprietà fino al 30%, migliorando al contempo la qualità

²⁴ European Commission (2009). *Broadband: Commission consults on regulatory strategy to promote very high speed Internet in Europe – frequently asked questions*. Disponibile da <http://blog.telconews.gr/2009/06/eu-broadband-commission-consults-on.html?m=0>

della rete²⁵. Per quanto riguarda il 5G, si pensa che il risparmio sui costi sarà ancora maggiore, in quanto il fatto di lavorare su un'infrastruttura completamente nuova evita i costi di consolidamento della rete. McKinsey ha stimato un risparmio del 50% dei costi della distribuzione di piccole celle, nel caso in cui ci siano tre operatori a condividere la rete. Questa evidenza assume ancora più importanza se si considera che, in uno studio in contesto europeo, è stato stimato che se un operatore decidesse di procedere da solo negli investimenti in infrastrutture per supportare i nuovi casi d'uso legati al 5G e la domanda sempre crescente per la banda larga mobile, vedrebbe lievitare i costi di investimento fino al 60%. Al di là di una riduzione dei costi, però, la condivisione della rete permette di risolvere alcuni dei blocchi pratici dello spiegamento del 5G nelle aree urbane, come l'elevato numero di opere civili da effettuare e l'inquinamento visivo dovuto all'installazione di antenne e fibre ottiche in numero eccessivo. La condivisione deve avvenire su più fronti: sulla rete di accesso radio e sull'infrastruttura passiva, anche attraverso il roaming nazionale. Questo permetterà di aumentare la copertura del 5G e l'ammontare degli investimenti, anche nelle aree rurali²⁶. Quindi è possibile concludere che la scelta di usare la condivisione della rete è in primo luogo un modo per gli operatori di risparmiare sui costi e quindi accelerare l'implementazione del 5G, ma anche un meccanismo per ridurre al minimo i disturbi causati dai lavori di costruzione e dall'inquinamento visivo. La scelta di avvalersi di questa tecnica risiede nel fatto che spesso le fusioni di imprese telco sono bloccate o approvate solo con rimedi significativi, mentre, nella maggior parte dei casi, gli accordi di condivisione di rete sono approvati e persino incoraggiati.

Un'altra possibilità è l'accesso fisso di prodotti all'ingrosso per la rete di *backhaul*. Come già precedentemente dichiarato, per supportare la nuova generazione mobile, il *backhaul* della rete deve essere interamente in fibra. Le reti wireless e FTTH devono quindi essere complementari. Per questo motivo, gli operatori mobili devono avere accesso all'infrastruttura in fibra e le autorità di regolazione devono aprire l'accesso alle reti FTTH ed autorizzarne l'utilizzo. Nel caso in cui FTTH non sia disponibile, allora dovrà essere reso disponibile l'accesso ai condotti, per consentire la posa della fibra ottica per il *backhaul*. Bisogna però considerare che, permettendo agli operatori mobili l'accesso ai condotti, si rende necessaria un'ulteriore regolazione degli accessi di questi ultimi, attraverso regole precise riguardo la condivisione di rame, FTTH e reti di *backhaul* nei condotti stessi. L'obiettivo e la motivazione che spingono a concedere l'accesso ai condotti e a FTTH sono da ricercare nella maggiore facilità con cui si riuscirà a creare una rete di *backhaul* completamente in fibra, che permetterà quindi di sfruttare a pieno le potenzialità del 5G.

Infine, vanno poi considerati tasse e prezzi delle licenze. Come anticipato, infatti, le licenze delle nuove bande individuate nell'area EMEA per il 5G sono la chiave che permetterà la diffusione degli investimenti e l'aumento delle performance legate al 5G. Secondo Deloitte è necessario agire su più fronti:

- Prezzi di licenza più bassi;
- Promuovere gli investimenti degli operatori;
- Massimizzare i ricavi degli Stati.

Uno studio²⁷, portato avanti dall'associazione Global System for Mobile Communications (GSMA), ha evidenziato come a prezzi elevati delle licenze siano associati servizi a banda larga mobile di qualità inferiore e perdite irrecuperabili nel benessere dei consumatori. Dal 2013, i prezzi relativi allo

²⁵ McKinsey (2018). *Network sharing and 5G: A turning point for lone riders*.

²⁶ Deloitte (2018, July). *How regulation can encourage investments in 5G – ITU Regional Seminar 5G Implementation in Europe and CSI*.

²⁷ GSMA (2017, September). *Effective Spectrum Pricing in Europe: Policies to support better quality and more affordable mobile services*. Disponibile da <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2018/12/Effective-Spectrum-Pricing-in-Europe.pdf>

spettro, in Europa, hanno seguito una tendenza in crescita. Con l'aumento della quantità di spettro richiesta dal 5G sarà quindi necessario ricordare che elevati prezzi delle licenze scoraggiano l'adozione di nuove tecnologie, ne peggiorano la qualità e hanno ripercussioni dirette anche sui consumatori. Un altro degli aspetti da considerare è quello della tassazione, che agisce sugli altri due fronti evidenziati: i ricavi degli Stati ed il livello di investimenti degli operatori. Elevati prezzi delle licenze, oltre a tutti gli effetti già prima considerati, riducono la capacità del governo di tassare l'economia, con il risultato di un minore guadagno per lo Stato. Per quanto riguarda invece gli operatori mobili, sempre GSMA, in un'altra ricerca²⁸, ha evidenziato come la complessità e l'incertezza del sistema di tassazione nel settore mobile abbiano finora agito come deterrente per gli investimenti, con una conseguente diminuzione della crescita del settore. Bisogna quindi considerare questo trade-off tra prezzi delle licenze e ricavi dello Stato, al fine di incoraggiare gli investimenti degli operatori mobili per permettere un'agevole diffusione del 5G.

Oltre a questi meccanismi proposti a livello internazionale dall'ITU, l'AGCOM ha normato, per il territorio nazionale italiano, alcuni piani strategici per la diffusione del FTTH: per esempio ha imposto che nel biennio 2018-2020, gli investimenti dei più importanti operatori, si focalizzassero sullo sviluppo dell'architettura FTTH²⁹. Gli operatori considerati nel documento sono Open Fiber, TIM e Fastweb. In particolare, Open Fiber, operatore *wholesale only*, ha vinto tre gare indette da Infratel, con l'obiettivo di installare la fibra nelle aree a fallimento di mercato (aree bianche e grigie) e, attraverso la joint venture con Fastweb (Flash Fiber), realizzerà la conversione di circa il 20% delle infrastrutture FTTC in FTTH.

Sono però ancora molte le resistenze che si incontrano nell'installazione delle architetture FTTH, tanto è vero che, come emerge dai dati AGCOM, FTTC e FTTH si sono sviluppate in modo difforme nella penisola, con una preferenza per la prima tipologia di infrastruttura. Questo è stato causato da molteplici fenomeni: in parte dalla difficoltà, riscontrate dagli operatori, nell'installazione della fibra a causa dell'obsolescenza del patrimonio edilizio e, di conseguenza, dall'inadeguatezza degli spazi di installazione e, in parte, dall'approccio spesso anti competitivo e monopolistico che adottano gli operatori incumbenti nel mercato. Per esempio, a febbraio 2020 TIM è stata multata dall'AGCOM per abuso di posizione dominante, avendo escluso Open Fiber dalle gare di appalto, tramite comportamenti anti competitivi.

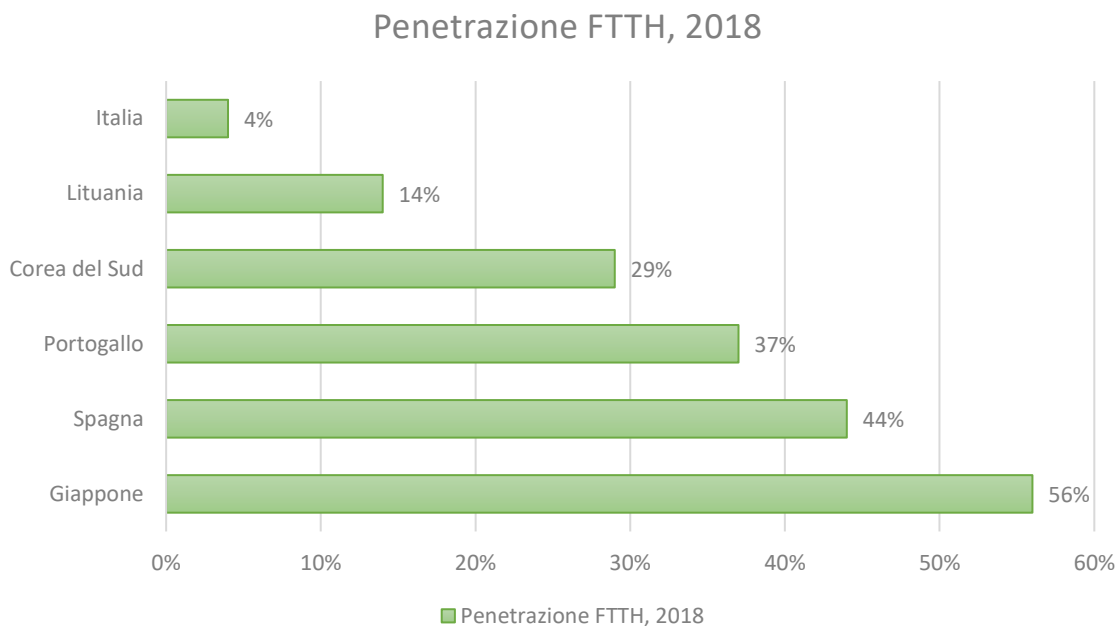
A causa di quanto appena detto, l'Italia, come molti Paesi del continente europeo, è rimasta indietro rispetto agli obiettivi fissati e ai vicini Stati asiatici. Questa situazione ha quindi contribuito ad accentuare le diversità tra Paesi, che pur avendo obiettivi comuni, hanno sviluppato dei divari non indifferenti. Come rivelato da FTTH Council Europe³⁰, i Paesi leader nella penetrazione della fibra ottica sono Corea del Sud (81.6%) e Giappone (69.1%), contro una media europea del 13.9%, mantenuta tale grazie ai Paesi scandinavi ed ai vicini Spagna e Portogallo. L'Italia è, anche a livello europeo, al fondo della classifica, con 2.3%. Queste posizioni permangono considerando la penetrazione dell'architettura FTTH: il Giappone può vantare il primato, con oltre il 50%, e la Corea

²⁸ GSMA (2014). *Mobile taxes and fees: A toolkit of principles and evidence*. Disponibile da https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2014/02/Mobile-taxes-and-fees-A-toolkit-of-principles-and-evidence_fullreport-FINAL1.pdf

²⁹ AGCOM (2017). *DOCUMENTO I DELLA DELIBERA N. 348/19/CONS: LE TECNOLOGIE DI ACCESSO, IL LIVELLO DI INFRASTRUTTURAZIONE E LE PRINCIPALI DINAMICHE DI MERCATO*. Disponibile da <https://www.agcom.it/documents/10179/15564025/Allegato+8-8-2019+1565257545769/46391cd2-6571-44b0-a59e-3cd0fee32360?version=1.0>

³⁰ FTTH Council (2018). *FTTH Council Europe – Panorama*. Disponibile da <https://www.ftthcouncil.eu/documents/FTTH%20Council%20Europe%20-%20Panorama%20at%20September%202018.pdf>

del Sud segue le orme nipponiche con quasi il 30%, mentre l'Italia rimane nelle ultime posizioni, con appena il 4%.



*Figura 8- Diffusione FTTH e FTTx nel mondo
Fonte: FTTH Council Europe, 2018*

Il caso giapponese risulta particolarmente interessante poiché l'isola nipponica è stata uno tra i primi Paesi ad assistere al sorpasso della soluzione FTTH sull'ADSL. Tale sorpasso è avvenuto nel 2010 e, nel 2018³¹ osserviamo un totale di circa il 70% delle sottoscrizioni in fibra, di cui il 57% FTTH, mentre solo il 13% FTTB.

È importante sottolineare come questa situazione sia dipesa da molteplici fattori: la presenza di un unico operatore telefonico nel Paese, che quindi ha reso meno importante la questione dell'unbundling; l'interesse più diffuso della popolazione verso le tecnologie e l'innovazione e, non da ultimo, il forte intervento dello Stato, che ha parzialmente supportato l'investimento nella realizzazione dell'infrastruttura.

Al di là dei dati, abbastanza negativi, forniti precedentemente per quanto riguarda la penisola italiana, va comunque evidenziato come la nostra nazione, proprio nel biennio 2017-2018 si sia attestata in cima alla classifica per quanto riguarda il tasso di crescita annuale delle infrastrutture FTTH/FTTB, raggiungendo un incremento del 77%. Le prospettive di sviluppo sono quindi, seppur con un certo ritardo rispetto al resto dell'UE e del mondo, buone.

³¹ FTTH Council Asia-Pacific. Informazioni reperibili da <http://www.ftthcouncilap.org/>

2.3 Il 5G e la salute

Da quando sono iniziate le attività di predisposizione della quinta generazione e, in particolar modo, a partire dall'installazione delle prime antenne 5G sul territorio, si è assistito, in tutto il mondo, ad una sempre crescente preoccupazione per le implicazioni che questa nuova tecnologia avrebbe comportato per la salute umana. Le preoccupazioni si concentrano per lo più sul fatto che verranno utilizzate frequenze di segnale più elevate rispetto alle generazioni precedenti e, dato l'impiego maggiore di *small cells*, saranno installate sul territorio una moltitudine di nuove antenne. Negli anni passati, dati il sentore dell'arrivo di una nuova generazione di reti mobili e la crescente preoccupazione di cui appena accennato, si è registrato un notevole aumento di quella che è la letteratura accademica che tratta dell'esposizione alle onde elettromagnetiche in relazione al 5G ed il quadro che emerge dall'analisi delle varie ricerche è piuttosto confuso: alcuni paper supportano l'idea di rischi relativi alla salute umana, altri no.

I campi elettromagnetici da considerare sono quelli a radiofrequenza (RF), prodotti da stazioni radio base per la telefonia cellulare, cellulari, ripetitori tv e radio e forni a microonde. Tali campi si contrappongono a radiazioni di tipo ELF e IF.

Tipologia di radiazione	Frequenza	Dispositivi che producono le radiazioni
ELF Frequenza estremamente bassa	Fino a 300 Hz	Elettrodomestici
IF Frequenza intermedia	300 Hz – 10 MHz	Monitor PC, dispositivi antitaccheggio, sistemi di allarme, ecc...
RF Radiofrequenza (alta frequenza)	10 MHz – 300 GHz	Ripetitori tv e radio, stazioni base per la telefonia cellulare, telefoni cellulari, forni a microonde, ecc...

Tabella 2 - Tipologie di radiazioni

Fonte: https://www.portaleagentifisici.it/fo_campi_elettromagnetici_index.php

Ad oggi, gli unici effetti accertati dalla ricerca scientifica sull'esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenza riguardano il breve termine. Si riscontra infatti, a seguito dell'esposizione, un aumento della temperatura corporea, dovuto al fatto che l'onda incidente sul corpo umano viene in parte riflessa, in parte assorbita dallo stesso. La parte di onda assorbita dai tessuti viene convertita in calore, provocando l'aumento della temperatura corporea. Numerosi studi, tra cui l'articolo di Wu et al. (2015)³², evidenziano come i limiti di esposizione imposti permettano all'aumento di temperatura provocato da questi campi di non divenire rischioso per la salute.

Per quanto riguarda invece gli effetti a lungo termine non sono ancora emersi studi che riescano a evidenziare con chiarezza una connessione di causalità tra l'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza e la possibilità di rischio per la salute umana. La comunità europea e altre commissioni, nazionali e internazionali, hanno esaminato i diversi studi nel corso degli anni e sono giunti ad imporre dei limiti sulle esposizioni a questi campi, a tutela precauzionale della salute umana. L'Agenzia Internazionale della Ricerca sul Cancro (IARC), nello specifico, nel 2011 ha valutato l'esistenza di una relazione tra l'esposizione ai campi a radiofrequenza e l'insorgere del cancro³³. Lo studio si è concentrato su telefoni cellulari, antenne radiotelevisive, antenne fisse per

³² Wu, T., Rappaport, T. S., & Collins, C. M. (2015, June). *The human body and millimeter-wave wireless communication systems: Interactions and implications*. In *2015 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 2423-2429). IEEE.

³³ International Agency for Research on Cancer (2013). *Non-Ionizing radiation, Part II: Radiofrequency Electromagnetic Fields, Monographs on the Evaluation of Carcinogen Risks to Humans vol. 102*. Lyon: IARC; 2013. Disponibile da <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/mono102.pdf>

la telefonia cellulare e altre apparecchiature industriali. La ricerca evidenzia come non sia stato possibile supportare la cancerogenicità derivante dall'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenze, con l'eccezione di alcuni studi, riguardanti però solamente il telefono cellulare (e non le antenne fisse). Per questo motivo lo IARC ha classificato come "possibilmente cancerogeni per gli umani" e non come "cancerogeni per gli esseri umani" i campi elettromagnetici RF. In ogni caso, se è vero che non esistono articoli scientifici che comprovino la dannosità di tali campi, è altresì vero che non esistono paper che ne dimostrino la non cancerogenicità.

Il 5G e le antenne utilizzate, come anche per le generazioni precedenti, non utilizzano segnali con intensità tale da indurre un aumento della temperatura corporea. Di conseguenza non sono neanche previsti i possibili effetti ben noti dei campi elettromagnetici. Questo è possibile grazie ai limiti di emissione imposti dall'Europa, che divengono ancora più stringenti nel caso italiano. Per quanto concerne invece l'aumento del numero di antenne impiantate sul territorio, come precedentemente chiarito, questo permetterà di diminuire la potenza del segnale trasmesso, che andrà irradiato su un'area minore (*small* e *ultra-small cells*). Infatti, le antenne fisse saranno poste a distanze ridotte rispetto a quanto non lo siano oggi. Perciò, le preoccupazioni concernenti il numero di antenne impiantate sul territorio e la potenza del segnale trasmesso, sono del tutto prive di fondamento.

In conclusione, i dati ad oggi disponibili non mostrano evidenti rischi per la salute umana direttamente connessi all'uso del 5G. La comunità europea, pur ponendo l'accento su tutti i possibili rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici della quinta generazione (che detiene particolari caratteristiche come la combinazione di onde millimetriche, ad elevate frequenze, con la crescente quantità di trasmettitori e connessioni) non ha concluso studi, al momento, che comprovino i potenziali rischi sulla salute umana³⁴. Bisogna però anche considerare che non vi sono studi che comprovino in modo assoluto la non dannosità di questa tecnologia e sarebbe quindi eticamente scorretto sottovalutare questo aspetto e la molteplicità di report che, pur non risultando in ultima istanza conclusivi, evidenziano i possibili rischi legati al 5G. Per questo motivo sarà importante, come già avviene tutt'oggi con gli attuali dispositivi per la telefonia, esaminare i livelli di esposizione ed i possibili effetti sul lungo termine che l'esposizione ai campi di frequenze RF causa sul corpo umano, considerando anche che, in un primo periodo, dato l'affiancamento del 5G all'odierna generazione di sistemi mobili, si riscontrerà sicuramente un aumento dei livelli di esposizione.³⁵

³⁴ European Parliament (2020, March). *Effects of 5G wireless communication on human health*. Disponibile da [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS_BRI\(2020\)646172_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS_BRI(2020)646172_EN.pdf)

³⁵ Di Ciaula, A. (2018). *Towards 5G communication systems: Are there health implications?*. *International journal of hygiene and environmental health*, 221(3), 367-375.

3. Innovazione e proprietà intellettuale

3.1 Innovazione

Il contesto in cui si muovono le imprese, al giorno d'oggi, è estremamente aperto e globalizzato. Questo ha portato ad una crescente competizione nei mercati ed alla ricerca di nuovi elementi di differenziazione. Tra questi, l'innovazione è ormai ampiamente riconosciuta come una delle chiavi principali per il successo competitivo.

L'innovazione agisce su più fronti: la presentazione di nuovi prodotti aiuta le imprese a proteggere i propri margini di profitto, mentre l'innovazione di processo permette di abbassare i costi della produzione. La crescente importanza dell'innovazione è però in larga parte dovuta alla globalizzazione dei mercati. La concorrenza straniera, infatti, ha spinto le aziende a innovare continuamente al fine di creare prodotti e servizi differenziati. La presenza di più varianti di prodotto meglio soddisfa le esigenze di gruppi di clienti ben definiti, permettendo alle imprese di differenziarsi in maniera efficace. Risulta quindi evidente quanto sia importante per le aziende, indipendentemente dal settore in cui operano, introdurre innovazioni che, talvolta, stravolgano anche il modello di business e la strategia, al fine di aumentare il valore percepito di prodotti e servizi e per ampliare le proprie aree competitive. L'innovazione tecnologica svolge un ruolo chiave nella crescita a livello impresa e settore, ma impatta anche sulla crescita economica nazionale³⁶ e per questo risulta essere un fattore chiave che richiama anche l'attenzione degli enti governativi.

Non vi è un modo univoco per innovare. Ogni impresa, a seconda del carattere della propria innovazione e del settore in cui opera, segue strade diverse. Per esempio, fino a quando l'innovazione non è stata primariamente di carattere tecnologico, ma ha riguardato, solo per citare alcuni esempi, apertura a nuovi mercati, nuovi metodi di produzione e prodotti, le imprese si sono affidate al modello di innovazione chiusa (*Closed Innovation*). La caratteristica principale di questo modello è quindi quello di sviluppare internamente i progetti innovativi, sfruttando conoscenze e budget della sola impresa. Nel momento in cui le innovazioni hanno cominciato ad avere un forte carattere tecnologico e le spese dei centri di ricerca e sviluppo hanno cominciato ad avere un peso considerevole sull'economia aziendale si è reso però necessario un cambiamento. Per questo motivo è stato sviluppato un ulteriore modello, quello dell'innovazione aperta (*Open Innovation*)³⁷.

Generalmente, la differenza tra questi due modelli viene rappresentata tramite l'imbuto, come da figura seguente.

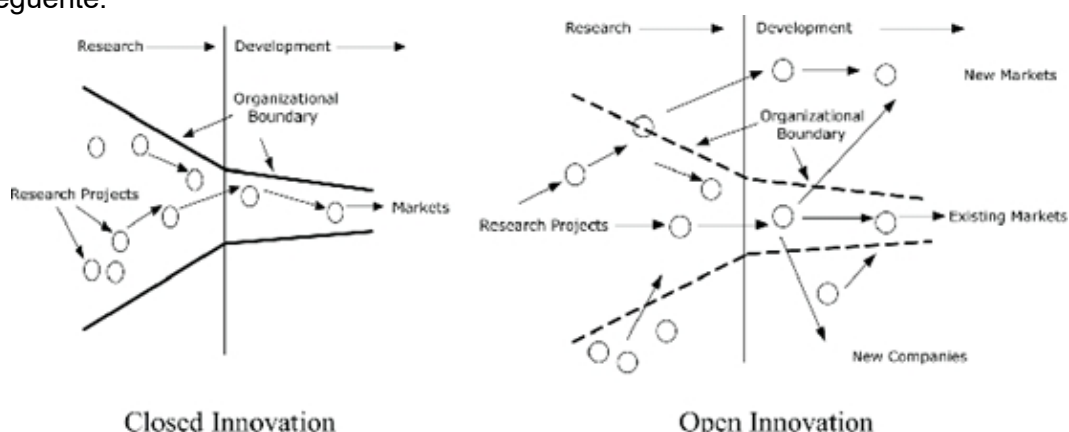


Figura 9 - Confronto tra innovazione chiusa ed innovazione aperta

Fonte: Economyup.it

³⁶ Solow, R. M. (1956). *A contribution to the theory of economic growth - The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.

³⁷ Chesbrough, H. (Boston: Harvard University Press, 2003)., *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*.

Nell'innovazione chiusa tutte le idee nascono all'interno dei confini aziendali, ma solo una parte di esse, a seguito di un adeguato filtraggio, si sviluppa e giunge sul mercato. Nell'*Open Innovation* invece, idee nate al di fuori dell'ambiente aziendale vengono prese in carico per essere sviluppate dall'impresa, mentre altre ancora, seppur nate internamente, per ragioni economiche o strategiche, vengono cedute prima dell'arrivo sul mercato. I confini dell'organizzazione, per la nascita e lo sviluppo di nuove idee, si fanno quindi più labili. Tutte le scelte fatte, in materia di innovazione aperta, mirano ad una compressione dei costi e ad un aumento dei ricavi, dovuti per esempio alla cessione di licenze, agli spin-off o alla vendita di asset.

I motivi per cui avvalersi, almeno in parte, del modello di innovazione aperta, sono molteplici³⁸:

- Maggiore velocità e flessibilità. L'innovazione aperta è in grado di garantire alle imprese un'ottima reattività ai cambiamenti del mercato, permettendo di rispondere a cicli di vita del prodotto più brevi e *time-to-market* estremamente ristretti;
- Fattore di successo più alto. È stato possibile osservare come i prodotti nati dall'innovazione collaborativa godano di un maggiore consenso da parte della clientela finale, divenendo dei prodotti con una percentuale di successo commerciale più alta rispetto ad altri, creati in assenza di collaborazione. Si può quindi affermare che vi sia una vera e propria correlazione positiva tra successo commerciale del prodotto e ricorso all'innovazione aperta per il suo sviluppo;
- Accesso a nuovi pool di conoscenze. Questo è uno degli aspetti che permette alle imprese di differenziarsi maggiormente da altri *players* del mercato, garantendo al contempo un rischio per l'impresa contenuto. La creazione di nuove conoscenze e capacità all'interno dei confini aziendali è un processo complesso e costoso che, se svolto in maniera completamente autonoma e indipendente da parte delle imprese, espone quest'ultime ad un grande rischio. Collaborare con un'altra realtà, avente conoscenze diverse, permette invece di avere accesso ad un nuovo sapere, contenendo comunque il rischio;
- Mantenimento di un ampio portafoglio di attività. Spesso, la conoscenza di attività non core di un'impresa tende ad essere dissipata con il tempo. La scelta di attuare una *partnership* in questo caso permette di non perdere tale conoscenza e generare ricavi anche da queste attività non principali.

Riassumendo, gli impatti positivi attesi dall'uso dell'innovazione aperta sono minori costi e *time-to-market* più brevi, minor rischio allocato all'impresa, generazione di soluzioni più profittevoli ed una crescita interna più forte.

Sarebbe comunque errato pensare che, ad oggi, tutte le aziende che operano in ambito tecnologico, si avvalgano della sola innovazione aperta. Questo in prima battuta perché, al di là dei vantaggi derivanti da questo modello innovativo, si delineano anche dei possibili svantaggi, di seguito elencati, che possono portare l'impresa al fallimento:

- La sindrome del *Not Invented Here* (NIH). Una vera e propria resistenza interna, che si concretizza in un atteggiamento sociale che spinge ad avere basso incentivo ad utilizzare e lavorare su idee, prodotti e ricerche provenienti dall'esterno. La soluzione a questo tipo di ostacolo è un efficiente sistema di incentivi, che stimoli il personale a sviluppare anche progetti esterni;
- Mancanza di capacità di assorbimento. Affinché si possa godere dei vantaggi derivanti dall'innovazione aperta è necessario avere un livello minimo di *know-how* interno, necessario appunto per poter integrare la tecnologia con le conoscenze dell'impresa. Il rischio di non possedere questo livello minimo di conoscenza è quello di permettere al partner della

³⁸ European Commission (2019). *ANNUAL REPORT ON EUROPEAN SMEs 2018/2019 - Research & Development and Innovation by SMEs*.

collaborazione di ottenere tutto il vantaggio. Per questo motivo è bene scegliere con cura il giusto collaboratore e valutare i propri livelli interni di *know-how*;

- Perdita del controllo e delle competenze sulle attività core. Questa è una delle tipiche conseguenze sul lungo termine di un'apertura eccessiva;
- Livello più basso di sviluppo delle capacità e conoscenze interne;
- Maggiore complessità organizzativa, dovuta in larga parte alla struttura delle imprese, non sempre nate con l'obiettivo di crescere grazie all'innovazione collaborativa. La conseguenza di ciò è, in primo luogo, una difficoltà ad assimilare la conoscenza esterna, ma anche un aumento nei costi di coordinazione.

Data questa breve analisi di benefici e problematiche legate all'adozione di un sistema di innovazione collaborativa, si evince che per poter usufruire di tutti i vantaggi dell'innovazione aperta, senza essere investiti dagli svantaggi, è necessario scegliere in modo accurato il proprio partner, avere un buon sistema di incentivi che permetta di non cadere nella trappola del NIH e controllare che gli investimenti in attività secondarie e collaborative non sormontino le attività chiave dell'impresa, in modo che non si perda il controllo sulle competenze interne. Il rischio di un impatto negativo sul successo innovativo nel lungo termine è infatti in larga parte dovuto alla perdita del controllo e delle competenze chiave che l'impresa già possiede³⁹. Ancor più banalmente è presumibile pensare che i grandi *player* di ogni settore non abbiano sempre interesse ad intraprendere percorsi d'innovazione aperta. D'altra parte, un approccio totalmente chiuso non è sempre in grado di servire la domanda di mercato e garantire una vita duratura dell'impresa. È quindi necessario attuare un sistema di innovazione misto, bilanciando in modo opportuno le iniziative collaborative e non.

Calandosi più specificatamente sulla metodologia di innovazione adottata dalle imprese per quanto concerne il 5G, la questione risulta delicata.

Il 5G, come già specificato nei capitoli precedenti, permetterà la nascita e l'utilizzo di nuove tecnologie appartenenti a settori molto diversi tra di loro. Alcuni esempi di settori coinvolti in questo cambiamento, solo per citarne alcuni, sono i settori dell'autoveicolo, della sanità e dell'agricoltura. Come è facile immaginare, i principali attori di questi rami, non possiedono le competenze tecniche per implementare innovazioni che gli permettano di abbracciare completamente le potenzialità del 5G, conoscenze che invece possiedono gli attori del settore telecomunicazioni. Perciò sarà necessario creare dei complessi ecosistemi d'impresa⁴⁰, che dovranno collaborare al fine di implementare i diversi *use cases* ed è per questo motivo che si parla spesso di *open innovation* in relazione al 5G. Per portare un esempio pratico, la comunicazione *vehicle-to-vehicle* dovrà essere sviluppata da fornitori di infrastrutture pubbliche, produttori di automobili, fornitori di connettività, attori tecnologici e produttori di apparecchiature. Certo è che questa tipologia di collaborazioni, che includono tanti attori diversi, fa emergere problemi legati alla *privacy*, alla sicurezza, alla proprietà, alla coordinazione di attori multipli e all'interoperabilità, che vanno accuratamente trattati.

Nel corso del tempo, diverse sono state le iniziative di innovazione aperta nate a livello europeo e globale. 5G Open Innovation Lab⁴¹ è un ecosistema internazionale di sviluppatori, start-up, università, imprese e istituzioni governative che lavorano insieme per sviluppare al meglio le potenzialità della quinta generazione. Tra i partner fondatori troviamo Intel e Microsoft. Altri esempi sono il 5G Garage ed il Car Connectivity Consortium. Il primo⁴² è nato a Singapore dalla

³⁹ Enkel, E., Gassmann, O., & Chesbrough, H. (2009). *Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon*. *R&D Management*, 39(4), 311-316.

⁴⁰ McKinsey Global Institute (February 2020). *Connected world. An evolution in connectivity beyond the 5G revolution*.

⁴¹ 5G Open Innovation Lab. Informazioni reperibili da <https://5goilab.com/about/>

⁴² 5G Garage. Informazioni disponibili da <https://www.singtel.com/business/products-services/mobility/5g-garage>

collaborazione tra Singtel, Ericsson e Singapore Polytechnic con lo scopo di creare il primo ecosistema 5G nella città asiatica. Per quanto riguarda il Car Connectivity Consortium⁴³ invece, parliamo di un'organizzazione *cross-industries* che include alcuni tra i principali attori del mondo automotive e smartphone, con l'obiettivo di trovare nuove soluzioni per la connettività smartphone-to-car.

Proprio in Europa, uno studio⁴⁴ richiesto da Ericsson e Qualcomm e condotto da Analysys Mason tra il marzo ed il settembre 2020, ha evidenziato come la collaborazione tra grandi imprese del settore ICT nello sviluppo del *full 5G* nel continente, porterebbe ad una riduzione dei costi e ad un aumento dei benefici. Il *full 5G* è il modello proposto nell'analisi e consiste nella creazione di una piattaforma di innovazione aperta che aggrega *use cases* simili e ambienti di rete all'interno di *cluster*, al fine di facilitare l'allineamento dei risultati e rendere più semplice la costruzione di nuove tecnologie, appartenenti anche a mercati differenti. Ericsson e Qualcomm effettivamente hanno già collaborato, proprio in ottica di innovazione aperta. Emblematica la loro *partnership* con Audi, per il test e la dimostrazione di C-V2X, incluse le comunicazioni *vehicle-to-vehicle*, *vehicle-to-infrastructure* e *vehicle-to-networks*.

Altri esempi importanti da riportare sono le collaborazioni tra operatori di telefonia mobile e grandi imprese che guidano lo sviluppo ICT per la creazione di reti private⁴⁵. Le reti private usano infrastrutture di rete localizzate per garantire copertura e connettività per uso privato e sono ultimamente molto utilizzate da utenti industriali, al fine di ottenere maggiore efficienza e sicurezza. Gli operatori mobili hanno un notevole vantaggio, derivante dalla possibilità di utilizzare le licenze di spettro, dalla profonda conoscenza del design e delle operazioni del mercato mobile e dalle loro relazioni con i potenziali clienti delle reti private. D'altro canto, però, non possiedono le adeguate conoscenze in ambito di nuovi *use cases* e tecnologie. Per questo motivo è necessaria una collaborazione con le imprese del settore ICT che invece ben conoscono questi aspetti. Esempi concreti di questa riflessione sono, per esempio, la collaborazione tra Deutsche Telekom e Ericsson, al fine di creare un campus privato 5G per BMW per il monitoraggio ed il controllo di varie applicazioni in produzione e ancora Vodafone, Ericsson ed e.GO Mobile (società tedesca di piccole automobili elettriche), che hanno collaborato alla creazione di una macchina 5G in grado di rilasciare dati in tempo reale sulla catena di produzione.

È però verosimile pensare che queste realtà non costituiscano la maggioranza delle casistiche, ma al contrario, spesso accade che i maggiori *players* del settore non seguano un modello di innovazione completamente aperto e collaborativo nelle attività di R&D legate alla quinta generazione. Il motivo principale di questa scelta risulta essere la perdita di controllo sulla traiettoria dell'innovazione. Come evidenziano Almirall & Casadesus-Masanell⁴⁶, nel momento in cui il sistema viene aperto all'esterno, alcune scelte che avrebbero potuto essere prese internamente, vengono varate anche da attori che perseguono interessi diversi da quelli dell'impresa principe. Ciò significa che lo sviluppatore originale perderà parte della propria libertà nel tracciare la traiettoria tecnologica, in quanto si troverà ad operare sotto vincoli che si sarebbero potuti evitare adottando un modello di innovazione chiusa. Lo studio condotto da Almirall & Casadesus-Masanell ha proprio lo scopo di investigare l'utilizzo dei due approcci d'innovazione ed i risultati supportano la teoria secondo cui le grandi imprese del settore tecnologico, con particolare riferimento alla telefonia mobile, adottano modelli di innovazione chiusa quando il livello di complessità è molto alto o, al contrario, estremamente basso, mentre prediligono il modello aperto nel momento in cui il livello di complessità

⁴³ Car Connectivity Consortium. Informazioni disponibili da <https://global-carconnectivity.org/about/>

⁴⁴ Andrew Daly, Chris Nickerson, Janette Stewart (23 September 2020). *Report for Ericsson and Qualcomm. 5G action plan review for Europe*. Analysys Mason

⁴⁵ Jacopo Pichelli & Malek El Damouri (October 2020). *Mobile network operators have an opportunity in the 5G/LTE private network market*.

⁴⁶ Almirall, E., & Casadesus-Masanell, R. (2010). *Open versus closed innovation: A model of discovery and divergence*. *Academy of management review*, 35(1), 27-47.

è intermedio. Ancora diverso potrebbe essere invece il discorso per quanto riguarda player più piccoli, che, in assenza di specifiche conoscenze, possono valutare collaborazioni con i giusti partner, in modo da sviluppare nuovi prodotti e differenziarsi, senza essere sopraffatti dagli svantaggi elencati precedentemente. In linea generale comunque, è presumibile pensare che per quanto riguarda l'innovazione relativa al 5G, le grandi imprese del settore stiano adottando per lo più modelli di innovazione chiusa. In questo caso quindi le nuove tecnologie vengono sviluppate all'interno dei confini aziendali, sfruttando conoscenze e risorse economiche dell'impresa ed in modo da poter influenzare a proprio favore la traiettoria tecnologica.

Infine, diverso è il discorso per quanto concerne la standardizzazione. In questo caso, come vedremo in seguito, è facile osservare come le imprese decidano di aderire a SDO o consorzi informali, in modo da fruire dei vantaggi legati all'appartenenza a questi enti ed in modo da poter negoziare la standardizzazione delle proprie tecnologie. Per quanto concerne la standardizzazione del 5G, il processo è portato avanti da 3GPP, che raccoglie al suo interno diverse SDO. La principale caratteristica del progetto 3GPP è proprio l'apertura, che viene ricercata attraverso vari meccanismi, tra cui la libera inclusione dei membri e gli accordi FRAND. Proprio questa spiccata connotazione di apertura del 3GPP conferisce anche al processo di standardizzazione del 5G una forte natura collaborativa. È presumibile pensare che proprio in questa sede avvenga quindi la suddetta negoziazione per cercare di imporre la propria tecnologia come standard.

Una volta sciolto il nodo per quanto riguarda i metodi con i quali innovare, è doveroso affrontare il tema della protezione dell'innovazione. Nei prossimi paragrafi analizzeremo quindi i principali strumenti di protezione e ci focalizzeremo, in particolar modo, sul metodo brevettuale.

3.2 Meccanismi e strumenti per la protezione della proprietà intellettuale

Non esiste un metodo univoco per proteggere l'innovazione. La strategia di ogni impresa va delineata tenendo conto di diversi fattori: il settore di appartenenza, la presenza e la natura di regimi di appropriabilità e di asset complementari e la natura dell'investimento⁴⁷. Di conseguenza, le possibilità di protezione dell'innovazione sono diverse:

- I diritti di proprietà intellettuale, in inglese chiamati *Intellectual Property Right* (IPR);
- Il segreto industriale. Efficace soprattutto se impiegato a difesa dell'innovazione di processo, rispetto ad un'innovazione di prodotto. Il segreto si riferisce ad informazioni riguardanti la produzione e l'organizzazione dell'impresa, che non sono facilmente accessibili o note agli esperti del settore ed hanno un valore commerciale se mantengono la loro segretezza. Per questo motivo devono essere sottoposte a misure adeguate, al fine di mantenere tale *status*;
- L'innovazione continua, grazie alla presenza delle curve di apprendimento. Quest'ultime permettono di mantenere un vantaggio competitivo rispetto agli altri *players*, attraverso un continuo investimento in R&D e sviluppo di innovazioni;
- Lo sfruttamento di asset complementari, come possono essere una buona rete di distribuzione e l'accesso a risorse essenziali;
- Il *lock-in* del consumatore, attuato tramite elevati costi di *switching* ed esternalità di rete.

Nel settore delle telecomunicazioni, dato il mercato estremamente complesso e dinamico, l'innovazione si concentra soprattutto su elementi intangibili, piuttosto che sui prodotti. La categoria di proprietà che include le creazioni immateriali dell'intelletto umano è appunto la proprietà intellettuale. Tra i diritti di proprietà intellettuale troviamo:

- Diritto d'autore. Usato soprattutto per le opere artistiche e letterarie, mira a bilanciare gli interessi di coloro che creano contenuti con l'interesse pubblico ad avere il più ampio accesso possibile a tale contenuto. La particolarità del diritto d'autore è che viene applicato in modo immediato ed automatico alla creazione dell'opera. Anche se erroneamente, è ormai pratica comune riferirsi a tale diritto con il termine *copyright*, che identifica il diritto d'autore negli ordinamenti *common law*, dal quale differisce però sotto alcuni punti di vista;
- Proprietà industriale. A differenza della precedente tipologia di diritti, questo non nasce automaticamente, ma segue un processo al termine del quale, a seconda della tipologia, si ottiene la registrazione o il rilascio. All'interno di questa categoria troviamo brevetti, marchi e modelli di design.

Il marchio indica un segno che identifica univocamente i prodotti e servizi di un'impresa. Rientrano sotto la protezione del marchio tutti gli indicatori percepibili dai cinque sensi: simboli, cifre, parole, tonalità e accostamenti cromatici, disegni e perfino suoni e fragranze. L'utilizzo del marchio come strumento di protezione prevede due possibilità: il marchio di fatto ed il marchio registrato. Il primo, a differenza del secondo, deve dimostrare la notorietà e il preuso esteso, mentre il secondo gode sicuramente di una protezione maggiore in quanto ha data certa. La registrazione, dalla data del deposito, dura dieci anni con ulteriore possibilità di rinnovo. I diritti sui marchi possono essere utilizzati per impedire ad altri di utilizzare un segno che sia abbastanza simile da creare confusione.

Il modello di design protegge oggetti la cui innovazione dipende dalla forma e non dalla funzionalità. In questo caso la protezione, previa registrazione, ha una durata di cinque anni, rinnovabili.

Le motivazioni che spingono a proteggere i diritti di proprietà intellettuale sono diverse. Sicuramente gli IPR permettono alle imprese di trarre profitto dalle loro attività creative e innovative, considerando che i beni immateriali rappresentano più della metà del valore delle aziende e la loro importanza è

⁴⁷Melissa A. Schilling (2013). *Strategic Management of Technological Innovation - Fourth Edition*.

in crescita. Dato il contesto in cui si trovano oggi le aziende, sempre più incentrato su competizione innovativa, creatività e qualità, piuttosto che sul prezzo, la proprietà intellettuale diviene un importante strumento che permette alle imprese di continuare ad investire nello sviluppo tecnologico e nella sua promozione e distribuzione. Se una singola azienda è il principale beneficiario del successo della sua tecnologia allora avrà un incentivo maggiore ad investire nell'ulteriore sviluppo della stessa, considerando che i profitti derivanti da questo vantaggio possono essere reinvestiti direttamente in ulteriori miglioramenti. Inoltre, la protezione della tecnologia garantisce alle imprese la possibilità di dirigere il futuro percorso di sviluppo della tecnologia stessa, agendo su struttura, funzionamento e compatibilità della stessa. Conseguenza diretta di ciò è che i beneficiari della proprietà intellettuale possono manipolare le tecnologie la cui compatibilità con altri beni e servizi è importante, al fine di limitare i competitor e porsi in vantaggio.

D'altra parte, la protezione degli IPR garantisce un bilanciamento tra gli interessi dell'inventore e quelli pubblici, che si concretizzano nel più ampio accesso possibile all'innovazione. Infatti, dal punto di vista del consumatore finale, la qualità e il benessere della vita dipendono fortemente dall'avanzamento tecnologico e dal suo accesso.

La protezione della proprietà intellettuale incentiva quindi le imprese a perseverare negli investimenti necessari per l'avanzamento tecnologico, che, conseguentemente, hanno un impatto positivo sul welfare del consumatore, che rimane uno dei principali aspetti da considerare per tutti gli enti governativi preposti alla tutela degli IPR.

3.3 Brevetti

Il brevetto è uno dei meccanismi di protezione della proprietà intellettuale, che ricade nella categoria della proprietà industriale. Il brevetto conferisce al suo proprietario il diritto legale di escludere altri dal produrre, usare e vendere, per un periodo limitato di tempo, un'invenzione, in cambio della divulgazione pubblica dell'invenzione stessa. L'idea di base rimane infatti sempre quella di premiare l'inventore, incentivandolo affinché continui ad investire nelle attività di ricerca, ma anche garantire la diffusione della conoscenza tecnica per il progredire della tecnologia e per renderla disponibile ad una vasta platea. Di seguito analizziamo nello specifico i diritti forniti dalla metodologia brevettuale e i requisiti con i quali viene applicata.

3.3.1 Diritti e requisiti di brevettabilità

Chiunque può presentare domanda di brevetto, sia essa persona fisica o giuridica. Bisogna però considerare che inventore e titolare del brevetto sono due figure giuridicamente distinte. L'inventore gode di quello che viene definito il diritto morale, per l'appunto il diritto ad essere riconosciuto come inventore dell'innovazione e tale diritto non può essere in alcun modo ceduto o trasferito. Il diritto di sfruttamento patrimoniale costituisce invece un diritto trasferibile e cedibile a terzi⁴⁸. I diritti conferiti da un brevetto al proprietario sono:

- Diritto territoriale: il brevetto ha, a seconda dell'ufficio di deposito, una certa copertura geografica;
- Diritto temporale: la durata del brevetto non è infinita. La sua validità è di 20 anni, dalla data del deposito. Nel settore farmaceutico, dove il brevetto rappresenta una forma essenziale di vantaggio competitivo, è possibile richiedere per determinati farmaci, come le *orphan drugs*, un rinnovo di ulteriori dieci anni;
- Diritto di trasferibilità: il brevetto, tramite contratti di cessione e di licenza, può essere venduto o assegnato ad altri. In particolare, la cessione rappresenta il caso in cui il titolare si spogli del diritto in favore di un altro, mentre la licenza indica il caso in cui il titolare del brevetto, mantenendo il diritto, autorizza un terzo ad utilizzare l'invenzione;
- Diritto di esclusione: il rilascio del brevetto dà diritto ad escludere chiunque produca, usi o venda i contenuti del documento brevettuale. Tale diritto è però un'arma a doppio taglio. Il fatto di disporre di un brevetto, infatti, non autorizza il proprietario a realizzare tutto ciò che vi è indicato all'interno. Data la progressività dello sviluppo tecnologico è possibile che un brevetto contenga prodotti già brevettati e sottoposti ancora a protezione intellettuale. Questi brevetti precedenti possono quindi bloccare il nuovo brevetto o divenire delle dipendenze.

Una domanda di brevetto deve includere una o più rivendicazioni, che definiscono l'ambito di protezione richiesto. Ciascuna rivendicazione, anche all'interno dello stesso brevetto, definisce un diritto di proprietà specifico. Ad oggi si sono definiti dei criteri di carattere generale, i requisiti di brevettabilità, che definiscono le caratteristiche essenziali che devono possedere le rivendicazioni per poter essere brevettate⁴⁹.

La rivendicazione presente nella domanda deve riferirsi a qualcosa di completamente nuovo al mondo, anche se il deposito sta avvenendo a livello nazionale. Per questo motivo, il primo criterio è quello della novità. Un'invenzione non è nuova, e quindi non brevettabile, se era nota al pubblico prima della data di deposito del brevetto. Lo scopo di questo requisito è quello di evitare che la tecnica anteriore venga brevettata nuovamente. In alcuni Paesi esiste però quello che viene definito "periodo di grazia": se l'inventore pubblica l'invenzione o la divulga, può ancora presentare domanda di brevetto, che verrà considerata nuova nonostante la pubblicazione, a condizione che il deposito

⁴⁸ Codice della proprietà industriale, sezione IV, articoli 62 e 63

⁴⁹ Codice della proprietà industriale, sezione IV

avvenga entro un certo periodo, detto appunto “di grazia”. Solitamente tale periodo varia dai 6 ai 12 mesi, a seconda dei Paesi.

L’attività inventiva è il secondo requisito e sottolinea che un’invenzione deve essere sufficientemente inventiva, cioè non ovvia, per essere brevettata. In altre parole, si richiede che l’invenzione abbia fatto un salto tecnologico rispetto allo stato dell’arte. Se così non fosse, verrebbe meno tutto il sistema di incentivi che spingono a implementare le attività di R&D. La valutazione di questo requisito, estremamente complesso, viene affidata agli esaminatori brevettuali, figure professionali con un elevato livello di conoscenza specifica sul dominio tecnologico di appartenenza del brevetto. Il criterio che devono applicare per rilasciare il requisito è stato scelto considerando che avrebbe dovuto essere abbastanza generale da permettere la sua applicazione a tutti i prodotti. Il criterio prevede quindi che, data l’estesa e approfondita conoscenza degli esaminatori in un dato campo, ma anche la loro totale assenza di creatività, non sarebbero giunti a concepire il nuovo prodotto. Solo se il prodotto risulta quindi innovativo rispetto alle conoscenze già consolidate nel campo in esame, viene rilasciato il requisito dell’attività inventiva.

Infine, l’utilità: l’innovazione deve produrre qualche vantaggio identificabile ed utilizzabile e deve poter avere un’applicazione industriale.

Tali requisiti, come precedentemente accennato, supportano il sistema di incentivi. Gli incentivi primari, incorporati nel sistema dei brevetti, includono infatti gli incentivi ad inventare, divulgare l’invenzione una volta realizzata, investire le somme necessarie per sperimentare, produrre e commercializzare l’invenzione e progettare e migliorare i brevetti precedenti. Senza la protezione del brevetto, infatti, terze parti sarebbero libere di sfruttare qualsiasi nuovo sviluppo tecnologico, producendo un effetto conservativo, che limiterebbe fortemente gli investimenti in ricerca e sviluppo. Il brevetto internalizza le esternalità, dando all’inventore il diritto di proprietà sulla propria invenzione. Inoltre, come anticipato precedentemente, i brevetti, come anche gli altri strumenti di protezione delle innovazioni, hanno lo scopo di facilitare ed incoraggiare la divulgazione per il bene comune. Se gli inventori non disponessero della protezione legale dei brevetti tenderebbero a mantenere segrete le proprie invenzioni. La pubblicazione del brevetto rende invece disponibili i dettagli della nuova tecnologia per lo sfruttamento da parte di chiunque a scadenza, o per l’ulteriore miglioramento da parte di altri inventori.

3.3.2 Uffici brevetti

Le strutture preposte al rilascio dei brevetti sono gli uffici brevetti. Tali uffici possono essere nazionali, continentali o internazionali. Considerando il continente europeo, oltre agli uffici brevetti nazionali di ogni Stato, che rilasciano brevetti con valenza sul territorio nazionale di richiesta, si trovano altri due differenti livelli istituzionali:

- European Patent Office (EPO)⁵⁰

L’EPO è l’ufficio brevetti europeo. È composto da una federazione di 38 Stati, più ampia dell’Europa vera e propria. La sede principale si trova a Monaco di Baviera, ma consta di due ulteriori uffici, all’Aia e a Berlino. Con la sua procedura, l’ufficio europeo si vanta di essere uno dei più performanti al mondo. La domanda di brevetto può essere depositata, oltre che negli uffici nazionali degli Stati membri, anche nelle tre sedi sopra indicate. La procedura per ottenere il brevetto si articola in due fasi distinte: il deposito della domanda e l’esame della stessa. Il deposito della domanda, che comprende l’analisi delle condizioni formali e la ricerca di anteriorità, si conclude con la pubblicazione della domanda e del *search report*, un documento in cui l’esaminatore pone in evidenza tutte le possibili criticità che potrebbero emergere dalla pubblicazione. A questo punto, il richiedente ha 18 mesi di tempo per decidere se procedere o meno. Alla scadenza di questo periodo,

⁵⁰ European Patent Office. *About Us*. Disponibile da <https://www.epo.org/about-us.html>

infatti, viene pubblicata la domanda e si perde il segreto. La procedura d'esame si conclude, se il brevetto risulta valido, con la sua concessione. L'iter, nella sua totalità, dalla domanda di deposito alla concessione, occupa dai 4 ai 5 anni. Ovviamente in questo lungo periodo la domanda gode comunque di una presunzione di validità ed è possibile procedere alla sua difesa attraverso cause legali.

- World Intellectual Property Organization (WIPO)⁵¹

WIPO è l'organizzazione mondiale per la proprietà intellettuale ed è una delle agenzie specializzate delle Nazioni Unite. L'ufficio ha sede a Ginevra e conta 188 Stati membri. La domanda di brevetto internazionale può essere depositata direttamente presso la WIPO, presso l'EPO o uno qualsiasi degli uffici brevetti nazionali aderenti all'organizzazione. WIPO garantisce l'osservanza del trattato di cooperazione in materia di brevetti (PCT), che descrive la procedura per il deposito di brevetto internazionale. Una volta ricevuta la domanda, l'Ufficio internazionale effettua una ricerca sui requisiti brevettuali e fornisce un parere preliminare. Tale parere, seppur rifletta abbastanza fedelmente le reali possibilità di concessione del brevetto, non vincola in alcun modo la decisione finale. Terminata questa prima fase internazionale, si passa alle fasi nazionali. Ad ogni nazione, in cui si vuole ottenere la validità, viene richiesto di esaminare il brevetto. Anche in questo caso, considerando che la prima fase ha una durata di circa 30 mesi, la procedura è piuttosto lunga.

Il vantaggio di sfruttare queste organizzazioni di livello sovra-nazionale è quello di depositare un'unica domanda di brevetto, che però avrà una validità molto più estesa del singolo territorio nazionale, contendo quindi i costi e garantendo una protezione molto più estesa.

3.3.3 Anatomia di un brevetto

La stesura di un brevetto è un'operazione molto complessa. I campi da compilare sono molteplici e vanno stilati seguendo regole precise. La figura seguente, appartenente ad un brevetto rilasciato dall'EPO⁵², rappresenta solo la pagina iniziale dell'intero documento brevettuale e quindi contiene solo un numero ristretto della totalità delle informazioni contenute in un brevetto. In particolare, alcune tra le principali informazioni contenute, considerando l'integrità del documento, sono:

- nome dell'ufficio brevettuale che ha ricevuto il deposito della domanda (19);
- data di richiesta del brevetto e codice identificativo (21)(22);
- data di concessione del brevetto e codice identificativo (43) (11);
- classificazione tecnica (51). La classificazione tecnica dei brevetti segue, in quanto riconosciuta a livello mondiale, la classificazione internazionale *International Patent Classification* (IPC). Tale classificazione, istituita nel 1971 dall'Accordo di Asburgo, segue una classificazione gerarchica. Vi sono otto sezioni (A-H), ulteriormente divise in sottosezioni e classi per raggiungere un livello di dettaglio sempre più elevato;
- priorità, solo nel caso in cui il brevetto sia stato esteso ad altri uffici. In questo caso infatti viene indicata la data del primo deposito nazionale (30);
- inventori, ovvero coloro che hanno effettuato l'attività inventiva e i richiedenti, ovvero coloro che cercano di ottenere i diritti patrimoniali sul brevetto (72) (71);
- i Paesi in cui il brevetto ha validità, con l'eventuale indicazione di estensione (84);
- titolo, che deve esprimere in modo preciso lo scopo dell'invenzione, al fine di rendere il brevetto facilmente reperibile anche a terzi (54);
- *abstract*, ovvero un riassunto che esprima in modo conciso quello che poi verrà descritto più dettagliatamente in seguito;

⁵¹ World Intellectual Property Organization. *About WIPO*. Disponibile da <https://www.wipo.int/about-wipo/en/>

⁵² Scaricato da <https://worldwide.espacenet.com/patent/>

- descrizione e disegni. In questa sezione l'invenzione viene descritta in maniera molto dettagliata e sono presenti tutte le rivendicazioni.



(11) EP 3 531 780 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
28.08.2019 Bulletin 2019/35

(51) Int Cl.:
H04W 74/00 (2009.01) H04W 74/08 (2009.01)
H04W 72/04 (2009.01) H04L 5/00 (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)

(21) Application number: 19154172.1

(22) Date of filing: 21.04.2009

(84) Designated Contracting States:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR

- FONG, Mo-Han
L'Original, ON K0B 1K0 (CA)
- NOVAK, Robert
Nepean, ON K2A 1Z1 (CA)
- YU, Dong-Sheng
Ottawa, ON K2G 5Y9 (CA)
- MA, Jianglei
Kanata, ON K2M 2W5 (CA)

(30) Priority: 21.04.2008 US 4659608 P
05.05.2008 US 5030308 P

(62) Document number(s) of the earlier application(s) in accordance with Art. 76 EPC:
09735501.0 / 2 269 393

(74) Representative: Lang, Johannes
Bardehle Pagenberg Partnerschaft mbB
Patentanwälte, Rechtsanwälte
Prinzregentenplatz 7
81675 München (DE)

(71) Applicant: Apple Inc.
Cupertino, CA 95014 (US)

Remarks:
This application was filed on 29.01.2019 as a divisional application to the application mentioned under INID code 62.

(72) Inventors:
• VRZIC, Sophie
Nepean, ON K2G 6C2 (CA)
• YUAN, Jun
Ottawa, ON K2B 8C9 (CA)

(54) METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING AN UPLINK STRUCTURE IN A WIRELESS COMMUNICATION NETWORK

(57) A method and system are provided having an uplink control structure and a pilot signal having minimal signal overhead for providing channel estimation and data demodulation in a wireless communication network. The uplink control structures enable mobile terminals to communicate with corresponding base stations to perform various functions including obtaining initial system access, submitting a bandwidth request, triggering a continuation of negotiated service, or providing a proposed allocation re-configuration header. A dedicated random access channel is provided to communicatively couple the base station and the mobile terminal so that the mobile terminal can select a random access signaling identification. A resource request is received at the base station to uplink resource information from the mobile terminal and an initial access information request is received from the mobile terminal to configure the base station connection. Pilot signals with varying density configurations are provided to include low density symbol patterns for multiple contiguous resource blocks and high density symbol patterns for single resource blocks.

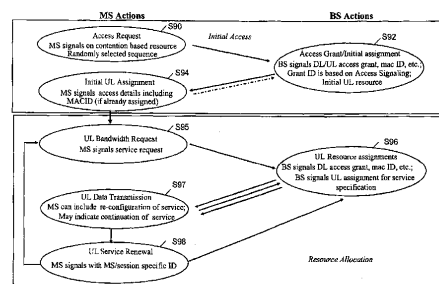


FIG. 9

EP 3 531 780 A1

Saper leggere un brevetto è estremamente importante per tutti coloro che intendano svolgere analisi di settore. La mole di dati contenuta nei brevetti è infatti un'importante risorsa da non sottovalutare. Il valore di questo strumento risiede nella sua pubblica disponibilità e nel dominio tecnologico estremamente ampio. L'analisi dei brevetti può fornire informazioni quali la possibilità di operare in un nuovo mercato; quali sono i brevetti chiave in un dato settore, le frontiere tecnologiche ed i principali *competitors*; in quali sotto tecnologie vi siano maggiori investimenti; se vi sono usi alternativi dell'innovazione e molto altro. Un'attenta lettura di questi dati, se ben congeniata, a partire dalla scelta dei documenti da considerare, può quindi portare ad un vasto e significativo portafoglio di informazioni. L'interesse per questo tipo di valutazione nasce in primo luogo dai detentori degli IPR, che sfruttano queste informazioni per prendere decisioni riguardanti eventuali licenze e cessioni, ma anche da investitori finanziari, economisti e da tutte le organizzazioni preposte al controllo.

4. Standard e consorzi

4.1 Standard

Gli standard, comunemente conosciuti in italiano come norme tecniche, sono dei documenti che indicano quali siano le specifiche di prodotti e servizi che li rendono conformi per essere immessi sul mercato. Lo scopo principale nella disposizione delle norme tecniche è quello di permettere l'interoperabilità e la compatibilità tra sistemi, garantendo al contempo una buona concorrenza nel mercato⁵³.

Vi sono diverse tipologie di standard, che si differenziano sulla base di alcune caratteristiche: l'adesione su base volontaria o l'imposizione da parte di un ente; i confini di valenza della norma (che possono essere aziendali, nazionali, continentali o globali); l'organizzazione che li sviluppa (che può essere un ente nazionale, sovra-nazionale o semplicemente un'impresa); e lo scopo per cui tali standard vengono definiti. In generale, però, possiamo categorizzare gli standard⁵⁴ come segue:

- Standard proprietario: solitamente questa tipologia di norma non è compatibile con quelle già esistenti ed è sviluppata a partire da scelte indipendenti ed arbitrarie dell'inventore;
- Standard "de facto": in questo caso non vi è alcuna approvazione da parte di organizzazioni ed enti ufficiali, ma lo standard si è affermato attraverso l'uso pratico della tecnologia, che ha soppiantato le altre opzioni;
- Standard "de iure": in questo caso la norma viene formulata da un'organizzazione ufficiale, che è riconosciuta come ente di standardizzazione.

Caratteristica comune a tutte le tipologie di standard è il fatto di non avere una durata predefinita, ma, al contrario, essere sottoposte ad una continua revisione in modo da considerare l'avanzamento tecnologico ed il contesto. È doveroso sottolineare come gli standard non facciano riferimento alle sole specifiche tecniche, ma includano anche metodi di gestione della qualità, codici di condotta e linee guida per la salute e la sicurezza.

La standardizzazione è il punto d'incontro tra coordinamento privato e regolamentazione pubblica. I vantaggi della standardizzazione, considerando la dimensione privata, sono molteplici: miglioramenti nell'efficienza, tramite la presenza di economie di scala ed una riduzione dei costi di transazione; la riduzione o completa rimozione delle asimmetrie informative (quando gli standard trasmettono ai consumatori informazioni credibili sulle caratteristiche del prodotto, che portano i clienti a fidarsi); e l'espansione del mercato grazie alla compatibilità e l'interoperabilità garantita dallo standard. Esiste poi una dimensione pubblica nella standardizzazione, tenendo conto che le norme tecniche spesso contribuiscono direttamente al raggiungimento di obiettivi relativi a sicurezza, salute, ambiente e tutela dei consumatori. La presente trattazione non si occupa di questa seconda categoria di standard, ma si focalizza sugli standard delle telecomunicazioni, che spesso includono tecnologia brevettata.

La standardizzazione, nel settore delle telecomunicazioni (TLC), rappresenta una linea guida per hardware, software e architetture di rete. Gli scopi principali delle norme tecniche, in questo campo, sono quelli di facilitare la portabilità e l'interoperabilità delle apparecchiature e l'interconnessione tra utenti. La necessità di avvalersi di una base comune è quindi quella di permettere un agevole avanzamento tecnologico, diffuso in maniera, per quanto possibile, omogenea. La dimensione pubblica della compatibilità o degli standard di interoperabilità deriva dall'impatto sul commercio e sulla concorrenza. Infatti, gli standard di interoperabilità possono avere effetti significativamente positivi sulla concorrenza nel commercio internazionale. Allo stesso tempo, però, la standardizzazione può essere utilizzata come barriera commerciale per favorire l'industria o gli

⁵³ Egyedi, T. M. (2000). *Institutional dilemma in ICT standardization: Coordinating the diffusion of technology. In Information technology standards and standardization: A global perspective* (pp. 48-62). IGI Global.

⁵⁴ ITU-T. Disponibile da <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>

interessi nazionali, creando barriere di mercato per prodotti e tecnologie, imponendo irragionevoli restrizioni alla concorrenza ed al commercio internazionale. Uno dei casi più recenti di questo uso improprio delle norme tecniche è la standardizzazione WAPI⁵⁵. WAPI è una specifica tecnica di crittografia, sviluppata dalla Cina e incompatibile con qualunque altro standard di crittografia *wireless* utilizzato al di fuori del continente. Questa mossa, attuata nel 2003, è stata solo una delle misure protezionistiche sfruttate dal governo per proteggere le industrie cinesi dalla concorrenza straniera. Tale scelta è stata ampiamente criticata dagli Stati Uniti e dalla comunità internazionale. Le preoccupazioni vertevano soprattutto sulla sicurezza dello standard e sulla disponibilità degli IPR necessari per utilizzarlo. Sono stati molteplici gli sforzi per incoraggiare la Cina ad abbattere queste barriere e partecipare in maniera attiva allo sviluppo e all'adozione degli standard internazionali. Recentemente sono stati però proprio gli Stati Uniti, mediante una lettera CFIUS (Comitato per gli investimenti esteri degli Stati Uniti), a vietare l'acquisizione di Qualcomm da parte di Broadcom, gruppo con sede a Singapore, per ragioni di sicurezza nazionale. Addirittura, ad inizio 2018, era trapelata la notizia di una nazionalizzazione delle reti di telecomunicazione 5G al fine di contrastare le preoccupazioni sulla sicurezza nazionale, minacciata dalla tecnologia cinese. Questo è solo uno degli esempi in cui gli Stati utilizzano la standardizzazione per bloccare la concorrenza internazionale, proteggendo le industrie nazionali.

In questa trattazione andremo ad utilizzare una precisa categoria brevettuale, che nasce in fase di sviluppo dello standard, quando le aziende si scontrano per ottenere i vantaggi economici derivanti dall'aver la propria tecnologia brevettata incorporata nella norma tecnica. Questi diritti di brevetto sono chiamati brevetti essenziali per lo standard (*Standard Essential Patents*, SEPs). I SEPs, proteggendo uno o più aspetti indispensabili per lo sviluppo della norma tecnica, risultano essenziali per l'implementazione dello standard e sono quindi sfruttati dai proprietari per le *royalties* che ne derivano e per stipulare accordi di *cross licensing*⁵⁶.

Forniamo di seguito una breve introduzione alla standardizzazione tecnologica, per poi porre l'attenzione sul processo di standardizzazione del 5G, presentando gli enti coinvolti nell'iter.

⁵⁵ Eli Greenbaum (July 3, 2018). *5G, STANDARD-SETTING, AND NATIONAL SECURITY*, Harvard Law School National Security Journal

⁵⁶ Gregory Sida (June 2015). *How Licensing Standard-Essential Patents Is Like Buying a Car*, Wipo Magazine

4.2 Organizzazioni per lo sviluppo di standard tecnologici

Nel mondo delle telecomunicazioni esistono diversi enti internazionali, pubblici e privati, che si occupano degli standard “de iure”. Questi enti, preposti allo sviluppo e all'applicazione degli standard, vengono comunemente chiamati *Standard Development Organizations* (SDOs) o *Standard Setting Organizations* (SSOs).

Queste organizzazioni devono garantire, oltre all'interoperabilità ed alla compatibilità tra tecnologie, che l'intero processo di sviluppo della norma non sia discriminatorio⁵⁷. Per evitare dunque distorsioni nella concorrenza e nel commercio internazionale, si parla di apertura e trasparenza delle organizzazioni. Questi due concetti, seppur correlati, si rifanno ad aspetti ben distinti del processo. L'apertura si riferisce generalmente alla possibilità di partecipare ad una SDO, mentre la trasparenza indica la disponibilità di informazioni riguardanti i processi interni di un'organizzazione per lo sviluppo degli standard.

L'apertura assume due diverse forme: la possibilità di prendere parte alla SDO come membro e la capacità di partecipare al processo di standardizzazione dell'organizzazione. Quasi tutte le SDO consentono alle parti interessate di partecipare alla standardizzazione ed anzi, in molti casi questo diviene un requisito esplicito dell'organizzazione. D'altra parte, però, la partecipazione ai processi di governance è generalmente meno aperta. Sovente, quindi, si distinguono i ruoli dei membri SDO e dei non membri nelle decisioni di governance. Tipicamente, l'opinione dei primi ha una valenza più forte, ma spesso vengono prese in considerazione anche le opinioni dei non membri. In linea generale, comunque, le decisioni riguardanti la politica e la governance dell'organizzazione vengono discusse durante assemblee aperte ai soli membri formali.

La maggior parte delle SDO mantiene un certo livello di trasparenza. Questo include la messa a disposizione delle norme tecniche per le ispezioni pubbliche, il processo attraverso cui lo standard è stato approvato e tutta la documentazione riguardante la norma tecnica stessa. Alcune SDO particolarmente trasparenti, alla fine del processo di standardizzazione, rilasciano lo standard al pubblico previo pagamento o addirittura gratuitamente, rendendolo disponibile sul sito web. Questa decisione dipende dal *business model* adottato dall'organizzazione, a seconda che la SDO si supporti economicamente tramite la vendita degli standard o la contribuzione dei membri.

Al di là dei requisiti di trasparenza e apertura normati, le SDOs riconoscono anche l'importanza nel raggiungere un bilanciamento degli interessi, anche se non legalmente richiesto. Per esempio, molte SDOs tra cui ETSI, ANSI e TSDSI, hanno regole specifiche riguardanti la composizione dei consigli di amministrazione, per assicurarsi che vi sia il giusto equilibrio di interessi. Solitamente i requisiti di equilibrio possono essere suddivisi in due categorie: geografiche e commerciali. L'equilibrio geografico cerca di garantire la rappresentazione di una combinazione desiderata di diverse unità politiche (paesi, regioni) nella governance dell'organizzazione. L'equilibrio commerciale cerca invece di ottenere la rappresentanza dei diversi settori commerciali, per esempio consumatori, produttori e fornitori.

Infine, un altro punto focale è la regolazione della concessione e disponibilità delle licenze SEPs. Le politiche delle organizzazioni per lo sviluppo degli standard generalmente impongono obblighi di divulgazione. In particolare, viene richiesto ai membri della SDO di rivelare la proprietà di brevetti che potrebbero essere violati da specifiche proposte. In questo modo, tutti gli altri partecipanti possono cercare alternative non proprietarie. Inoltre, tali politiche richiedono ai membri dell'organizzazione di rendere disponibile i SEPs, o i potenziali tali, a condizioni eque, ragionevoli e non discriminatorie (FRAND). Un accordo FRAND è un accordo volontario che regola la disponibilità

⁵⁷ Baron J., Contreras J., Husovec M., Larouche P. (2019). *The Governance of Standard Development Organizations and their Policies on Intellectual Property Rights*, Joint Research Centre. Disponibile da https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/sdo_governance_final_electronic_version.pdf

dei brevetti essenziali per evitare il blocco tecnologico e l'esclusione di altri *competitors* da produzione, utilizzo e vendita dell'innovazione, in questo caso essenziale. D'altra parte, l'impegno FRAND serve anche a garantire al titolare del brevetto di ricevere le *royalties* che lo compensino adeguatamente per il valore incrementale con cui la sua tecnologia contribuisce allo standard. Fino ad oggi l'uso di questo criterio, seppur non siano specificate le condizioni per cui si rispettino l'equità, la ragionevolezza e la non discriminazione, e vadano quindi valutate caso per caso, è riuscito a garantire un adeguato equilibrio tra gli interessi dei titolari IPR e di chi implementa la tecnologia.

4.3 Il processo di standardizzazione 5G

Il processo di standardizzazione 5G è stato affidato al progetto 3GPP, che presenteremo a breve. Al progetto prendono parte varie SDOs, tra cui ETSI, di cui sfrutteremo il database brevettuale per l'analisi dei SEPs. Per questo motivo di seguito, dopo una breve descrizione del 3GPP, forniremo anche un'analisi dell'ente di standardizzazione europeo.

4.3.1 Il consorzio 3GPP

Come le generazioni precedenti, la standardizzazione 5G è guidata dal 3GPP, progetto *partnership* di terza generazione. 3GPP⁵⁸ è stato avviato nel 1998, al fine di sviluppare una norma tecnica per il 3G. Ad oggi, il progetto è un consorzio di sette organizzazioni di sviluppo degli standard di telecomunicazioni nazionali e regionali, detti *partner* organizzativi, oltre a quelli che vengono chiamati *partner* di rappresenta di mercato, ovvero un'ampia varietà di organizzazioni che si interfacciano al progetto come membri associati.

Le sette SDOs, provenienti da Asia, Europa e Nord America sono:

- ARIB (Association of Radio Industries and Businesses, Giappone);
- ATIS (Alliance for Telecommunications Industry Solutions, Stati Uniti);
- CCSA (China Communications Standards Association, Cina);
- ETSI (European Telecommunications Standards Institute, Europa);
- TSDSI (Telecommunications Standards Development Society, India);
- TTA (Telecommunications Technology Association, Corea);
- TTC (Telecommunication Technology Committee, Giappone).

Le aziende, chiamate membri individuali, possono partecipare al processo di standardizzazione tramite adesione ad uno di questi partner organizzativi.

L'idea alla base del progetto è quella di avere un processo di standardizzazione aperto, basato sui contributi dei membri. Per questo motivo, chiunque può aderire al processo di standardizzazione e tutte le specifiche sono disponibili pubblicamente, anche ai non membri. Conseguentemente, l'organizzazione ad oggi è in grado di rilasciare standard internazionali, ampiamente riconosciuti ed condivisi.

Per il processo di standardizzazione, 3GPP segue una metodologia a tre fasi, consigliata da l'International Telecommunication Union (ITU), uno tra i più importanti enti di standardizzazione riconosciuti a livello internazionale. In particolare, le specifiche della prima fase definiscono i requisiti del servizio dal punto di vista del consumatore. La fase 2 definisce l'architettura necessaria per supportare i requisiti del servizio. Le specifiche della fase 3, invece, definiscono l'implementazione dell'architettura, specificando i protocolli in modo dettagliato. Il lavoro sulle specifiche del 3GPP viene svolto nei gruppi di specifiche tecniche (TSG). In particolare, esistono tre TSG:

- RAN, le reti di accesso radio;
- SA, aspetti relativi al servizio e al sistema. In questa sezione vengono specificati i punti relativi all'architettura complessiva del sistema;
- CT, terminali e rete centrale.

Ognuna di queste aree di specifica contiene diversi gruppi di lavoro (WG), ciascuno con un differente elenco di specifiche.

⁵⁸ 3GPP. *About 3GPP*. Disponibile da <https://www.3gpp.org/about-3gpp>

Per quanto riguarda il 5G, il processo di standardizzazione 3GPP ha avuto inizio nel 2015, anche se alcune aziende si erano già mobilitate precedentemente. Ericsson, per esempio, nel 2012 aveva preparato una bozza contenente alcuni principi base riguardanti il nuovo standard 5G, esplorandone la logica, gli obiettivi, i requisiti e l'ambito di applicazione. Già all'epoca, questi principi base erano allineati con i requisiti espressi dai principali attori del settore cellulare e, ad oggi, sono ormai associati quando si parla di 5G.

Nel settembre 2015, tramite un seminario a Phoenix che ha riunito più di 500 partecipanti, 3GPP ha dato il via al processo di standardizzazione della quinta rete mobile. A fine 2017, sono state rilasciate le prime specifiche tecniche per l'accesso radio 5G, chiamato anche *5G New Radio (5G NR)*, compatibile con le reti della precedente generazione. Il piano di lavoro comprendeva una serie di attività e punti di controllo per guidare gli studi 5G in corso sull'architettura di prossima generazione e 5G NR, concentrandosi su banda larga mobile potenziata, ultra-affidabilità e bassa latenza, intervalli di frequenza e l'importanza della compatibilità futura nella progettazione di radio e protocolli. La *Release 15*, seppur rilasciata formalmente a giugno 2018, ha avuto diversi rilasci nel corso del biennio 2018-2019, riassumibili come segue:

- Rilascio anticipato, a cavallo tra l'ultimo trimestre del 2017 ed il primo trimestre del 2018;
- Rilascio principale, avvenuto a partire dal secondo e terminato nell'ultimo trimestre del 2018;
- Rilascio tardivo, avvenuto nel secondo trimestre del 2019.

Ad oggi, tale progetto è concluso e si focalizzava prevalentemente sui casi d'uso di banda larga e bassa latenza, cercando di integrare i nuovi aspetti tecnologici con le preesistenti reti LTE ed LTE Advanced. Questo ha permesso il lancio dei primi servizi commerciali, che sono giunti sul mercato nel 2019.

La versione 16, lanciata a giugno 2018, copre i casi d'uso complementari alla release precedente, ovvero quelli legati alle applicazioni industriali e alla densità dei dispositivi IoT, concentrandosi ulteriormente sull'affidabilità della rete. Secondo le informazioni rilasciate da 3GPP⁵⁹, la *Release 16* si riterrà conclusa a fine 2021, insieme alla *Release 17*, la cui timeline è stata concordata a dicembre 2020 e non, come indicato dall'immagine, tra l'ultimo trimestre del 2019 ed il primo del 2020. Questo ritardo nella schedulazione del progetto è dovuto al Covid-19, che oltre ad inficiare sulla versione 17 ha introdotto ritardi anche per quella che sarà la *Release 18*, la cui schedulazione e definizione delle tematiche erano programmate per fine 2021.

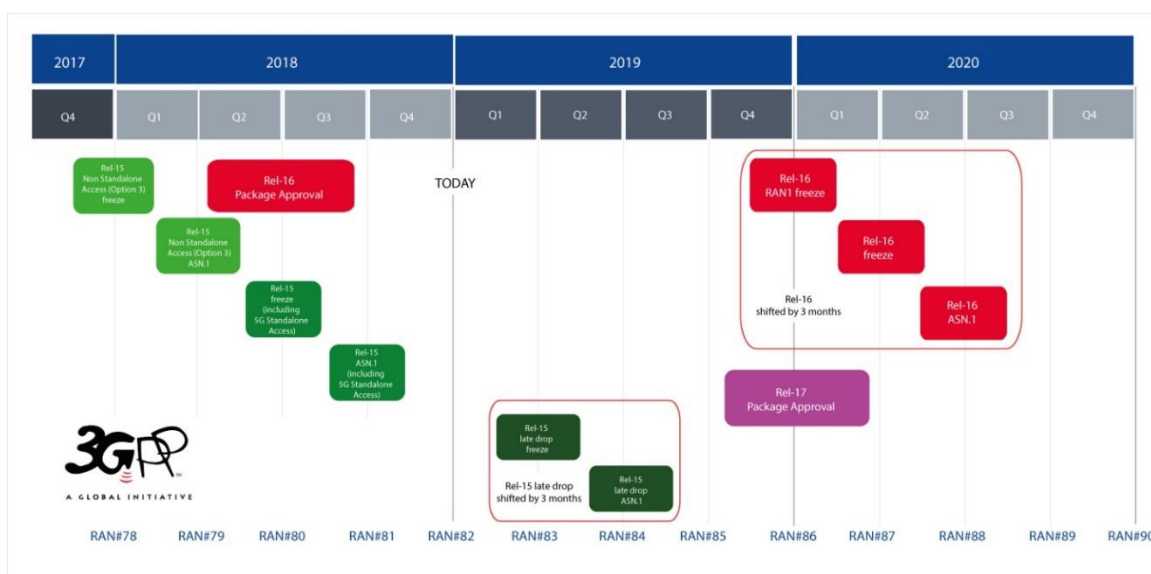


Figura 11 - Map road delle Release 15, 16 e 17
Fonte: 3gpp.org

⁵⁹ 3GPP. Release 17. Disponibile da <https://www.3gpp.org/release-17>

4.3.2 ETSI

European Telecommunications Standards Institute (ETSI)⁶⁰ è la più importante organizzazione europea per la standardizzazione. In particolare, è l'ente di normazione regionale che si occupa di telecomunicazioni, radiodiffusione e altre reti e servizi di comunicazione elettronica. Istituita nel 1988 dalla Conferenza europea delle amministrazioni delle poste e delle telecomunicazioni, opera indipendentemente e senza scopo di lucro e negli anni ha allargato le proprie prospettive, passando da una visione puramente europea ad una prospettiva globale. Ad oggi, l'organizzazione può essere considerata una delle principali SDO per le tecnologie dell'informazione e della comunicazione a livello internazionale. La *mission* dell'organizzazione è quella di fornire piattaforme alle parti interessate al fine di lavorare sinergicamente per produrre standard per sistemi e servizi ICT utilizzabili a livello globale. Per rimarcare la propria internazionalità, l'ETSI si è imposta alcuni come obiettivi strategici quello dell'inclusività e della globalità.

Essendo un'organizzazione senza scopo di lucro, qualsiasi reddito in eccesso viene solitamente restituito ai membri come credito per i contributi per l'anno successivo e sul sito dell'organizzazione è disponibile un database di brevetti, interamente gratuito. I finanziamenti provengono da più fonti:

- Annualmente, i partner associati devono versare un contributo. Tale contributo viene calcolato in base alle dimensioni dell'azienda o dell'organizzazione, tenendo conto di alcune specifiche riduzioni riservate ad associazioni di ricerca, piccole imprese ed enti accademici;
- L'Unione Europea e, in particolare, la Commissione Europea e l'Associazione di Libero Scambio che emettono richieste di standardizzazione e forniscono finanziamenti per sviluppare tali norme tecniche. Questo tipo di attività supporta la legislazione europea;
- Proventi dalle attività commerciali come la vendita di standard e servizi ad organizzazioni esterne;
- Contributi da organizzazioni partner, come il 3GPP e le attività legate a tale collaborazione.

Oltre ad occuparsi della standardizzazione 5G, l'organizzazione europea ha già contribuito allo sviluppo della quarta generazione di reti mobili ed è attivamente coinvolta nella standardizzazione della comunicazione *Machine-to-Machine*.

⁶⁰ ETSI. *About ETSI*. Disponibile da <https://www.etsi.org/about>

5. Rassegna della letteratura

Questo capitolo si pone l'obiettivo di indagare la letteratura esistente in materia di strategia cooperativa, appartenenza a SDOs e consorzi, utilizzo della proprietà intellettuale, determinanti nella dichiarazione di essenzialità ed utilizzo dei brevetti per indagare le strategie aziendali.

Al giorno d'oggi le imprese si trovano a dover fronteggiare una crescente domanda di cicli di innovazione brevi e tempi molto ristretti legati al *time-to-market* dei prodotti. Per la permanenza di un'impresa sul mercato è fondamentale riuscire a soddisfare questi requisiti, difficili da raggiungere lavorando esclusivamente in autonomia. Diversi sono gli studi che trattano quindi il tema dell'innovazione aperta come soluzione a queste richieste del mercato ed è indubbia la sua utilità in determinati contesti. Tra i tanti, in particolare, Enkel et al. (2009)⁶¹ tratta l'argomento considerando aspetti positivi e negativi legati all'adozione della strategia cooperativa. Dallo studio, condotto su 107 piccole e medie imprese europee nel 2008, si evince la necessità di considerare una soluzione mista, in cui innovazione aperta e chiusa si bilancino, per permettere alle imprese di creare prodotti di successo in breve tempo, assimilando conoscenze e competenze esterne, pur proteggendo la proprietà intellettuale posseduta.

La necessità di avvalersi dell'innovazione aperta sembra risultare particolarmente importante se si considera il mondo delle telecomunicazioni, dato il costante cambiamento a cui il contesto tecnologico è esposto e l'enorme pressione competitiva tra imprese del settore. L'insieme di queste caratteristiche ha portato negli anni alla creazione di quelle che vengono definite reti innovative, ovvero alleanze tra imprese che collaborano per la creazione di nuovi prodotti. Dittrich & Duysters (2007)⁶² studiano la rete di imprese di innovazione internazionale che si è occupata dello sviluppo di prodotti per l'informazione e la comunicazione (ICT), considerando in particolare Nokia ed il suo uso della rete innovativa per riuscire ad abbracciare il cambiamento strategico e di contesto. L'azienda di telefonia mobile ha condotto negli anni vari progetti di innovazione aperta. Nel caso in esame si considerano quelli per lo sviluppo delle prime tre generazioni di telefonia. In particolar modo, per le prime due generazioni, Nokia ha adottato una strategia di sfruttamento, mentre, per la terza, una strategia di esplorazione. Queste due diverse opzioni si esplicano entrambe nell'osservazione delle capacità e delle conoscenze del partner scelto per la collaborazione innovativa. La metodologia utilizzata per lo studio è una combinazione di interviste semistrutturate e l'analisi di un database contenente tutti gli accordi di alleanza. La natura e l'evoluzione della rete innovativa sono state esaminate attraverso l'analisi empirica dei brevetti riguardanti la strategia tecnologica delle alleanze. Il caso Nokia ha evidenziato l'importanza delle reti innovative per il riposizionamento strategico in condizioni di cambiamento. Infatti, l'adesione alle reti innovative sembra offrire flessibilità, velocità, innovazione e abilità di aggiustamenti, in tempi brevi, per soddisfare i cambiamenti di mercato e le nuove opportunità strategiche. L'uso da parte di Nokia delle strategie di sfruttamento ed esplorazione ha portato l'impresa a prender parte a diverse reti innovative e divenire leader nell'industria della telefonia mobile. Lo studio inoltre evidenzia come effettivamente Nokia utilizzi quindi l'innovazione aperta per sviluppare nuovi prodotti e servizi e per settare nuovi standard tecnologici per le applicazioni legate alla telefonia mobile.

Come già accennato nei capitoli precedenti, sarebbe però scorretto pensare che tutti i grandi *players* del mercato delle telecomunicazioni si avvalgano della sola innovazione aperta. Infatti, come si evince dallo studio di Almirall & Casadesus-Masanell⁶³, risulta evidente come, nel momento in cui il

⁶¹ Enkel, E., Gassmann, O., & Chesbrough, H. (2009). *Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon. R&d Management*, 39(4), 311-316.

⁶² Dittrich, K., & Duysters, G. (2007). *Networking as a means to strategy change: the case of open innovation in mobile telephony. Journal of product innovation management*, 24(6), 510-521.

⁶³ Almirall, E., & Casadesus-Masanell, R. (2010). *Open versus closed innovation: A model of discovery and divergence. Academy of management review*, 35(1), 27-47.

livello di complessità è estremamente elevato o, all'opposto, estremamente basso, le imprese prediligano il modello d'innovazione chiuso. Lo studio in questione utilizza un'estensione del modello matematico NK e, attraverso diverse simulazioni, studia il *trade-off* tra scoperta e perdita del controllo della stessa. Più specificatamente, tale perdita si riferisce alla mancanza di libertà da parte dello sviluppatore originale che si viene a creare nel momento in cui il sistema innovativo viene aperto ad altre imprese che agiscono spinte da interessi diversi da quelli dell'impresa principe. Tale privazione si traduce anche in una perdita in termini economici poiché lo sviluppatore è ora obbligato a lavorare sotto vincoli di cui non avrebbe dovuto interessarsi nel caso di *closed innovation*. La scoperta riguarda invece l'accesso a nuovi pool di conoscenze e know-how a seguito dell'adozione di un modello aperto. Il caso più esplicativo portato avanti nello studio è quello del colosso Apple nello sviluppo dell'Ipod, figlio di innovazione chiusa, che non solo ha risollevato l'azienda dal fallimento, ma ha anche ottenuto il riconoscimento come miglior prodotto dell'anno.

È verosimile pensare che, per quanto riguarda il processo di innovazione legato al 5G, le grandi imprese del settore stiano adottando un modello di innovazione misto. Se consideriamo infatti la complessità della nuova generazione di reti, tendiamo ad immaginare un sistema innovativo chiuso, ma numerose sono state le attività collaborative nate negli ultimi anni intorno al tema 5G, come già precedentemente discusso. Diverso è il discorso per quanto riguarda il processo di standardizzazione, guidato dal 3GPP. In questo caso il progetto pone l'accento sui principi di collaborazione e trasparenza ed è in questo contesto che le imprese si trovano quindi a negoziare l'adozione delle proprie tecnologie come standard. Di seguito vengono quindi esposte evidenze scientifiche riguardanti le diverse forme di standardizzazione ed i vantaggi derivanti dall'appartenenza alle organizzazioni per il settaggio degli standard.

Proprio l'imposizione degli standard tecnologici è argomento ampiamente sviluppato dalla letteratura, non solo in ambito telco. Gli standard, infatti, di qualunque natura essi siano, devono seguire il cambiamento tecnologico, migliorando norme già esistenti o sostituendole completamente. Per raggiungere l'adozione di uno standard comune sono necessari dei meccanismi di coordinazione del mercato. Lo studio di Farrell & Saloner (1988)⁶⁴ analizza tre diverse forme di coordinazione, attraverso la teoria dei giochi. Si considerano:

- la negoziazione esplicita, che ricalca il modello delle organizzazioni per lo sviluppo degli standard (SDOs);
- la negoziazione implicita: non c'è comunicazione esplicita e dipende da decisioni irrevocabili unilaterali. Ricalca in maniera semplicistica la leadership di mercato;
- un meccanismo ibrido tra i due precedenti, in cui si sfrutta la negoziazione esplicita attuando, al contempo, azioni preventive, tipiche della leadership di mercato.

Le evidenze a cui giunge lo studio mostrano come la negoziazione esplicita permetta di raggiungere, seppur in più lentamente, la coordinazione ed il consenso con maggiore facilità e risulti quindi essere sovra-performante rispetto alla negoziazione implicita. Il modello ibrido, in termini di *performance*, ha una posizione intermedia tra le due negoziazioni. Se ne può quindi concludere che la negoziazione esplicita è la miglior soluzione ed è quella adottata per l'appunto dalle organizzazioni per lo sviluppo degli standard. Le SDOs promuovono un coordinamento dell'innovazione, fornendo un forum per il processo decisionale collettivo e una potenziale soluzione al problema dei diritti di proprietà intellettuale frammentati e sovrapposti. L'adesione a queste organizzazioni, formali o informali che siano, apporta numerosi vantaggi alle imprese, ma crea anche quella che viene chiamata guerra di logoramento. Due studi in particolare analizzano la situazione che si crea nel momento in cui due o più imprese, che hanno sviluppato indipendentemente degli standard riferiti

⁶⁴ Farrell, J., & Saloner, G. (1988). *Coordination through committees and markets*. The RAND Journal of Economics, 235-252.

alla medesima tecnologia, cercano di imporli sul mercato attraverso processi formali di standardizzazione. Farrell & Simcoe (1996)⁶⁵ studiano il caso particolare di due imprese, mentre Bulow & Klemperer (1999)⁶⁶ generalizzano il modello della guerra di logoramento su un mercato oligopolistico costituito da più di due imprese. Quello che si evince dallo studio di Farrell & Simcoe (1996), che ricalca le evidenze di Farrell & Saloner (1988), è che la standardizzazione formale, rispetto a quella de facto, ha dei vantaggi notevoli dal punto di vista del mercato: ricerca la discussione tecnica e la negoziazione politica, in contrasto con la corsa alle quote di mercato e la battaglia che caratterizzano la standardizzazione de facto, e raggiunge più facilmente il consenso di standardizzazione. Sviluppa però anche delle forze divergenti che impattano negativamente sulla velocità di standardizzazione. Se i partecipanti alla creazione di uno standard di compatibilità non hanno particolari interessi personali allora il processo di sviluppo sarà veloce e verrà raggiunta la migliore soluzione tecnica. Al contrario però, come spesso succede, quando chi partecipa allo sviluppo dello standard ha forti interessi sarà difficile raggiungere un consenso, poiché ciascuna delle parti cercherà il proprio tornaconto. Inoltre, anche se teoricamente risulterebbe preferibile rendere esplicite tutte le informazioni private che guidano comportamenti opportunistici ed inefficienze, sono le imprese stesse che preferiscono non rilasciare questo tipo di informazioni. Lo studio propone quindi un modello di informazione incompleta della guerra del logoramento. I risultati evidenziano come lo standard tecnicamente migliore, alla fine del processo, venga comunque scelto, ma con ritardo, data la presenza di forti interessi dei partecipanti. I ritardi risultano essere predicibili e sono spesso elevati quanto basta per fare in modo che il processo performi in maniera povera. Per questo motivo è importante che le politiche delle SDO mirino a ridurre gli interessi personali delle imprese, al fine di ridurre questi ritardi, che hanno conseguenze anche sui consumatori finali.

A favore dei pro, vi sono invece due studi che evidenziano l'importanza di aderire a organizzazioni formali, Rysman & Simcoe (2008)⁶⁷, o informali, Leiponen (2008)⁶⁸. Nel primo elaborato, attraverso un'analisi del flusso di citazioni di un campione di brevetti statunitensi divulgati durante il processo di sviluppo dello standard, si evince come i brevetti SSO abbiano un numero medio delle citazioni più alto rispetto ad un brevetto tradizionale e come le citazioni aumentino sostanzialmente dopo la standardizzazione. Quindi i risultati suggeriscono come le SSO riescano a identificare tecnologie promettenti, di importanza maggiore, e influenzano la loro successiva adozione. Attraverso l'uso di un campione di controllo è poi stato possibile concludere che vi è una relazione causale tra l'approvazione del brevetto da parte delle SSO e la successiva adozione dello standard, in quanto i brevetti divulgati nel processo di definizione degli standard ricevono circa il doppio delle citazioni rispetto al campione di controllo della stessa classe tecnologica e applicazione. Quindi per le imprese è vantaggioso far parte di queste organizzazioni, poiché garantiscono maggiori probabilità di vedere incluso nello standard una propria innovazione tecnologica. Leiponen (2008) analizza invece l'appartenenza a consorzi informali di definizione dello standard nelle telecomunicazioni *wireless*, con particolare riferimento allo standard di terza generazione W-CDMA ed al progetto 3GPP. I consorzi sono formati da un gruppo di membri della SSO. Nel caso specifico, un gruppo di imprese appartenenti al progetto 3GPP si era unito in un'organizzazione informale che coordinava gli investimenti e gli sforzi in R&D ed allineava le proprie strategie a quelle del processo portati avanti da 3GPP. Lo studio evidenzia come le imprese che avevano preso parte ad alleanze e consorzi privati abbiano visto, con una maggiore frequenza, i propri contributi tecnologici brevettati inclusi nello standard.

⁶⁵ Farrell, J., & Simcoe, T. (1996). *Choosing the rules for formal standardization*. University of California, Berkeley, working paper.

⁶⁶ Bulow, J., & Klemperer, P. (1999). *The generalized war of attrition*. *American Economic Review*, 89(1), 175-189.

⁶⁷ Rysman, M., & Simcoe, T. (2008). *Patents and the performance of voluntary standard-setting organizations*. *Management science*, 54(11), 1920-1934.

⁶⁸ Leiponen, A. E. (2008). *Competing through cooperation: The organization of standard setting in wireless telecommunications*. *Management Science*, 54(11), 1904-1919.

Considerando quindi entrambi gli studi, è possibile concludere che se le imprese vogliono influenzare l'evoluzione del proprio settore a favore dei propri interessi, oltre a considerare il proprio potere di mercato ed il capitale umano ed intellettuale, devono prendere parte anche ad attività collaborative in comitati formali e informali, al fine di discutere, negoziare ed allineare le proprie posizioni sulle caratteristiche tecniche degli altri *players* di mercato.

Le imprese manifestano i propri interessi in varie forme, ma la più importante, dal punto di vista del settaggio dello standard è la proprietà intellettuale o *Intellectual Property Rights* (IPR). Gli IPR hanno un notevole impatto sul processo di standardizzazione e diversi sono gli studi che ne hanno analizzato le influenze. Bekkers et al. (2002)⁶⁹ analizza il ruolo della proprietà intellettuale nel processo di standardizzazione del settore delle telecomunicazioni. Come esempio di maggiore rilevanza viene considerato il caso *Global System for Mobile communications* (GSM), sistema globale per la comunicazione mobile. Da un'analisi della situazione degli anni '90 si evince come il mercato GSM sia dominato da 5 imprese (Ericsson, Nokia, Siemens, Motorola e Alcatel) e tale posizione, come spiega lo studio, è stata raggiunta in parte grazie ad una forte proprietà intellettuale essenziale ed in parte grazie a comportamenti strategici, come, per esempio, l'attività di brevettazione aggressiva adottata da Motorola. Di fatto le cinque imprese che hanno preso parte ad accordi di *cross-licensing* e la strategia adottata da Motorola hanno diminuito la concorrenza, creando un oligopolio e modificando il processo di standardizzazione nel settore telco. Quanto accaduto per il caso GSM ha cambiato per sempre il ruolo della proprietà intellettuale delle attività di brevettazione degli standard, che è divenuta la principale questione da risolvere nel settaggio di un qualsiasi nuovo standard. Le SDO hanno quindi dovuto adeguarsi a questo cambiamento, introducendo regolamenti e requisiti che garantissero la concorrenza nel mercato. Gli autori forniscono alcune raccomandazioni a diversi enti, tra cui ETSI. Si suggerisce, per esempio, di rendere pubblici gli accordi di licenza e le loro condizioni, di fissare un tetto massimo per l'accumulo dei pagamenti delle licenze e disporre un insieme di regole che impediscano ai licenziatari di generare ritardi notevoli nel raggiungimento degli accordi, tali da ostacolare gli altri partecipanti del mercato. Tutti questi accorgimenti mirano al raggiungimento di un mercato libero e aperto, che permetta un agevole sviluppo tecnologico.

Quando si parla di proprietà intellettuale essenziale si fa riferimento ad una particolare tipologia di brevettazione, ponte di congiunzione tra standard e brevetti: il brevetto essenziale per uno standard, *Standard Essential Patent* (SEP). Tale tipologia di brevetti protegge uno o più aspetti indispensabili, da un punto di vista tecnico, per la creazione di un dato standard tecnologico. I SEP risultano essenziali per l'implementazione di uno standard, poiché senza di essi non è possibile realizzare prodotti o tecnologie che si avvalgono del tecnicismo protetto da brevetto. Affinché quindi non diventino un mezzo per bloccare o limitare la concorrenza tra imprese e l'avanzamento tecnologico gli enti di standardizzazione, oltre a tutti i compiti sopra citati, raccolgono dei grandi pool di SEP, regolandone la concessione delle licenze e la disponibilità. Ogni membro appartenente ad una SDO è solitamente tenuto a dichiarare l'essenzialità di un brevetto, impegnandosi a concederlo in licenza, seguendo le condizioni *Fair, Reasonable e Non-Discriminatory* (FRAND).

Dal punto di vista del mercato, i SEP producono effetti per lo più positivi sull'avanzamento tecnologico. Lo studio di Baron et al. (2011)⁷⁰ fornisce una panoramica delle conseguenze della dichiarazione di essenzialità, analizzando un database di standards ICT internazionali, attraverso un'analisi comparativa con un campione di controllo. La divisione più importante, evidenziata dallo

⁶⁹ Bekkers, R., Verspagen, B., & Smits, J. (2002). *Intellectual property rights and standardization: the case of GSM*. *Telecommunications policy*, 26(3-4), 171-188.

⁷⁰ Baron, J., Blind, K., & Pohlmann, T. (2011, September). *Essential patents and standard dynamics*. In 2011 7th International Conference on Standardization and Innovation in Information Technology (SIIT) (pp. 1-16). IEEE.

studio, si riferisce all'innovazione incrementale (continua) contro quella radicale (discontinua). Nella prima il nuovo standard migliora aspetti tecnici già esistenti, nella seconda invece rimpiazza completamente i precedenti standard. La ricerca evidenzia come i brevetti essenziali riducano le probabilità di adozione di standard sostitutivi, ovvero rendano più difficile il passaggio ad una tecnologia completamente nuova e quindi introducano dei ritardi nell'innovazione discontinua. Al contempo, però, non introducono attriti nello sviluppo di nuovi standard, ma aumentano il tasso di aggiornamento degli stessi. Questo aspetto si giustifica considerando che le imprese stesse sono incentivate a rilasciare frequenti aggiornamenti considerando che il numero di aggiornamenti influenza positivamente il valore del SEP e, di conseguenza, le relative entrate derivanti dalle *royalties* e la protezione dello standard dalla sostituzione tecnologica. In conclusione, i brevetti essenziali riducono il rischio di sostituzione, evitando quindi la perdita di investimenti sommersi nell'implementazione, e riducono l'incertezza tecnologica associata all'adozione di un nuovo standard. Questo è particolarmente vero nel caso in cui un'impresa detenga una quota elevata di SEP, poiché potrebbe fungere da leader per la coordinazione del miglioramento tecnologico. L'insieme di questi elementi funge da incentivo per l'investimento in R&D delle imprese, supportando l'avanzamento tecnologico. Resta fermo il punto per cui le SDO devono raccogliere e garantire la disponibilità di accordi di licenza di questi brevetti essenziali, al fine di evitare fastidiosi monopoli.

Considerando ora il punto di vista delle imprese, le determinanti che portano alla dichiarazione di essenzialità sono molteplici e sono state prese in considerazione da diversi studi. Bekkers et al. (2011)⁷¹, con riferimento allo standard W-CDMA, effettua un'analisi empirica comparativa tra un gruppo di brevetti essenziali per lo standard di terza generazione ed un gruppo di controllo di brevetti random non standard, entrambi reperibili attraverso il database ETSI. Lo studio delle determinanti delle rivendicazioni SEP negli standard di compatibilità si concentra in particolare su due fattori: il valore tecnico ed il comportamento strategico, che in questo caso si esplica nella partecipazione al processo di standardizzazione.

Come è facile immaginare, dal punto di vista del *welfare* dei consumatori, non è auspicabile che un brevetto venga dichiarato essenziale senza avere alcun merito tecnico. Per il caso W-CDMA le dichiarazioni di essenzialità sono il risultato di entrambi i fattori considerati. I risultati evidenziano come alcune imprese (per citarne una, Qualcomm), dotate di un buon numero di SEP per quanto riguarda lo standard considerato, data la scelta di non partecipare attivamente al processo di definizione dello standard, possano vantarsi di aver ottenuto il titolo di essenzialità grazie alla sola importanza tecnica, che risulta quindi essere una determinante significativa (i dati evidenziano una relazione positiva, significativa e robusta). Invece, per valutare il coinvolgimento strategico delle imprese si usano due variabili: il peso dei voti nel processo di settaggio dello standard (valutato in base alla contribuzione monetaria all'ETSI) ed il grado di coinvolgimento (valutato in base al numero di elementi e caratteristiche proposte e sviluppate dall'impresa all'interno del 3GPP). Dai dati risulta evidente come la partecipazione attiva al processo di standardizzazione, e quindi il comportamento strategico, risulti una determinante ancora più forte del merito tecnico nella dichiarazione di essenzialità. Essere un membro attivo nella creazione dello standard aiuta infatti ad ottenere un maggior numero di brevetti essenziali.

Come già evidenziato precedentemente da Leiponen (2008) e successivamente ribadito da Delcamp & Leiponen (2014)⁷² anche la partecipazione ad organizzazioni informali svolge un ruolo determinante nella dichiarazione di essenzialità di un brevetto. Questo secondo studio in particolare, riprendendo il precedente, si focalizza sullo standard UMTS. Dalla ricerca si evince come i consorzi aumentino la produttività dell'invenzione, gli incentivi ad investire in R&D e l'efficienza della

⁷¹ Bekkers, R., Bongard, R., & Nuvolari, A. (2011). *An empirical study on the determinants of essential patent claims in compatibility standards*. Research Policy, 40(7), 1001-1015

⁷² Delcamp, H., & Leiponen, A. (2014). *Innovating standards through informal consortia: The case of wireless telecommunications*. International Journal of Industrial Organization, 36, 36-47.

standardizzazione, così come le invenzioni nate all'interno di questi comitati informali abbiano maggiore probabilità di ottenere il titolo di essenzialità per lo standard in esame.

Kang & Motohashi (2015)⁷³ investigano invece il ruolo dell'inventore nel processo di standardizzazione UMTS della comunicazione mobile. I dati utilizzati sono reperiti, per quanto riguarda i brevetti, dal database ETSI, mentre per quanto riguarda la partecipazione agli incontri, dal database fornito da 3GPP riguardante il cinquantottesimo incontro, avvenuto nell'agosto del 2009. In tale database sono reperibili informazioni riguardanti non solo gli standards, ma anche i partecipanti, le contribuzioni a livello tecnico e la durata dell'incontro. Le evidenze dell'analisi ricalcano le precedenti: i brevetti, il cui inventore partecipa agli incontri del processo di standardizzazione, ha maggiori possibilità di divenire SEP, ma riceve anche un maggior numero di citazioni. Tale determinante è strettamente legata ad un altro fattore da considerare, ovvero il tempismo. Kang & Bekkers (2015)⁷⁴, nell'analisi dello sviluppo degli standard W-CDMA ed LTE, sottolineano come questo elemento abbia un ruolo importante del processo di inclusione della tecnologia, soprattutto con riferimento alla tecnica del *Just-In-Time Patenting* (JITP). Tale metodologia prevede che le imprese lavorino su brevetti di scarso merito tecnico poco prima di una riunione, quindi inviino all'incontro gli inventori per negoziare l'inserimento della tecnologia brevettata nello standard. Nei sette giorni che precedono una riunione di standardizzazione si nota un picco nel deposito di brevetti che sono poi divenuti essenziali e questo effetto è in larga parte dovuto alla presenza dell'inventore all'incontro, dato che, per i non partecipanti, il picco, pur essendo presente, risulta minore. Lo studio mostra poi come i brevetti richiesti nei sette giorni precedenti alla riunione abbiano maggiore probabilità di divenire SEP, mentre quelli richiesti durante l'incontro non abbiano questo vantaggio.

Un'impresa ha quindi molteplici possibilità per aumentare la probabilità di vedere dichiarati i propri brevetti come essenziali e deve valutare la metodologia più giusta in base alle proprie caratteristiche. Le varie strategie adottate mirano a sostenere le spese di R&D, attraverso lo sfruttamento delle *royalties* e degli accordi di licenza incrociati. Infatti, la concessione delle licenze dei SEP, seppur regolata dalle SSO, permette di ottenere dei ricavi aggiuntivi attraverso l'incasso delle *royalties*, mentre gli accordi di licenza incrociati permettono una riduzione degli oneri della proprietà intellettuale. Per quest'ultimo punto, come sottolineato da Bekkers et al. (2011), l'appartenenza alle SSO gioca un ruolo non indifferente, comportando un'ulteriore riduzione del pagamento delle *royalties* associate agli accordi di *cross-licensing*.

L'uso dei brevetti per valutare l'andamento ed il cambiamento tecnologico è l'obiettivo di questa tesi, con focus sui brevetti essenziali di quinta generazione di reti mobili. Lo strumento brevettuale può essere un ottimo metodo, seppur con i propri limiti, per delineare le diverse strategie aziendali. I dati brevettuali, disponibili a costi contenuti ed in grandi quantità, permettono analisi e comparazioni, ma è importante definire il giusto bacino di brevetti e valutarne accuratamente le carenze in termini di dati. Molteplici sono gli studi che sfruttano questa metodologia. Bekkers & West (2009)⁷⁵ esaminano la natura ed il ruolo dei brevetti nella standardizzazione UMTS, confrontandoli con la tecnologia GSM, in cui il processo non era ancora disciplinato dalla politica degli IPR. Mediante il confronto tra questi due standard di telefonia mobile, grazie ai brevetti reperibili dall'ETSI, che ha supportato lo sviluppo di UMTS, gli autori hanno potuto valutare le diverse strategie d'impresa e l'effetto della regolamentazione.

⁷³ Kang, B., & Motohashi, K. (2015). *Essential intellectual property rights and inventors' involvement in standardization*. *Research Policy*, 44(2), 483-492.

⁷⁴ Kang, B., & Bekkers, R. (2015). *Just-in-time patents and the development of standards*. *Research Policy*, 44(10), 1948-1961.

⁷⁵ Bekkers, R., & West, J. (2009). *The limits to IPR standardization policies as evidenced by strategic patenting in UMTS*. *Telecommunications Policy*, 33(1-2), 80-97.

Lo studio di Layne-Farrar (2011)⁷⁶ si concentra sui brevetti per lo standard UMTS ed analizza i brevetti dichiarati come essenziali prima e dopo il momento in cui viene scelto il percorso tecnologico dello standard. Tra le due categorie di brevetti non si evidenziano grandi differenze. Sembra che i brevetti ex-ante trattino innovazioni più radicali, mentre quelle ex-post, incrementali. In ogni caso, il driver per la dichiarazione di essenzialità sembra essere il merito tecnologico del brevetto. In particolare, si evince che i brevetti aventi maggiori probabilità di essere dichiarati come essenziali, ex-ante o ex-post che siano, sono quelli aventi in media maggior merito tecnologico.

Han (2015)⁷⁷ comprende la causa delle divergenze strategiche dei leader della telefonia mobile nell'implementazione dello standard LTE di quarta generazione. Analizzando, tramite una mappatura bibliometrica, i portafogli di SEPs di Qualcomm, Nokia, Ericsson e NTT DOCOMO e valutando il contesto, è stato possibile analizzare le diverse strategie adottate per l'implementazione della tecnologia: dalla strategia cooperativa (attraverso la creazione di un pool di brevetti condiviso da più imprese o tramite licenze incociate) a quella non cooperativa (come, per esempio, la disposizione di una licenza non esclusiva nel caso in cui un'unica azienda domini la tecnologia). Il risultato più evidente dell'elaborato si esplica nell'importanza dell'analisi di portafogli di brevetti essenziali, che permettono di osservare le scelte strategiche delle imprese che portarono allo sviluppo ed allo sfruttamento dello standard LTE.

Lo studio di De Marco (2017)⁷⁸, sempre incentrato sulla tecnologia LTE, sfrutta il metodo brevettuale per confrontare la quarta generazione con i precedenti standard di telefonia mobile, GSM e UMTS. Dall'analisi emergono importanti risultati riguardanti il livello di composizione aziendale delle invenzioni divulgate, le caratteristiche ed il valore dei brevetti, stimato attraverso il numero di citazioni ricevute prima e dopo la dichiarazione di essenzialità, e le eventuali differenze emerse tra imprese entranti nel mercato e players storici. I brevetti dichiarati tendono a ricevere in media più citazioni rispetto ai non SEP, tuttavia sembra che le imprese storiche tendano a ricevere un maggior numero di citazioni rispetto alle entranti. Infine, i nuovi attori globali del settore hanno maggiori probabilità di dichiarare brevetti con scopo applicativo ristretto e valore tecnologico relativamente basso.

Infine, uno studio recentissimo di Bekkers et al. (2020)⁷⁹ utilizza, similmente a questo elaborato, un'estrazione di SEP dalla piattaforma ETSI. A questo punto, grazie a PATSTAT, arricchisce il campione brevettuale con informazioni bibliografiche e giuridiche e crea un campione di controllo di brevetti gemelli non essenziali. L'esigenza di portare avanti questo studio nasce da una comunicazione della Commissione europea riguardo la necessità di creare una metodologia per identificare e confermare l'essenzialità, in modo da evitare comportamenti strategici da parte delle imprese.

L'elaborato in esame intende ampliare la letteratura esistente, analizzando lo stato di sviluppo ed implementazione della tecnologia 5G, sfruttando l'analisi brevettuale dei SEP riguardanti gli standard di quinta generazione di telefonia mobile.

⁷⁶ Layne-Farrar, A. (2011). *Innovative or indefensible?: An empirical assessment of patenting within standard setting*. International Journal of IT Standards and Standardization Research (IJITSR), 9(2), 1-18

⁷⁷ Han, Y. J. (2015). *Analysis of essential patent portfolios via bibliometric mapping: an illustration of leading firms in the 4G era*. Technology Analysis & Strategic Management, 27(7), 809-839.

⁷⁸ De Marco, A. (2017). *THREE ESSAYS ON MARKETS FOR TECHNOLOGY, PATENT TRANSACTIONS*, Prof. Fabio Montobbio Vilfredo Pareto Doctorate in Economics Università di Torino.

⁷⁹ Bekkers R., Henkel J., Tur E. M., Van der Vorst T., Driesse M., Kang B., Martinelli A., Maas W., Nijhof B., Raiteri E., Teubner L. (2020), *Pilot Study for Essentiality Assessment of Standard Essential Patents*, Nikolaus Thumm Editore

6. Dati e metodologia

6.1 Fonti, raccolta e pulizia dei dati

La tesi si pone l'obiettivo di valutare lo stato di sviluppo della quinta generazione di reti mobili attraverso l'analisi di un dataset di brevetti essenziali. Il reperimento di tali SEP è avvenuto tramite la piattaforma ETSI⁸⁰.

L'ente di standardizzazione europeo, come precedentemente accennato, oltre ad essere un riferimento a livello europeo e globale per l'applicazione degli standard, dispone anche di un database di brevetti pubblici, essenziali e non, legati al settore telecomunicazioni. Data la grande quantità di progetti inclusa nella selezione ETSI (come mostrato in figura, 861 totali), tale database è utilizzato da imprese ed esperti del settore al fine di condurre analisi e prendere importanti decisioni strategiche.

La piattaforma è organizzata in due sezioni principali:

- *Declaration*, che consente di cercare *IPR Declarations* attraverso l'applicazione di alcuni filtri. Tale sezione non è stata utilizzata ai fini di questo elaborato;
- *Reporting*, da cui si accede a *Dynamic Reporting*.



Figura 12 - Dashboard ETSI
Fonte: ETSI

Da *Dynamic Reporting* è possibile selezionare, attraverso *query* di ricerca, il campione di brevetti. Infatti, questa sezione permette di scaricare il contenuto delle dichiarazioni. La schermata di selezione permette di impostare la ricerca spuntando diversi campi, come da immagine seguente:

1. *ETSI Projects*. Questa voce permette di selezionare le *declarations* appartenenti solo ai progetti di interesse. Quest'ultimi vanno selezionati manualmente, ma è possibile velocizzare l'operazione inserendo delle parole chiave nel campo di ricerca. In questo caso la scelta è ricaduta sulla dicitura "5G", per visualizzare solamente i progetti inerenti alla quinta generazione. Da questa prima selezione, attraverso una puntuale analisi delle voci, si è proceduto attraverso l'eliminazione di alcuni progetti che avrebbero potuto fuorviare l'analisi. Il progetto "3GPP" è stato escluso poiché avente confini di progettualità troppo ampi rispetto alla quinta generazione. Sono però stati inclusi i progetti, più puntuali, "3GPP Release 15", "3GPP Release 16", "3GPP 5G" e "3GPP 5G NR".
2. *Standards*, che permette di selezionare specifici *Technical Report (TR)* e *Technical Specification (TS)*. In questo caso si è deciso di non selezionare alcuno standard specifico, ma si è spuntata la voce "*Published Standards only*", in modo da selezionare esclusivamente TS e TR pubblicate;
3. *Declarant Company*. Tramite questo campo è possibile includere solo alcune aziende nella selezione. Nel caso specifico si è scelto di non applicare alcuna selezione e includere quindi tutte le imprese;

⁸⁰ ETSI IPR ONLINE DATABASE. Disponibile da <https://ipr.etsi.org/>

4. *Patent Office*. Anche in questo caso, nessuna selezione specifica, in modo da includere tutti gli uffici brevetto;
5. *Applicant/Inventor*;
6. *Patent family*;
7. *Patent*;
8. *Declaration Date*. In modo da includere la totalità dei brevetti non sono state inserite alcune date nei campi "From" e "To";
9. *Essentiality state as declared by declarer*. Data la scelta di utilizzare i SEP per l'analisi di questo elaborato è stata spuntata la voce "Essential".

Select fields	Filters		
<input checked="" type="checkbox"/> 1	ETSI Projects	Projects	Project <input type="text" value="Project"/> Add
<input checked="" type="checkbox"/> 2	Standards	WorkItem/Standards 3gppSpecification and versions	Reference Number Title Version Add
		Keywords	artificial intelligence - - ASCI - Advanced Speech Call Items ASIC - Associated Signature Containers ASN.1 - Abstract Syntax Number one
		<input checked="" type="checkbox"/> Published Standards only	
		<input type="checkbox"/> Standards without specific version no.	
<input checked="" type="checkbox"/> 3	Declarant Company		3COM Corporation 3G Licensing 3G Licensing SA
<input checked="" type="checkbox"/> 4	Patent office	Countries	AU - AUSTRALIA BR - BRAZIL CA - CANADA CN - CHINA
		Organisations	AP - African Regional Industrial Property Organization EA - Eurasian Patent Office EP - European Patent Office GC - Cooperation Council for the Arab states of the Gt
<input checked="" type="checkbox"/> 5	Applicant / Inventor		
<input checked="" type="checkbox"/> 6	Patent family		
<input checked="" type="checkbox"/> 7	Patent	Patents	Patents Add
	Declaration Date	From	<input type="text"/> To <input type="text"/>
	Essentiality state as declared by declarer:	<input checked="" type="checkbox"/> Essential	<input type="checkbox"/> Non-essential
<input type="button" value="Submit"/>			

Figura 13 - Pagina di impostazione della query nella sezione Dynamic Reporting di ETSI
Fonte: ETSI

ETSI, come risultato della *query*, produce una pagina di riepilogo e permette di scegliere le modalità con cui ricevere il campione selezionato. Nel caso specifico è stata scelta la modalità via mail in formato .csv, con delimitatore “;”.

Inoltre, la piattaforma permette di selezionare ulteriori dati aggiuntivi di dettaglio per le dichiarazioni. Come da figura, si è scelto di selezionare:

- *IPR Disclosure*;
- *Declaration reference*;
- *Declaration date*.

Export query result to CSV

Open CSV file directly in browser

Export CSV file in background

Send notification with download link to email address: *

CSV delimiter:

Export options

- Export of detailed patent information
- Export of detailed declaration information
- Declaration reference
- Declaration date
- IPR Disclosure
- Export of basis patent only

Figura 14 - Pagina di esportazione ETSI
Fonte: ETSI

6.2 I campioni di SEPs

Una volta ricevuto il database ETSI è stato necessario attuare delle operazioni di pulizia per poter ricavare il campione su cui effettuare le operazioni statistiche. Il database iniziale, direttamente ricevuto tramite e-mail, contava 1.048.631 *items*.

Il primo passo è stato quello di eliminare i duplicati, per la precisione 337.909 osservazioni, ottenendo quindi un *dataset* di 710.722 *items*. A questo punto, si è deciso di eliminare gli standard non rientranti nella classificazione TS e TR. Sono quindi stati eliminate le voci aventi come prefisso allo standard *European Norm* (EN), e *Group Specification* (GS).

Di seguito, la lista specifica degli *items* eliminati.

Progetti ETSI	Standard	Impresa	Titolo
New Radio	EN 303 146-1 v1.2.1	Intel	Multiradio Interface for software reconfiguration
New Radio	GS NFV- IFA 013 v2.1.1	Intel	Techniques related to interface between next generation nodeb central unit and next generation nodeb distributed unit
New Radio	GS NFV- IFA 027 v2.4.1	Intel	Layer 1 indication interval of out in-sinc for new radio. Radio link monitoring
New Radio	GS NFV- IFA 027 v2.4.1	Intel	Connection point related performance measurement in a network function virtualization environment
5G	GS ZSM 002 v1.1.1	Nokia	None
5G	GS ZSM 003 v0.16.1	Nokia	None

Tabella 3 - Osservazioni con prefisso EN e GS eliminati dal campione

Infine, sono state eliminate tutte le voci che mancavano del dato *application number* e *patent office* (rispettivamente 2.603 e 12). È stato così ottenuto il primo campione, contante 708.101 elementi. Su tale campione, al fine di rendere più agevoli le successive statistiche, sono poi state effettuate delle operazioni di ri-nominazione.

In tal senso sono quindi state rinominate le variabili, in modo da renderle più esplicative. Per quanto riguarda poi le variabili *companies* e *ETSI projects*, è stata attuata una ri-nominazione puntuale, al fine di rendere più esplicative le voci e raggruppare ove necessario. Di seguito, il risultato delle operazioni effettuate sui progetti ETSI.

Progetto originale	Progetto rinominato
3GPP 5G 5G	5G
3GPP 5G NR	New Radio
3GPP-Release-15 5G Release 15	Release-15
3GPP-Release-16 5G Release 16	Release-16

Tabella 4 - Riepilogo della nuova nomenclatura dei progetti

La variabile standards non ha subito alcun cambiamento, ma è stato il punto di partenza per poter creare due nuove variabili. La prima, standard_2D, ripropone gli standard, questa volta a due digit, ovvero la dicitura TS o TR, seguita dai primi due caratteri della serie (caso eccezionale TS102, unico standard a 3 digit). In questo modo è stato possibile evidenziare le grandi famiglie di standard di appartenenza dei brevetti impiegati in questa analisi. Di seguito ne viene riportato l'elenco dettagliato, corredato da breve descrizione.

Specifiche tecniche	Descrizione di alto livello
TS38	Radio technology beyond LTE
TS36	LTE (Evolved UTRA), LTE-Advanced, LTE-Advanced Pro radio technology
TS23	Technical realization ("stage 2")
TS26	CODECs
TS25	Radio aspects
TS24	Signalling protocols ("stage 3") - user equipment to network
TS45	Radio aspects
TS33	Security aspects
TS37	Multiple radio access technology aspects
TS29	Signalling protocols ("stage 3") - intra-fixed-network
TS44	Signalling protocols ("stage 3") - user equipment to network
TS43	Technical realization ("stage 2")
TS22	Service aspects ("stage 1")
TS32	OAM&P and Charging
TS46	CODECs
TS31	Subscriber Identity Module (SIM / USIM), IC Cards. Test specs.
TS28	Signalling protocols ("stage 3") -(RSS-CN) and OAM&P and Charging (overflow from 32.- range)
TS34	UE and (U)SIM test specifications
TS27	Data
TS48	Signalling protocols ("stage 3") -(RSS-CN) and OAM&P and Charging (overflow from 32.- range)
TS21	Requirements
TS35	Security algorithms (3)
TS102	Service aspects ("stage 1")

Tabella 5 - Lista delle specifiche tecniche corredate da descrizione di alto livello

La seconda variabile discendente da standards è standards_upd, che ha permesso di creare un secondo campione su cui effettuare le analisi. In particolare, tramite sito 3GPP, è stato possibile risalire ad una lista di specifiche inerenti al 5G. La piattaforma fornisce uno strumento di ricerca⁸¹, che è stato utilizzato come illustrato nella figura sottostante ed ha generato una lista di 760 specifiche (TS e TR). Sono state spuntate entrambe le voci *Technical Standard* e *Technical Report*, ed è stata selezionata esclusivamente la quinta generazione.

The screenshot shows the 3GPP Portal search interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Directory', 'Browse FTP', and 'Help'. Below this is a message: 'This site is 3GPP working area. Log in to access full features. For general information go to the public site www.3gpp.org'. The main search form is titled 'Search form (Releases(25))' and includes the following filters:

- Title/Specification number:** Text input field.
- Series:** Dropdown menu.
- Type:** Checkboxes for 'Technical Specification (TS)' and 'Technical Report (TR)', both of which are checked.
- Release:** Dropdown menu set to 'All Releases'.
- Publication:** Checkboxes for 'Internal' and 'For Publication', both unchecked.
- Technology:** Checkboxes for '2G', '3G', 'LTE', and '5G', with '5G' checked.
- Status:** Checkboxes for 'Draft', 'Under change control', 'Withdrawn before change control', and 'Withdrawn under change control', all unchecked.

A 'Search' button is located at the bottom right of the form. The page also shows a 'Login' section with fields for 'Username' and 'Password', and a 'Remember login' checkbox.

Figura 15 - Strumento di selezione delle TS e TR fornito da 3GPP
Fonte: 3GPP

A questo punto, partendo dalla colonna standard_upd del campione principale, attraverso il comando *merge* di Stata, sono stati filtrati solamente gli item corrispondenti alle TS e TR contenute nella lista specifica generata dalla ricerca del sito 3GPP ed è stato creato il secondo campione.

Tale campione è costituito da 352.012 osservazioni. La scelta di utilizzare i due campioni è dettata dal fatto che è risultato subito evidente come il secondo fosse molto meno popoloso rispetto al primo. Inoltre, grazie alla lista di specifiche di cui sopra ed alla creazione di apposite *dummy*, che indicassero puntualmente la trasversalità o la specificità del singolo standard, è stato possibile condurre analisi più approfondite sui brevetti. D'ora in avanti questo secondo campione verrà definito come campione ridotto.

⁸¹ 3GPP. *Specifications*. Disponibile da <https://portal.3gpp.org/Specifications.aspx>

7. Statistiche descrittive

A seguito della pulizia del campione, descritta nel capitolo appena concluso, sono state svolte alcune analisi descrittive, le cui evidenze sono riportate di seguito.

Le analisi sono state svolte in maniera predominante sul campione esteso, ma alcune statistiche sono state effettuate anche sul campione ridotto. Se non diversamente riportato, i risultati si rifanno al campione più popoloso, ovvero il primo.

7.1 Analisi sugli anni

Innanzitutto, è stata analizzata la distribuzione dei brevetti per primo anno di dichiarazione.

Anno	Quota percentuale dei brevetti per primo anno di dichiarazione
Anni precedenti	7% (6.608)
2018	24% (22.908)
2019	45% (42.420)
2020	24% (22.557)
Totale	100% (94.493)

Tabella 6 - Numero di brevetti per anno di dichiarazione

La quota percentuale di brevetti per primo anno di dichiarazione, inserita in tabella, mostra come la maggior parte del campione (93%) si distribuisca sul triennio 2018-2020 (rispettivamente 24%, 45% e 24%).

Il primo anno in cui si nota un'evidente crescita nel numero di dichiarazioni brevettuali all'ETSI è il 2018. Questo dato non sorprende, considerando che il rilascio anticipato della *Release 15*, come già discusso, è avvenuto a cavallo tra il 2017 ed il 2018.

Il 2019, come da grafico sottostante, rispecchia il picco di depositi di SEP. In tale anno si giunge quasi ad un raddoppio del numero di dichiarazioni, passando da 22.908 a 42.420 brevetti dichiarati.

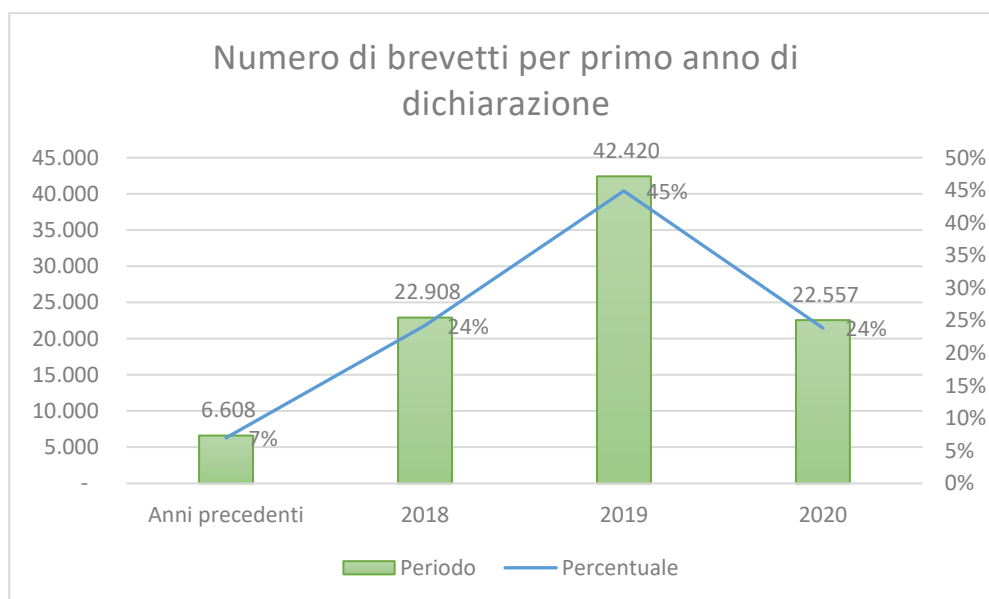


Figura 16 – Distribuzione dei brevetti per primo anno di dichiarazione

Sempre considerando il grafico, sembrerebbe che il 2020 sia un anno di decrescita (il numero di domande di brevetto depositate cala infatti a 22.557). I dati relativi a questa annata sono però da interpretarsi con le dovute precauzioni. Infatti, considerando che l'estrazione dalla piattaforma ETSI è avvenuta nell'ultimo trimestre dell'anno, i dati relativi al 2020 potrebbero non essere completi.

Data l'elevata incidenza di brevetti dichiarati all'ETSI nel triennio 2018-2020, si è provveduto ad un'analisi più approfondita di questo periodo, come riportato di seguito.

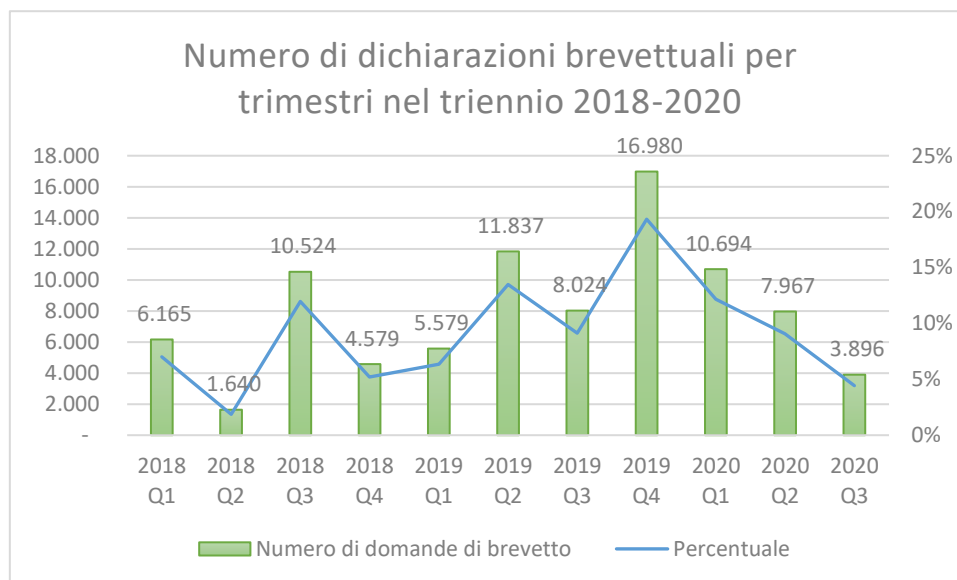


Figura 17 - Distribuzione delle dichiarazioni brevettuali per trimestri dal 2018 al 2020

Da grafico sono presenti alcuni picchi che trovano spiegazione nella schedulazione dei progetti costituenti il campione. In particolar modo, si tratta delle versioni 15 e 16.

La *Release 15*, seppur rilasciata formalmente a giugno 2018, ha avuto diversi rilasci nel biennio 2018-2019. In particolar modo, quest'ultimi vengono categorizzati come segue:

- Rilascio anticipato, a cavallo tra l'ultimo trimestre del 2017 ed il primo trimestre del 2018, che spiegherebbe il valore di 6.165 brevetti del primo trimestre del 2018.
- Rilascio principale, avvenuto a partire dal secondo e terminato nell'ultimo trimestre del 2018. Tale periodo copre effettivamente il rilascio ufficiale della *Release 15*. Non sorprende quindi il picco registrato nel terzo trimestre dell'anno (10.524 dichiarazioni).
- Rilascio tardivo. Quest'ultimo tratta argomentazioni legate ad architetture di migrazione aggiuntive⁸² ed è avvenuto nel secondo trimestre del 2019, che, come da grafico, registra una buona quantità di brevetti (11.837).

A cavallo tra la fine del 2019 e l'inizio del 2020, in previsione del rilascio a metà 2020 della *Release 16*, comincia la domanda di deposito brevettuale per tale progetto. Anche in questo caso, tale schedulazione trova evidenza nell'elevata incidenza di dichiarazioni nell'ultimo trimestre 2019 (16.980 dichiarazioni brevettuali) e nel primo trimestre del 2020 (10.694 dichiarazioni brevettuali).

⁸² 3GPP, *RAN adjusts schedule for 2nd wave of 5G specifications*. Disponibile da https://www.3gpp.org/news-events/2005-ran_r16_schedule

7.2 Analisi sui progetti

Una volta valutato l'andamento delle dichiarazioni brevettuali negli anni, risulta interessante valutarne la suddivisione rispetto ai progetti selezionati.

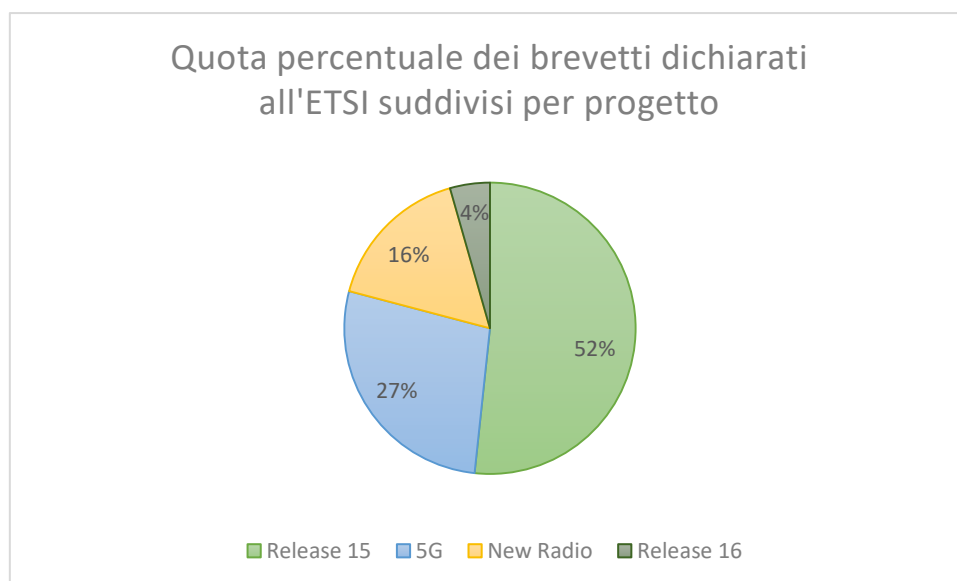


Figura 18 - Quota percentuale dei brevetti dichiarati all'ETSI, suddivisi per progetto

I rilasci 15 e 16 sono i progetti ufficiali di sviluppo 5G, ad opera di 3GPP. Per i progetti 5G e *New Radio*, invece, non sono state trovate evidenze di schedulazioni, se non il fatto che *New Radio* sia stato lanciato a fine 2017, ma è presumibile che si sviluppino in accordo con le Release 15 e 16.

Come riportato dal grafico a torta, il progetto che detiene più della metà quota di brevetti dichiarati (52%) è la *Release 15*, anche definita come Fase 1 del 5G. La sua elevata incidenza è dovuta a due motivazioni:

- il progetto è, ad oggi, concluso. Per questo motivo le sue tematiche sono state ampiamente sviluppate;
- la *Release 15* include standard di generazioni precedenti. Infatti, l'obiettivo del progetto è quello di integrare il 5G con le preesistenti reti LTE, arrivando a coprire anche sistemi autonomi 5G.

Al contrario, la *Release 16*, anche detta Fase 2 del 5G, è stata rilasciata solo di recente, a giugno 2020. Per i motivi sopra citati, questo dato è quindi da leggersi con cautela, perché potrebbero mancare delle importanti contribuzioni. Trovandosi ancora ad uno stadio iniziale e potendo mancare di alcuni preziosi dati, non sorprende che il progetto risulti il meno contribuito tra i quattro.

I progetti *New Radio* e 5G presentano delle buone contribuzioni, rispetto al campione totale (rispettivamente il 16% ed il 27%). *New Radio* è un progetto molto specifico, che tratta la tematica della tecnologia di accesso radio (RAT), ovvero il metodo di connessione fisica sottostante per una rete di comunicazione radio. Questo progetto, come anticipato nei paragrafi precedenti, è stato lanciato verso la fine del 2017, ma, come vedremo a breve, la sua elaborazione è attualmente in corso. Seppur non ci siano evidenze certe riguardo al progetto 5G, data la sua nomenclatura, sembrerebbe includere tematiche legate a diversi aspetti della quinta generazione di reti mobili.

Di seguito viene fornita evidenza della distribuzione dei brevetti per anno di dichiarazione, suddivise tra progetti.

Progetto	Anni precedenti	2018	2019	2020	Totale
5G	0% (19)	28% (8.525)	29% (8.873)	43% (13.211)	30.628
New Radio	4% (722)	4% (796)	68% (12.433)	24% (4.449)	18.400
Release 15	10% (5.863)	34% (19.530)	45% (25.786)	11% (6.565)	57.744
Release 16	0% (4)	2% (88)	30% (1.506)	68% (3.346)	4.944
Totale	6.608	28.939	48.598	27.571	111.716

Tabella 7 - Distribuzione dei brevetti per progetto e per anno di dichiarazione

La percentuale indica la quota di brevetti sulla contribuzione totale del progetto, ed è quindi calcolata rispetto al totale di riga.

La *Release 15*, in accordo con i tre rilasci prima citati, si sviluppa particolarmente nel biennio 2018-2019. Data la sua conclusione, non sorprende la sua scarsa contribuzione nell'ultimo anno (11%).

I progetti *5G* e *Release 16* hanno quote particolarmente elevate (43% e 68%) nel 2020. Il dato, in questo senso, evidenzia come questi due progetti abbiano appena cominciato a svilupparsi. Come anticipato, il deposito di brevetti legato alla *Release 16* comincia a cavallo tra la fine del 2019 e l'inizio del 2020 e, a supporto di questa evidenza, anche il 2019 ha un numero di dichiarazioni non trascurabile, che concorre ad un 30% dei SEP costituenti il progetto.

New Radio, invece, detiene una piccola quota (4%) in anni antecedenti il 2018, ma il vero picco di brevetti è nel 2019. Questo dato sembra supportare l'ipotesi che tale progetto si sviluppi parallelamente alle tematiche dei rilasci 15 e 16, che detengono entrambe obiettivi legati alla tematica del nuovo accesso radio.

7.3 Analisi sulla distribuzione dei SEP nel mondo

7.3.1 Analisi sulle imprese

È ora doveroso porre l'attenzione sulle imprese, ovvero coloro che richiedono la brevettazione dell'innovazione e dichiarano i SEPs all'ETSI.

Le imprese costituenti il campione sono, in totale, 51. Nella tabella di seguito riportata vengono esplicitate le prime quindici, mentre le restanti, contribuenti con appena il 9% delle domande di brevetto del database, rientrano sotto la categoria Altro.

Impresa	Numero di dichiarazioni brevettuali	Percentuale	Cumulata
Qualcomm	19.936	21%	21%
Nokia	14.021	15%	36%
Samsung	10.662	11%	47%
Interdigital	8.784	9%	56%
NTT Docomo	7.269	8%	64%
ZTE	5.928	6%	70%
Ericsson	3.394	4%	74%
Intel	3.280	3%	77%
Sharp	2.785	3%	80%
CAT Telecom	2.452	3%	83%
LG Electronics	2.281	2%	85%
Alcatel Lucent	1.795	2%	87%
Xiaomi	1.296	1%	88%
NEC	1.224	1%	90%
Vivo Mobile Comm.	1.139	1%	91%
Altro	8.764	9%	100%
Totale	95.010	100%	

Tabella 8 – Numero di dichiarazioni brevettuali per impresa

I top 15 rappresentano, come evidenziato dall'ultima colonna, il 91% del mercato. L'impresa statunitense Qualcomm è la capofila (19.936 domande di brevetto), seguita da Nokia e Samsung (rispettivamente 14.021 e 10.662).

Per quantificare la concentrazione delle quote dei SEP considerati sono stati calcolati i seguenti indici di concentrazione:

- indici C3 e C5, calcolati come sommatoria delle quote appartenenti rispettivamente alle prime 3 e alle prime 5 imprese. L'indice C3 è pari al 47%, mentre il C5 è pari al 64%;
- Indice di Herfindal-Hirschman (HHI) viene invece calcolato come somma dei quadrati delle quote di tutte le imprese presenti nel campione. Tale indice ha un valore di 0,1027 ed è in linea con l'HHI di LTE, la generazione precedente, con un valore di 0.079⁸³.

⁸³ Federico Caviggioli, Antonio De Marco, Francesco Rogo, Giuseppe Scellato (2016). *Patenting strategies and characteristics of declared inventions in the long term evolution standard*.

Tale statistica è stata replicata anche sul campione ridotto, considerando solamente i brevetti specifici del 5G, definiti come SEP *only* 5G. Questo implica il fatto che i brevetti rientranti in questa categoria trattino solamente specifiche tecniche legate alla quinta generazione di reti mobili. In questo caso, le imprese di tale sotto campione sono 45. Di seguito vengono riportate, similmente a quanto sopra, le prime 15 imprese, mentre le restanti 30 rientrano sotto la categoria Altro.

Impresa	Dichiarazioni di brevetto Only 5G	Percentuale
Qualcomm	14.862	23%
Samsung	7.667	12%
Nokia	6.988	11%
Interdigital	5.296	8%
ZTE	4.100	6%
NTT Docomo	3.729	6%
Intel	3.255	5%
Sharp	2.721	4%
CAT Telecom	2.429	4%
Ericsson	2.322	4%
LG Electronics	1.924	3%
Alcatel Lucent	1.560	2%
Vivo Mobile Communication	1.139	2%
ETRI	960	1%
Xiaomi	903	1%
Altro	6.049	9%
Totale	65.904	100%

Tabella 9 – Dichiarazioni di brevetto per impresa (campione ridotto only 5G)

Non si notano grosse differenze rispetto al campione principale. Le prime tre posizioni, rappresentati i principali continenti del campione, come vedremo a breve, non variano.

È interessante notare, invece, come Ericsson, più volte citata nei paragrafi precedenti e sicuramente protagonista fin dagli albori del 1G, perda posizioni in classifica, a favore di altre imprese, come Intel e Sharp, emerse solo con il 3G. Questa evidenza porta a ipotizzare che la tecnologia 5G risulti innovativa a tal punto da favorire le imprese con conoscenze relativamente recenti per quanto riguarda la comunicazione radio, mentre penalizzi imprese più storiche.

Più interessante è invece l'analisi, sempre svolta sul campione ristretto, che permette di osservare le imprese che dichiarano brevetti trasversali. Questa nomenclatura è riservata ai brevetti che trattano specifiche tecniche focalizzate su 2G, 3G, 4G e 5G contemporaneamente.

Impresa	Dichiarazioni di brevetto trasversali	Percentuale
Nokia	1.314	44%
Qualcomm	469	16%
NEC	347	12%
Blackberry	296	10%
Interdigital	215	7%
Ericsson	113	4%
NTT Docomo	46	2%
ZTE	29	1%
Microsoft	28	1%
Alcatel Lucent	26	1%
Deutsche Telekom	23	1%
Samsung	20	1%
Mediatek	18	1%
Lenovo	13	0%
Spreadtrum Communications	9	0%
Altro	18	1%
Totale	2.984	100%

Tabella 10 - Dichiarazioni di brevetto per impresa (campione ristretto di brevetti trasversali)

In questo caso la situazione cambia notevolmente. Innanzitutto, il numero di imprese che tratta così tante generazioni contemporaneamente è notevolmente basso: vi sono 19 imprese totali. Questa evidenza sembra implicare il fatto che non tutte le imprese dispongano di conoscenze tali da poter trattare specifiche tecniche che racchiudano tutte le generazioni di reti mobili prima citate.

In tabella vengono riportate le prime 15, mentre le rimanenti 4 sono accorpate sotto la nomenclatura Altro.

Per le prime due posizioni non vi sono grosse sorprese: Qualcomm e Nokia rimangono sui primi gradini del podio. Samsung, che nelle altre due statistiche svolgeva un importante ruolo, è invece surclassata da altri attori. Sorprendente, in particolare, l'ascesa dell'impresa nipponica NEC e della canadese Blackberry (rispettivamente 12% e 10% del campione), al terzo e quarto posto.

Non sorprendentemente, le imprese citate nell'analisi precedente, Sharp e Intel, non rientrano in classifica, mentre Ericsson riprende le posizioni perse.

Tornando all'analisi del campione principale, una volta individuato il Paese ed il continente di appartenenza dell'impresa, è stato possibile evidenziare quali fossero i mercati di riferimento per la tecnologia 5G.

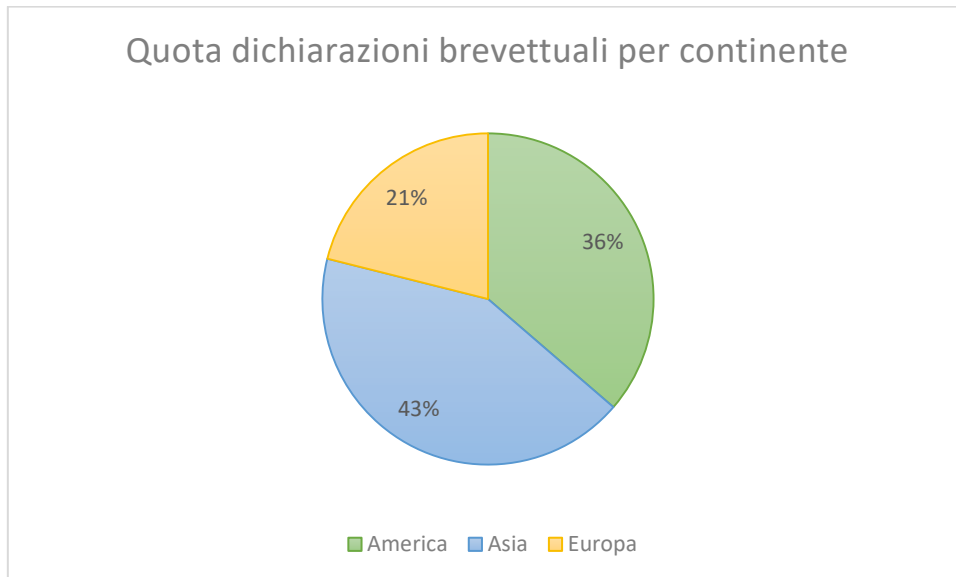


Figura 19 - Quota dichiarazioni brevettuali per continente

Come da grafico a torta, risulta evidente come l'Asia giochi un ruolo fondamentale nell'implementazione della nuova generazione, concorrendo con il 43% dei brevetti del campione totale, seguito dall'America (36%) e dall'Europa (21%). Nel continente europeo rientrano tutti i Paesi facenti parte della comunità europea, ma anche Svizzera, Regno Unito e Turchia.

Viene poi riportata la mappa con evidenze sui singoli Stati. La contribuzione dei Paesi viene indicata tramite diversa intensità di colore: a colori più intensi corrisponde, come da legenda, numero di domande di brevetto maggiore.



Figura 20 - Mappa della distribuzione dei brevetti

Si nota, a colpo d'occhio, che, pur essendo il mercato asiatico il continente di riferimento, il Paese a maggior contribuzione di brevetti sono gli Stati Uniti d'America. Il continente americano, ad esclusione di USA e Canada, manca completamente di altre contribuzioni, in quanto non vi sono imprese appartenenti al sud America. Altre mancanze evidenti riguardano il continente africano e l'Oceania.

Se ne può quindi concludere che, seppur gli Stati Uniti d'America siano il Paese a maggior contribuzione di domande brevettuali, presumibilmente grazie a Qualcomm, il vero e proprio territorio di riferimento sia quello asiatico. Il mercato pare infatti più sviluppato, dato il gran numero di imprese, seppur con contribuzioni più modeste, appartenente ai diversi Stati asiatici.

Infine, le imprese sono state accorpate per settore di appartenenza. In particolare, sono stati individuati:

- Produttori di telefoni;
- Produttori hardware. Con hardware, in questo caso, si intendono principalmente chipset e semiconduttori;
- Produttori software;
- Enti di ricerca;
- Gestori IPR.

Queste ultime due categorie, data la scarsa incidenza nelle imprese costituenti il campione, sono state accorpate sotto la categoria Altro.

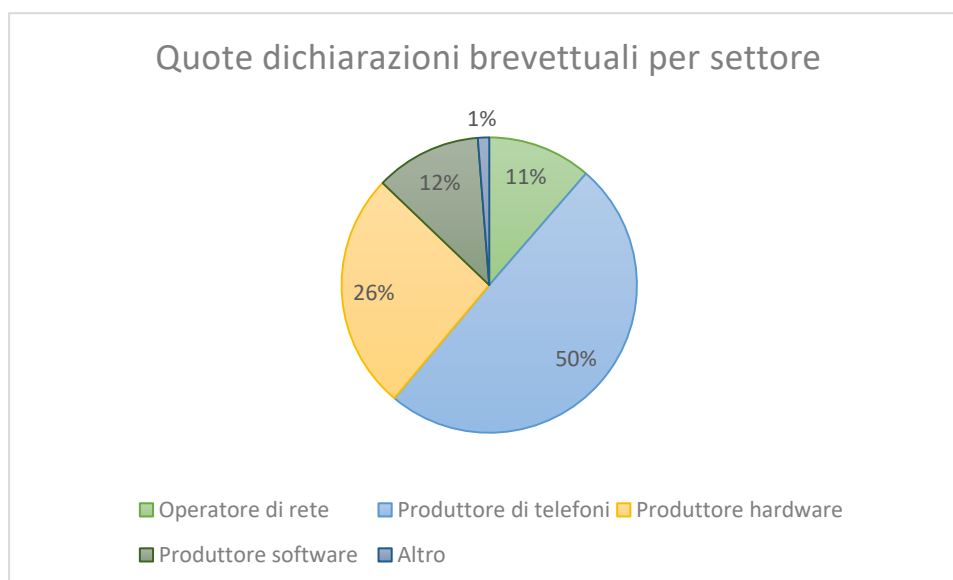


Figura 21 - Quota di dichiarazioni brevettuali per settore

Dal grafico si nota come i produttori di smartphone contribuiscano a metà delle dichiarazioni brevettuali all'ETSI, seguiti da produttori hardware (26%), produttori software e operatori di rete, quasi alla pari (rispettivamente 12% ed 11%).

Il 5G ha ed avrà impatti su molti settori, ma le evidenze sembrano rimarcare l'importanza che hanno avuto negli anni i produttori di telefonia, trascinando l'avanzamento tecnologico nelle varie generazioni.

La grande incidenza dei produttori di hardware potrebbe essere ricondotta alla natura dell'innovazione, in questo caso radicale. Questa evidenza comporta una completa evoluzione

infrastrutturale che potrebbe determinare, per questa categoria, un impegno anticipato rispetto ad altri settori.

Di seguito viene quindi indagata questa ipotesi, attraverso la tabella contenente la suddivisione dei brevetti per settore di appartenenza e per anno di dichiarazione.

Settore principale	Anni precedenti	2018	2019	2020	Totale
Operatore di rete	0% (17)	11% (1.186)	77% (8.372)	11% (1.231)	10.806
Produttore di telefoni	7% (3.137)	23% (10.694)	36% (17.051)	32% (15.236)	47.257
Produttore hardware	13% (3.121)	44% (11.001)	25% (6.228)	18% (4.388)	24.738
Produttore software	3% (310)	0% (25)	91% (10.028)	6% (669)	11.032
Altro	2% (23)	3% (34)	17% (201)	78% (919)	1.177
Totale	6.608	22.940	41.880	22.443	95.010

Tabella 11 - Distribuzione dei brevetti per settore ed anno di dichiarazione

Le percentuali si riferiscono alla quota annua dell'impresa rispetto al totale di riga.

A supporto della precedente ipotesi, i produttori hardware, anticipano gli altri settori, depositando una significativa percentuale di brevetti (13%) tra il 2000 ed il 2017. Inoltre, rispetto al biennio 2019-2020, condensano buona parte delle proprie domande brevettuali (44%) nel 2018.

Seppur in maniera minore, anche i produttori di telefonia seguono tale tendenza: essi infatti depositano un 7% dei propri brevetti tra il 2000 ed il 2017, per poi suddividere in maniera omogenea i rimanenti SEP nell'ultimo triennio.

Gli operatori di rete e i produttori di software, invece, condensano i propri depositi brevettuali a partire dal 2019, quando le innovazioni in campo hardware (sia in senso stretto, sia in riferimento alla telefonia) sono ormai consolidate. Queste evidenze non sorprendono, considerando che l'innovazione radicale del 5G ha avuto impatti inizialmente a livello infrastrutturale e poi in ambito software.

7.3.2 Analisi degli uffici brevetto

Si passa ora all'analisi degli uffici ove le imprese depositano i brevetti.

Ufficio brevetti	Dichiarazioni di brevetto	Percentuale
WIPO	17.303	18%
USPTO	17.191	18%
CNIPA	15.499	16%
EPO	9.480	10%
JPO	8.072	9%
KIPO	7.115	8%
TIPO	2.932	3%
IP Australia	2.273	2%
INPI	1.906	2%
CIPO	1.818	2%
Rospatent	1.552	2%
OEPM	1.264	1%
IMPI	982	1%
Altro	7.108	8%
Totale	94.495	100%

Tabella 12 – Numero di dichiarazioni di brevetto per ufficio brevetti

In tabella vengono riportati i principali uffici brevetti, in particolare i primi 13 uffici, su un elenco totale di 76, che concorrono al 90% delle dichiarazioni brevettuali del campione totale.

Per completezza si riporta anche una mappa, analoga a quella delle imprese, che grazie alla diversa intensità di colore evidenzia la maggiore incidenza delle domande brevettuali.



Figura 22 - Mappa delle dichiarazioni brevettuali per ufficio brevetto

La distribuzione dei brevetti sembra ricalcare quella delle imprese: gli uffici brevetti asiatici svolgono un ruolo predominante, seguiti da quelli americani ed europei. Tali evidenze portano a confermare il fatto che il mercato di riferimento per la tecnologia 5G sia quello asiatico.

Dalla tabella degli uffici emerge però il WIPO. Tale ufficio fornisce una copertura pressoché globale e non è riconducibile ad alcuno Stato o continente. Nella categoria Altro sono inclusi anche uffici brevetti appartenenti a Oceania ed Africa, visibili dalla mappa. Questi due continenti, come evidenziato dalle analisi precedenti, mancano dalla mappa delle imprese, poiché non ve n'è alcuna appartenente ai territori citati.

Si può quindi ipotizzare che la strategia delle imprese sia quella di estendere la copertura brevettuale anche ad altri continenti e Stati, oltre a quelli di appartenenza. L'ipotesi è supportata, in primis, dalla maggiore presenza numerica degli Stati legati agli uffici brevettuali, rispetto a quelli delle imprese stesse. Questa è una delle strategie atte a consolidare ed aumentare le proprie quote di mercato, oppure per tentare la penetrazione in nuovi mercati.

La stessa ipotesi sembra essere confermata dalla distribuzione delle dichiarazioni all'ETSI negli anni, per ufficio brevetto.

Ufficio brevetti	Anni precedenti	2018	2019	2020
WIPO	13% (870)	16% (3.680)	18% (7.769)	22% (4.984)
USPTO	11% (708)	16% (3.760)	19% (7.894)	21% (4.829)
CNIPA	12% (766)	16% (3.584)	18% (7.500)	16% (3.649)
EPO	9% (580)	11% (2.424)	10% (4.102)	11% (2.374)
JPO	10% (672)	9% (1.967)	8% (3.479)	9% (1.954)
KIPO	5% (342)	6% (1.484)	9% (3.773)	7% (1.516)
TIPO	3% (197)	4% (869)	4% (1.509)	2% (357)
IP Australia	6% (415)	3% (671)	2% (857)	1% (330)
INPI	4% (250)	2% (567)	2% (769)	1% (320)
CIPO	3% (208)	2% (525)	2% (796)	1% (289)
Rospatent	2% (107)	2% (495)	2% (682)	1% (268)
OEPM	3% (189)	2% (416)	1% (424)	1% (235)
IMPI	1% (49)	1% (285)	1% (505)	1% (143)
Altro	19% (1.255)	10% (2.183)	6% (2.361)	6% (1.309)
Totale	100% (6.608)	100% (22.910)	100% (42.420)	100% (22.557)

Tabella 13 - Distribuzione dei brevetti per anno di dichiarazione all'ETSI e ufficio brevetti

In tabella vengono nuovamente riportati i primi 13 uffici brevetti, questa volta corredati da percentuale. La percentuale, in questo caso, fa riferimento alla colonna, rappresentando la distribuzione dei brevetti nell'anno.

Il WIPO sembra seguire lo stesso andamento dei brevetti per anno di dichiarazione (tabella 6): anche in questo caso il picco di brevetti è ben visibile nel 2019 (7.769), con contribuzioni quasi dimezzate negli anni adiacenti (3.680 nel 2018 e 4.984 nel 2020).

Suddividendo gli uffici brevetti nei continenti di appartenenza, emerge che le distribuzioni delle dichiarazioni di brevetto asiatiche sono costanti negli anni. Si registra un picco in corrispondenza del 2019, ma ciò è spiegabile considerando il rilascio tardivo della Release 15.

Gli uffici brevetti del continente europeo vedono una distribuzione di domande di brevetto decrescente, mentre gli uffici brevetti americani, vedono una distribuzione crescente. Sembra quindi delineata una strategia d'impresa atta a depositare prima i brevetti nel continente europeo e poi in quello americano. L'estensione territoriale del brevetto ha ovviamente un costo per l'impresa, ma la scelta di attuare tale estensione viene operata nell'interesse di crescita dell'impresa stessa, attraverso l'apertura a nuovi mercati.

7.4 Analisi sulle specifiche tecniche

Si passa ora all'analisi delle specifiche tecniche, oggetto dei brevetti. Di seguito una tabella riassuntiva, contenente i primi dieci standard in termini di incidenza brevettuale, corredati da descrizione di alto livello.

Standard	Descrizione	Dichiarazioni di brevetto	Percentuale
Missing	-	94.493	46%
TS38	Radio technology beyond LTE	58.726	29%
TS36	LTE (Evolved UTRA), LTE-Advanced, LTE-Advanced Pro radio technology	21.657	11%
TS23	Technical realization ("stage 2")	10.747	5%
TS24	Signalling protocols ("stage 3") - user equipment to network	4.462	2%
TS25	Radio aspects	3.269	2%
TS26	CODECs	2.623	1%
TS33	Security aspects	2.133	1%
TS37	Multiple radio access technology aspects	2.089	1%
TS29	Signalling protocols ("stage 3") - intra-fixed-network	1.510	1%
TS22	Service aspects ("stage 1")	932	0%
Altro		2.403	1%
Totale		205.044	100%

Tabella 14 - Distribuzione delle dichiarazioni brevettuali per standard

Il numero totale di TS e TR inclusi nel campione è, in realtà, 27. I restanti 17 standard rientrano quindi nella categoria Altro, ma hanno una scarsa incidenza (appena 1%) sul campione totale.

La prima evidenza risulta essere quella di un dato mancante. Il campione registra un'elevata percentuale, circa metà dei brevetti (46%), in assenza di specifica tecnica. Questo è dovuto alla mancanza del dato nelle dichiarazioni delle imprese nei SEP.

Per la parte di campione il cui dato è invece contribuito, si nota come la maggioranza delle domande brevettuali (29%) sia dedicata alla TS38. Quest'ultima è effettivamente una specifica abbastanza generica, che raccoglie, come da descrizione, tutto ciò che rientra nel perimetro post-4G. La seconda TS per contribuzione (11%) è invece una specifica che pare ancora fortemente legata alla generazione precedente, come recita la descrizione di alto livello della TS36. Sembrerebbe quindi che, pur avendo selezionato i dati attraverso la parola chiave 5G e scegliendo attentamente i progetti, il campione contenga un numero elevato di brevetti appartenenti a generazioni precedenti la quinta. Questo dato è spiegabile considerando la *Release 15*, fortemente ancorata alla tecnologia LTE, per permettere un'efficace fusione della tecnologia 5G con le preesistenti reti.

Questa riflessione è altresì confermata da un'analisi analoga, svolta sul campione ridotto. Anche in questo caso, si è deciso di osservare l'incidenza delle dichiarazioni suddivise per standard, per i brevetti *only 5G* e trasversali (dove questa nomenclatura indica brevetti trattanti standard appartenenti contemporaneamente a 2G, 3G, 4G e 5G). Le evidenze emerse sono riportate nella tabella che segue.

Standard	Descrizione	Only 5G	Trasversali
TS38	Radio technology beyond LTE	85% (58.726)	/
TS23	Technical realization ("stage 2")	8% (5.642)	12% (377)
TS24	Signalling protocols ("stage 3") - user equipment to network	3% (1.846)	37% (1.180)
TS33	Security aspects	2% (1.240)	4% (140)
TS29	Signalling protocols ("stage 3") - intra-fixed-network	1% (577)	9% (271)
TS22	Service aspects ("stage 1")	0% (292)	0% (13)
TS26	CODECs	0% (284)	33% (1.034)
TS32	OAM&P and Charging	0% (254)	/
TS28	Signalling protocols ("stage 3") -(RSS-CN) and OAM&P and Charging (overflow from 32.- range)	0% (83)	/
TS27	Data	/	1% (36)
TS31	Subscriber Identity Module (SIM / USIM), IC Cards. Test specs.	/	3% (88)
TR38		0% (1)	/
TR26		/	1% (22)
Totale		100% (68.945)	100% (3.161)

Tabella 15 - Distribuzione dei brevetti only 5G e trasversali per standard (campione ridotto)

Il numero di TS e TR coinvolti si abbassa notevolmente. Questo poiché mancano dall'elenco alcune specifiche che, come prima accennato, si rifanno esclusivamente a generazioni precedenti. L'esempio sicuramente più calzante è quello della TS36 che, pur avendo una buona contribuzione nell'analisi precedente, in questa è completamente assente.

La TS38, corredata dalla TR38, si conferma essere la specifica tecnica 5G per eccellenza: la sua intera contribuzione è dovuta a brevetti *only 5G*, che trattano quindi solo ed esclusivamente tecnologie di quinta generazione. Altri standard specifici del 5G, seppur con scarsa contribuzione (rispettivamente 254 e 83 domande di brevetto), sono TS32 e TS28, che trattano di attività, processi e strumenti atti al funzionamento, all'amministrazione e alla manutenzione dei sistemi di quinta generazione.

Osservando il numero totale di brevetti per entrambe le categorie, emerge come i brevetti trasversali siano molto rari rispetto a domande di brevetto specifiche del 5G (3.161 vs 68.945 domande di brevetto). Questa osservazione potrebbe essere spiegata dal fatto che l'innovazione tecnologica per questa generazione è radicale, come ampiamente discusso nei capitoli precedenti. Le imprese potrebbero quindi trovarsi in difficoltà nel possedere conoscenze che coprano tutte le generazioni, così differenti tra loro. Effettivamente la maggior contribuzione per il sotto campione di brevetti trasversali è dovuta alla TS33, che tratta tematiche di codifica, utilizzate da tutte le generazioni, seppur in maniera differente.

Tornando ora al campione principale, si è voluta indagare la distribuzione delle dichiarazioni brevettuali, appartenenti alle specifiche tecniche, negli anni.

Standard	Descrizione	Anni precedenti	2018	2019	2020
.	-	46% (6.608)	47% (22.908)	44% (42.420)	49% (22.557)
TS38	Radio technology beyond LTE	5% (722)	35% (16.999)	28% (26.813)	31% (14.192)
TS36	LTE (Evolved UTRA), LTE-Advanced, LTE-Advanced Pro radio technology	8% (1.199)	5% (2.650)	16% (14.831)	6% (2.977)
TS23	Technical realization ("stage 2")	4% (613)	5% (2.525)	5% (4.924)	6% (2.685)
TS24	Signalling protocols ("stage 3") - user equipment to network	2% (286)	2% (1.050)	2% (2.216)	2% (910)
TS25	Radio aspects	20% (2.853)	0% (157)	0% (200)	0% (59)
TS26	CODECs	3% (391)	1% (514)	1% (1.083)	1% (635)
TS33	Security aspects	0% (21)	2% (798)	1% (570)	2% (744)
TS37	Multiple radio access technology aspects	0% (8)	1% (448)	1% (1.014)	1% (619)
TS29	Signalling protocols ("stage 3") - intra-fixed-network	1% (107)	1% (458)	1% (595)	1% (350)
TS22	Service aspects ("stage 1")	0% (49)	0% (24)	1% (496)	1% (363)
Altro		10% (1.494)	0% (127)	0% (373)	1% ()
Totale		100% (14.351)	100% (48.658)	100% (95.535)	100% (46.500)

Tabella 16 - Distribuzione dei brevetti per anno di dichiarazione e standard

La percentuale riportata si riferisce al totale di colonna. In questo modo è possibile osservare la distribuzione dei brevetti negli anni, confrontata tra TS.

Come da copione, rispetto a quanto detto prima, la TS38 accusa una scarsa dichiarazione brevettuale (appena il 5%) negli anni 2000-2017, mentre si sviluppa notevolmente nel triennio 2018-2020.

Le tematiche maggiormente affrontate negli anni antecedenti al 2018 sono quelli legati alla TS25 (20%), che tratta aspetti di comunicazione tramite onde radio. Questo dato non sorprende, considerando che dal 2000, l'evoluzione dei telefoni cellulari si è fatta sempre più serrata ed ha trainato anche il perfezionamento della comunicazione radio.

La TS36, trattando tematiche fortemente inerenti al 4G, ha una buona contribuzione (16%) nel 2019. Questo dato si spiega considerando che, in tale annata, è avvenuto il rilascio tardivo della Release 15, che affronta tematiche legate alla quarta generazione di reti, in modo da permettere una fusione efficace con il 5G.

Nel tentativo di individuare la specializzazione delle imprese, è stata costruita una matrice di specializzazione con l'indicatore RTA. Tale matrice si ottiene a partire dalla tabella a doppia entrata imprese-TS, i cui valori di cella sono le dichiarazioni brevettuali in capo all'impresa, per specifica TS.

L'indice RTA (*Revealed Technological Advantage*) è solitamente definito come la quota dei brevetti di un'economia in un particolare campo tecnologico rispetto alla quota dei brevetti totali in quella stessa economia. Quando l'indice è uguale o minore di 1 non vi è alcuna specializzazione, contrariamente a quanto accade se l'indice supera il valore dell'unità. In questo caso, si può affermare che l'azienda sia specializzata nel contesto economico studiato.

In questo caso, il calcolo è stato effettuato sul numero di TS e l'indice è stato ricavato tramite il doppio rapporto, di seguito riportato:

$$\frac{(\text{valore cella}/\text{totale riga})}{(\text{totale colonna}/\text{totale})}$$

La matrice ha permesso di osservare che, in linea generale, le imprese specializzate in standard relativamente recenti, come TS38 e TS36, non risultassero specializzate in specifiche tecniche antecedenti, come, per esempio la TS25, e viceversa.

Sempre sfruttando l'indice RTA è stato possibile ricavare delle osservazioni di carattere generale, che non si rifanno al caso della specifica impresa, ma investigano, ad alto livello, le specializzazioni dei settori individuati. Per esempio, è emerso che la maggioranza dei produttori di telefonia e hardware sono specializzati nelle TS36, 37 e 38, che trattano tematiche legate all'accesso radio multiplo e sono standard specifici di 4G e 5G, come dichiarato dalle descrizioni riportate precedentemente. I produttori di software e gli operatori di rete, invece, sono maggiormente specializzati nelle TS 22, 23 e 24, che affrontano tematiche legate ai circuiti di telecomunicazione, all'accessibilità ai servizi ed ai protocolli di segnalazione.

Risulta ora interessante investigare le contribuzioni delle specifiche tecniche dei diversi settori.

Settore	TS38	TS36	TS23	TS24	TS25	TS26	TS33	TS37	TS29	TS22	Altro
Produttore di telefoni	47% (27.888)	48% (10.427)	70% (7.564)	66% (2.977)	71% (2.373)	58% (1.533)	77% (1.633)	40% (827)	79% (1.194)	75% (695)	44% (1.064)
Produttore software	10% (5.982)	16% (3.398)	13% (1.422)	14% (637)	5% (164)	13% (349)	7% (152)	21% (433)	14% (205)	21% (194)	7% (167)
Produttore hardware	30% (17.963)	11% (2.434)	10% (1.123)	13% (589)	22% (744)	27% (716)	12% (264)	29% (603)	5% (75)	3% (25)	47% (1.126)
Operatore di rete	11% (6.208)	25% (5.409)	5% (577)	6% (275)	1% (38)	1% (25)	3% (60)	11% (221)	2% (23)	2% (18)	1% (36)
Altro	2% (1.022)	0% (11)	1% (84)	0% (8)	0% (4)	0% (0)	1% (25)	0% (7)	1% (13)	0% (0)	0% (10)
Totale	100% (59.063)	100% (21.679)	100% (10.770)	100% (4.486)	100% (3.323)	100% (2.623)	100% (2.134)	100% (2.091)	100% (1.510)	100% (932)	100% (2.403)

Tabella 17 - Distribuzione delle dichiarazioni brevettuali per settore e per standard

In tabella viene presentata la distribuzione dei brevetti, per standard, suddivisa ulteriormente per settore di appartenenza dell'impresa. La percentuale si riferisce al totale di colonna, e quindi al totale dei brevetti per specifica tecnica.

La TS38 risulta contribuita maggiormente da produttori di telefoni (47%) e produttori hardware (30%), in accordo con quanto appena evidenziato dalla matrice con indice RTA. Gli operatori di rete contribuiscono a tale standard con solo l'11%, che per essi risulta comunque essere una delle maggiori incidenze se confrontate con quelle degli altri standard.

Il campione dei produttori di telefonia è il più popoloso. Non sorprende quindi che essi risultino essere i maggiori contributori per molti degli standard. Le percentuali di contribuzione risultano però particolarmente elevate in corrispondenza delle tematiche legate alla comunicazione radio (TS25), dove dichiarano circa il 71% dei brevetti. Vi sono poi importanti contribuzioni per quanto riguarda gli aspetti di sicurezza (77% per la TS33), i protocolli di comunicazione per incapsulare la comunicazione (79% per la TS29) e vari aspetti legati all'accessibilità dei servizi (75% per la TS22).

Le TS maggiormente contribuite dai produttori software sono la TS22 e TS23 (rispettivamente 21% e 13%), evidenza in accordo con quanto emerso dalla precedente analisi sulla specializzazione. Anche la TS29 risulta avere un buon numero di domande di brevetto da parte di tali attori del mercato (14%).

Infine, le TS che hanno una buona incidenza di dichiarazioni da parte dei produttori hardware sono, in particolar modo, le TS26 e TS37 (rispettivamente 27% e 29%). La prima tratta vari metodi di codifica (inclusi quelli di passate generazioni, come quella utilizzata per i messaggi, introdotti con GSM), mentre la seconda affronta gli aspetti legati alla tecnologia di accesso multiplo.

Una volta affrontate le tematiche di specializzazione delle imprese e di contribuzione alle singole specifiche tecniche, è ora interessante osservare quale sia mediamente il merito tecnico⁸⁴ dei brevetti.

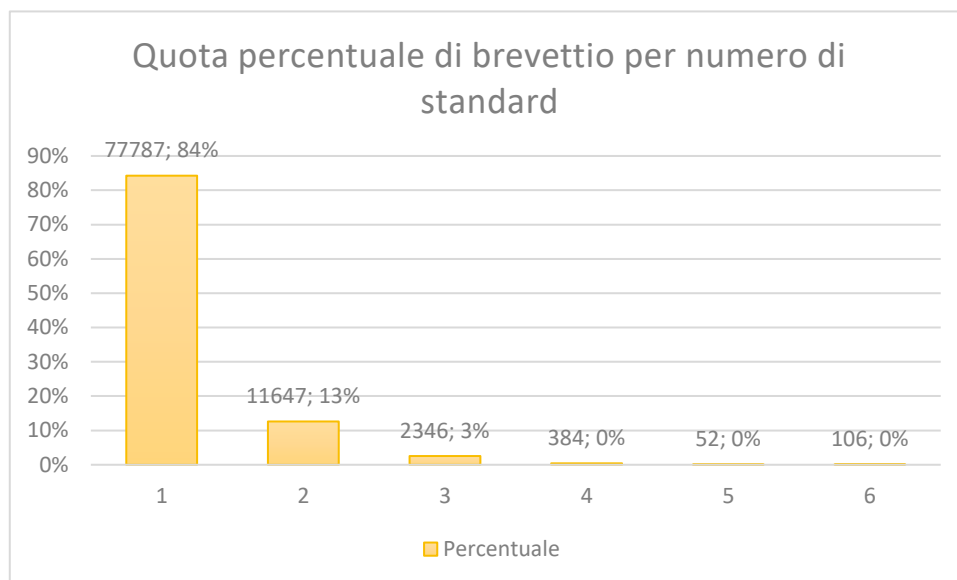


Figura 23 - Numero di standard per brevetto

⁸⁴ Inteso come numero di TS per brevetto

Più della metà del campione totale dei brevetti (84%) è estremamente specifico, concentrandosi su un'unica TS. Il campo di applicazione per questi brevetti è quindi molto ristretto. I brevetti multi-standard coprono, invece, una bassa percentuale del campione (16% circa).

Osservando i dati, si può ipotizzare quindi che, per questa generazione di standard, i brevetti dichiarati dalle imprese tendano a concentrarsi su un'unica specifica tecnica, restringendo quindi il campo applicativo del brevetto.

Le prime tre imprese per numero di brevetti, Qualcomm, Samsung e Nokia contribuiscono a circa la metà dei brevetti (insieme 5.650 su un totale di 11.647) contenenti due specifiche tecniche. Tra loro, però, l'impresa che più in assoluto tende ad allargare il proprio perimetro brevettuale, è Samsung. In particolare, è la maggior detentrica, in termini di numero di brevetti, contenenti 3 e 4 TS, nonché in possesso della quasi totalità dei brevetti con 6 specifiche tecniche (ne detiene 103 su 106 totali).

La maggior parte delle imprese, però, come anticipato, tende a dichiarare brevetti con merito tecnologico più ristretto. Ericsson e Intel sono solo due delle imprese, presenti nelle top 15, che adottano questa strategia, che ben rispecchia la tendenza della totalità del campione.

8. Analisi econometrica

Una volta studiato il campione delle domande di brevetto dichiarate all'ETSI da un punto di vista descrittivo, in questo capitolo vengono presentati e commentati i risultati delle analisi econometriche.

Per questo studio, si è deciso in primo luogo di esaminare l'effetto di alcuni brevetti inclusi nel campione sulla probabilità che questi siano essenziali per l'implementazione dello standard 5G, ed in secondo luogo, l'impatto della dichiarazione all'ETSI sul numero di citazioni ricevute.

Per raggiungere tali obiettivi sono state impiegate diverse tipologie di modelli econometrici. Per quanto riguarda la prima parte di studio e data la natura binaria della variabile dipendente, che rappresenta l'appartenenza dei brevetti al campione dei brevetti essenziali, si è deciso di utilizzare dei modelli logit. Nella seconda parte dell'analisi sono stati impiegati dei modelli tobit e poisson.

Prima di descrivere i risultati dei modelli econometrici, si riportano informazioni puntuali circa la costruzione dei campioni di trattamento e di controllo. I brevetti ottenuti dall'estrazione ETSI sono infatti tutti SEP. Per poter valutare come varia la probabilità che un brevetto venga dichiarato essenziale, è necessario confrontare un campione di SEP, che d'ora in avanti chiameremo principale (campione di trattamento), con un campione di brevetti gemelli, che mancano della caratteristica di essenzialità.

8.1 Campioni di trattamento e di controllo

8.1.1 Costruzione del campione principale

Per la costruzione del campione principale (o dei trattati) si è attinto al campione di brevetti estratto dall'ETSI ed impiegato nelle analisi del capitolo precedente. A partire da tale perimetro è stato individuato un sotto campione di domande brevettuali relativi ad alcuni degli uffici brevettuali più importanti. In particolar modo, sono stati selezionati solamente i brevetti depositati presso gli uffici europeo (EPO), americano (USPTO) e giapponese (JPO), ovvero i principali uffici a livello mondiale⁸⁵.

Il campione principale è costituito da 29.381 domande di brevetto ed è stato arricchito da informazioni di natura bibliografica attraverso il match con il database PATSTAT⁸⁶, che è ormai divenuto un punto di riferimento nel campo delle statistiche brevettuali, dati il numero di record e le autorità incluse nei database. La piattaforma è composta da due database principali:

- PATSTAT Global, che contiene dati bibliografici e giuridici relativi a brevetti appartenenti ai principali paesi industrializzati e a 40 autorità brevettuali mondiali.
- Registro PATSTAT. Il database, in questo caso, è più ristretto e contiene dati bibliografici e legali sulle domande di brevetto europee.

Dati gli uffici brevetti inclusi in questa selezione, il dataset utilizzato è stato quello globale.

La necessità di effettuare questo match è dovuta alle numerose informazioni aggiuntive che il database PATSTAT contiene e che hanno permesso uno sviluppo più approfondito delle successive analisi.

⁸⁵ Si è deciso di non includere la Cina data la difficoltà nel reperimento delle informazioni sui brevetti depositati presso il CNIPA:

⁸⁶ PATSTAT. Informazioni disponibili da <https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html>

Per ottenere tali informazioni aggiuntive, la base di partenza è stata la tabella denominata TLS201_APPLN, strutturata come segue:

TLS201_APPLN
APPLN_ID
APPLN_AUTH
APPLN_NR
APPLN_KIND
APPLN_FILING_DATE
APPLN_FILING_YEAR
APPLN_NR_EPODOC
EARLIEST_FILING_DATE
EARLIEST_FILING_YEAR
EARLIEST_PUBLN_DATE
EARLIEST_PUBLN_YEAR
GRANTED
GRANT_DATE
DOCDB_FAMILY_ID
DOCDB_FAMILY_SIZE
NB_CITING_DOCDB_FAM
NB_CITED_DOCDB_FAM
NB_CITED_NPL
NB_APPLICANTS
NB_INVENTORS

Tabella 18 - Caratterizzazione della tabella TLS201_APPLN di PATSTAT

Ciò che ha permesso l'incrocio dei dati tra ETSI e PATSTAT, attraverso query SQL, è stata la chiave primaria APPLN_ID. Una volta effettuato il *join* tra questi due database è stato possibile reperire le ulteriori informazioni giuridiche e bibliografiche attraverso successivi join, grazie alle altre variabili della tabella TLS201_APPLN.

Ciascun brevetto, alla fine di questo match, vanta quindi le seguenti variabili:

Variabile	Etichetta
appln_id	Codice identificativo associato alla domanda di brevetto
appln_nb	Numero identificativo associato alla domanda di brevetto
cntrl_id	Codice identificativo di controllo
appln_au	Ufficio brevetto in cui è stata depositata la domanda
appln_dt	Data della domanda di brevetto
appln_yr	Anno della domanda di brevetto
appln_erlst_dt	Prima data di domanda di brevetto
appln_erlst_yr	Primo anno della domanda di brevetto
publn_erlst_dt	Prima data di pubblicazione di brevetto
publn_erlst_yr	Primo anno di pubblicazione di brevetto
grnt_dm	Dummy: brevetto concesso
grnt_dt	Data di concessione del brevetto
grnt_yr	Anno di concessione del brevetto
fmly_id	Codice identificativo della famiglia brevettuale
fmly_nb	Numero di membri della famiglia brevettuale
cntry_nb	Numero di Paesi in cui è stato esteso il brevetto
fw_ctn_nb	Numero di citazioni ricevute
fw_ctn_nmlz_nb	Numero di citazioni ricevute normalizzato ⁸⁷
bw_ctn_nb	Numero di citazioni effettuate
assgn_nb	Numero di assegnatari del brevetto
assgn_dm	Dummy: brevetto nato da collaborazione
invtr_nb	Numero di inventori
sbcls_nb	Numero di sottoclassi tecniche
pclms_nb	Numero di rivendicazioni
stdrd_2G_dm	Dummy: il brevetto tratta standard 2G
stdrd_3G_dm	Dummy: il brevetto tratta standard 3G
stdrd_4G_dm	Dummy: il brevetto tratta standard 4G
stdrd_5G_dm	Dummy: il brevetto tratta standard 5G

Tabella 19 - Elenco variabili a dettaglio di ogni brevetto

8.1.2 Costruzione del campione di controllo

A questo punto, è stato possibile lavorare anche alla costruzione del campione di controllo. Per tale campione sono stati selezionati brevetti non essenziali, ispirandosi a metodologie utilizzate da precedenti paper. Gli studi di seguito riportati trattano tutti l'analisi di regressione attraverso la costruzione di campioni di trattamento formati da SEP e campioni di controllo costituiti da gemelli non essenziali.

⁸⁷ Normalizzazione dovuta al fatto che la diversa età dei brevetti avrebbe falsato l'analisi (brevetto più vecchi potrebbero avere maggior numero di citazioni ricevute rispetto a brevetti più recenti). La normalizzazione è avvenuta dividendo il numero totale di citazioni ricevute per il numero di anni trascorsi dal 2020 all'anno di deposito del brevetto, producendo quindi una media annuale delle citazioni ricevute.

Lo studio condotto da Bekkers et al. (2011)⁸⁸, per costruire il campione di controllo relativo allo standard W-CDMA, seleziona tutti i brevetti, SEP e non, delle 6 classi tecnologiche detenenti circa il 90% degli standard legati a questa tecnologia. Da questa prima selezione sono vengono quindi eliminati i brevetti essenziali e, restringendo ulteriormente il perimetro, vengono considerati solamente i brevetti rientranti nello stesso lasso temporale dei SEP del campione principale. Attraverso l'utilizzo di una funzione random viene quindi selezionato il campione di controllo, che rispetta i seguenti requisiti: a) stessa classe tecnologica; b) stessa distribuzione temporale del campione principale.

De Marco et al. (2017)⁸⁹, in uno studio analogo sulla quarta generazione di telefonia cellulare (LTE), selezionano un campione di brevetti non essenziali che abbiano a) il medesimo richiedente; b) il medesimo anno di deposito; c) almeno un codice tecnologico in comune, rispetto al campione di SEP selezionati.

Per definire il perimetro del campione di controllo, viene impiegata la tecnica del cosiddetto *propensity score matching* (PSM), che permette di ottenere un *match* 1-1 tra SEP e non, conducendo quindi alla costruzione di un campione di controllo avente medesima numerosità rispetto al campione di trattamento.

Infine, Bekkers et al. (2020)⁹⁰ costruiscono un campione di controllo selezionando brevetti non essenziali aventi medesimo a) ufficio brevettuale; b) anno di deposito; c) gruppo IPC, a 3 digit⁹¹, rispetto al campione di trattamento.

A partire da questi spunti si è quindi deciso di procedere alla creazione del campione di controllo attraverso la selezione iniziale di brevetti aventi una serie di caratteristiche comuni, per poi utilizzare la tecnica PSM, per ottenere un *match* 1-molti.

In PATSTAT sono stati selezionati tutti i brevetti non essenziali a) depositati presso il medesimo ufficio brevetto; b) nello stesso anno di deposito e aventi c) almeno una tra le sottoclassi tecnologiche (a 4 caratteri) in comune rispetto alle domande di brevetto incluse nel campione principale. Quest'ultimo vincolo è risultato però troppo lasco: il numero di osservazioni, terminato il match, era di 160 mila brevetti, ossia mediamente 5.000 brevetti gemelli per ciascun brevetto del campione principale. Si è quindi deciso di selezionare solamente i brevetti che avessero esattamente le stesse sottoclassi IPC rispetto al campione di trattamento. A seguire sono stati esclusi da tale gruppo i SEP del campione di principale e si è giunti ad un campione di circa 62 mila brevetti. Essendo tale numero comunque troppo alto, attraverso l'uso di una funzione random, sono stati selezionati fino a 100 brevetti per ogni SEP del campione trattato, giungendo dunque ad un campione composto da 4.570.148 items.

Prima di impiegare la tecnica PSM, è stato necessario attuare alcune operazioni di pulizia.

Innanzitutto, sono stati eliminati i brevetti che evidenziavano degli *outlier* sul numero di citazioni effettuate. Alcuni brevetti del campione di controllo vantavano infatti più di 5000 citazioni effettuate. Sono quindi stati esclusi dalla selezione (3.495 osservazioni eliminate) ed è stata costruita un'ulteriore variabile `bw_ctn_wnsr_nb`, creata dalla winsorizzazione della variabile `bw_ctn_nb`. Sono

⁸⁸ Bekkers, R., Bongard, R., & Nuvolari, A. (2011). *An empirical study on the determinants of essential patent claims in compatibility standards*. *Research Policy*, 40(7), 1001-1015

⁸⁹ De Marco, A. (2017). *THREE ESSAYS ON MARKETS FOR TECHNOLOGY, PATENT TRANSACTIONS*, Prof. Fabio Montobbio Vilfredo Pareto Doctorate in Economics Università di Torino.

⁹⁰ Bekkers R., Henkel J., Tur E. M., Van der Vorst T., Driesse M., Kang B., Martinelli A., Maas W., Nijhof B., Raiteri E., Teubner L. (2020), *Pilot Study for Essentiality Assessment of Standard Essential Patents*, Nikolaus Thumm Editore

⁹¹ In questo caso gli uffici brevetti coinvolti erano EPO e USPTO. Il secondo riporta l'indicazione della classe primaria, mentre l'EPO riporta una lista delle classi IPC inerenti il brevetto. In questo caso, quindi, è stata svolta un'analisi dell'incidenza delle classi IPC, considerando come principale quella a maggior frequenza.

poi stati esclusi i brevetti il cui anno di applicazione risultava anteriore al 2000 (4.306 brevetti eliminati). Infine, data l'ancora eccessiva numerosità dei brevetti non essenziali è stata impiegata una funzione random, al fine di agevolare le successive analisi. In particolare, è stata generata una variabile contenente un numero casuale per riordinare i brevetti e sono stati selezionati i primi dieci gemelli per ciascun brevetto del campione principale (questa procedura ha condotto all'eliminazione di 2.246.163 osservazioni). Il campione di controllo prima del *match*, al termine di tutte queste operazioni, vanta 285.370 osservazioni.

Si è preferito accoppiare i brevetti tramite una soluzione 1-molti. Questo perché, durante l'utilizzo della tecnica PSM, data la presenza di variabili categoriche, si sono riscontrati più gemelli aventi il medesimo punteggio di propensione.

In Stata, il comando PSM è attuabile seguendo due diverse strade:

- `psmatch2`

È il tool standard, creato da Edwin Leuven and Barbara Sianesi. Al giorno d'oggi, sconsigliato a favore del comando che segue.

- `teffect psmatch`

Comando introdotto solo di recente, in Stata 13 ed utilizzato in questo studio. Ha un notevole vantaggio, poiché riesce a considerare che i punteggi di propensione siano stimati, piuttosto che conosciuti. Per questo motivo è caldamente consigliato l'utilizzo di questo tool, rispetto al precedente.

I gemelli sono stati elaborati considerando solo alcune caratteristiche dei brevetti: il numero di inventori, il numero di rivendicazioni ed il numero di citazioni effettuate. Il numero di classi IPC non è stato utilizzato poiché già allineato, essendo stato incluso come vincolo nella selezione del campione di controllo.

Alla fine di queste operazioni si è quindi giunti ad un campione di controllo avente 180.754 osservazioni, contro le 29.381 del campione principale.

8.1.3 Analisi statistiche

Di seguito vengono riportate le analisi descrittive sui campioni di controllo prima del *match*, di trattamento e totale, costituito dalla totalità dei due pool di brevetti precedenti.

Campione di controllo	Osservazioni	Media	Mediana	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Numero di rivendicazioni	147.439	17,074	15	10,512	1	305
Numero di sottoclassi tecniche	285.370	1,732	2	0,825	1	7
Numero di inventori	263.778	2,840	3	1,783	1	130
Numero di assegnatari	262.199	1,519	1	1,260	1	24
Brevetto è co-assegnato	262.199	0,217	0	0,412	0	1
Numero di citazioni effettuate	267.956	160,443	80	307,673	1	4.994
Numero di citazioni ricevute	285.370	15,210	5	33,019	0	1.123
Numero di citazioni ricevute normalizzate	285.370	1,277	0.538	2,600	0	102,091
Dimensione della famiglia brevettuale	285.370	6,185	4	9,852	1	427
Numero di Paesi in cui è esteso il brevetto	285.370	4,360	4	3,140	1	28
Numero di TS	285.370	0,000	0	0	0	0

Tabella 20 - Analisi descrittive sul campione di controllo

Campione principale	Osservazioni	Media	Mediana	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Numero di rivendicazioni	15.530	18,516	15,500	12,536	1	152
Numero di sottoclassi tecniche	29.349	1,790	2	0,899	1	8
Numero di inventori	26.328	3,411	3	1,871	1	47
Numero di assegnatari	26.285	1,670	1	1,502	1	47
Brevetto è co-assegnato	26.285	0,248	0	0,432	0	1
Numero di citazioni effettuate	28.468	30,641	15	62,797	1	971
Numero di citazioni ricevute	29.381	29,835	13	53,022	0	581
Numero di citazioni ricevute normalizzate	29.381	2,374	1,214	3,930	0	40,786
Dimensione della famiglia brevettuale	29.381	12,795	8	23,255	1	345
Numero di Paesi in cui è esteso il brevetto	29.381	7,100	6	4,251	1	29
Numero di TS	29.381	1,205	1	0,586	0	6

Tabella 21 - Analisi descrittive sul campione principale

Campione totale	Osservazioni	Media	Mediana	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Numero di rivendicazioni	162.969	17,211	15	10,729	1	305
Numero di sottoclassi tecniche	314.719	1,737	2	0,832	1	8
Numero di inventori	290.106	2,892	3	1,799	1	130
Numero di assegnatari	288.484	1,533	1	1,285	1	47
Brevetto è co-assegnato	288.484	0,219	0	0,414	0	1
Numero di citazioni effettuate	296.424	147,977	70	295,657	1	4994
Numero di citazioni ricevute	314.751	16,575	6	35,624	0	1123
Numero di citazioni ricevute normalizzate	314.751	1,379	0,583	2,770	0	102,091
Dimensione della famiglia brevettuale	314.751	6,802	4	11,924	1	427
Numero di Paesi in cui è esteso il brevetto	314.751	4,616	4	3,355	1	29

Tabella 22 - Analisi descrittive sul campione totale

Al fine di agevolare l'interpretazione delle evidenze di seguito presentate è importante conoscere il significato economico associato alle variabili utilizzate nelle analisi. Quindi, a seguire, viene riportata una tabella esplicativa delle principali caratteristiche brevettuali analizzate, corredate da significato economico.

Variabili	Significato economico
Numero di rivendicazioni	Il numero di rivendicazioni esprime la volontà di tutela dell'inventore su particolari aspetti dell'oggetto brevettuale. La variabile indica l'ampiezza dell'ambito legale. ⁹²
Numero di sottoclassi tecnologiche	Indica l'ampiezza tecnologica dell'invenzione. Ad un minor numero di classi IPC corrisponde una minore ampiezza tecnologica, mentre un valore elevato di classi IPC è indicativo di un maggior numero potenziali utilizzi della tecnologia brevettata.
Numero di inventori	Indica l'ampiezza del <i>team</i> . Tipicamente, a gruppi di lavoro più numerosi, corrispondono innovazioni più complesse. E' quindi un buon indicatore della complessità dell'innovazione.
Brevetto co-assegnato	Variabile dummy che indica la co-assegnazione di un brevetto. L'averne più di un assegnatario implica la natura collaborativa dell'invenzione. Per esempio, la nascita di invenzioni all'interno del perimetro di consorzi.
Numero di citazioni effettuate	Questa variabile è proxy della radicalità dell'invenzione. Un elevato numero di citazioni effettuate indica che la tecnologia è fortemente ancorata all'arte preesistente ed identifica quindi un'innovazione incrementale, più che radicale.
Numero di citazioni ricevute	Proxy del valore tecnico del brevetto. Tipicamente, le tecnologie più promettenti ricevono un maggior numero di citazioni ⁹³ .
Numero di Paesi in cui della famiglia brevettuale	Indica la qualità del brevetto, evidenziandone la copertura territoriale. L'estensione territoriale ha infatti un costo, che nel caso dell'EPO varia sulla base del Paese scelto. Le imprese tendono quindi ad investire solamente nelle tecnologie più promettenti.

Tabella 23 - Significato economico delle principali variabili brevettuali

⁹² Per esempio, all'EPO, il costo di ciascuna rivendicazione, fino alla 15 è incluso nel costo del brevetto, dalla 16esima alla 50 esima, per ogni rivendicazione aggiuntiva, è necessario sostenere un costo di 245€, mentre dalla 51esima in poi, si passa a 610€.

⁹³ Come dimostrato da Rysman, M., & Simcoe, T. (2008)

Di seguito viene invece riportata una matrice, per valutare il grado di correlazione tra variabili.

	Numero di rivendicazioni	Numero di sottoclassi tecniche	Numero di inventori	Numero di assegnatari	Dummy: brevetto co-assegnato	Numero di citazioni effettuate	Numero di citazioni ricevute	Numero di citazioni ricevute normalizzate	Numero di membri della famiglia	Estensione territoriale del brevetto
Numero di rivendicazioni	1									
Numero di sottoclassi tecnologiche	0,041	1								
Numero di inventori	0,041	0,041	1							
Numero di assegnatari	0,086	0,125	0,289	1						
Brevetto co-assegnato	0,077	0,131	0,021	0,770	1					
Numero di citazioni effettuate	0,052	0,098	0,041	-0,008	-0,011	1				
Numero di citazioni ricevute	0,103	0,162	0,088	0,097	0,059	0,299	1			
Numero di citazioni ricevute normalizzate	0,088	0,122	0,111	0,089	0,055	0,355	0,927	1		
Numero di membri della famiglia brevettuale	0,013	0,131	0,062	-0,009	-0,033	0,325	0,500	0,551	1	
Estensione territoriale del brevetto	0,023	0,117	0,071	-0,048	-0,094	0,117	0,270	0,253	0,596	1

Tabella 24 - Matrice di correlazione

Non sorprende l'elevata correlazione della dummy che indica la natura collaborativa del brevetto ed il numero di assegnatari (0,770) ed il numero di citazioni ricevute normalizzate con il numero di citazioni ricevute (0,927).

E' invece maggiore la correlazione tra il numero di paesi della famiglia brevettuale ed il numero di citazioni ricevute (0,500) ed effettuate (0,325), oppure tra l'estensione territoriale ed il numero di membri della famiglia brevettuale (0,596). Ciò non significa che tra queste caratteristiche vi sia un rapporto di causalità, ma che le variabili sono in grado di cambiare in funzione delle loro correlate

Dopo il match, al fine di valutarne la bontà, sono state effettuati ulteriori analisi descrittive sui campioni ed è stata ricalcolata la matrice di correlazione. Le analisi sul campione di controllo e la matrice di correlazione vengono riportate in Appendice, nelle tabelle A e B. Le analisi statistiche sul campione di controllo mostrano un effettivo allineamento tra i due campioni, per quanto concerne le variabili inserite nel comando del PSM.

8.2 Analisi di regressione

8.2.1 Modelli logit sull'essenzialità dei brevetti

Il primo gruppo di analisi empiriche è finalizzato ad individuare una relazione, positiva o negativa, tra la probabilità di essere dichiarato essenziale rispetto ad alcune caratteristiche dei brevetti.

Data la natura binaria della variabile dipendente che rappresenta quindi l'appartenenza dei brevetti al campione principale, ovvero a quello dei trattati, si è scelto di impiegare il modello di regressione logistica, che modella la probabilità sulla base della funzione di ripartizione logistica. L'analisi è stata svolta sul campione prima del match. Questo perché la tecnica PSM accoppia i brevetti allineandone, di fatto, alcune caratteristiche. Ciò avrebbe quindi falsato l'analisi.

Dunque, è stata impostata un'analisi del tipo

$$\begin{aligned} \text{smp_dm} &= f(\beta_0 + \beta_n X_n + \varepsilon_n) \\ n &= 1, \dots, N \end{aligned}$$

Dove smp_dm è la variabile dipendente che indica l'appartenenza al gruppo di trattamento e quindi la probabilità che il brevetto sia dichiarato come essenziale all'ETSI.

X_n è un vettore di regressori che identifica alcune caratteristiche dei brevetti. In particolare, nei modelli di seguito riportati, vengono incluse come variabili indipendenti il numero di inventori, la dummy di co-assegnazione brevettuale, il numero di sottoclassi tecnologiche, il numero di rivendicazioni ed il numero di citazioni effettuate

L'analisi permette quindi di osservare l'esistenza di una correlazione parziale tra la probabilità di divenire SEP e le principali caratteristiche della domanda di brevetto. Nei primi tre modelli si è scelto di procedere tenendo separati i dati dei tre uffici brevettuali. Per questo motivo, sono stati generati tre modelli speculari, aventi come campioni i brevetti depositati rispettivamente presso EPO, USPTO e JPO.

Sono inoltre state svolte delle analisi di robustezza, come riportato di seguito:

- Inserimento della variabile dummy sulla co-assegnazione del brevetto, successivamente alla creazione di un iniziale modello (Tabella C in Appendice) in cui, in sostituzione di tale variabile, vi era il numero di assegnatari;
- I modelli sono stati ricalcolati con un campione di controllo più numeroso. In particolare, al posto di selezionare casualmente 10 brevetti gemelli per ogni SEP del campione di controllo, ne sono stati selezionati 20;
- Oltre ai tre modelli sopra citati, è stato inserito un ulteriore modello che considera tutti i brevetti del campione. In tale circostanza sono state inserite le variabili dummy per gli uffici brevetti (modello 4, di seguito esposto).

Di seguito, modelli e risultati.

Modello	(1)	(2)	(3)	(4)
Ufficio brevetti	EPO	USPTO	JPO	EPO, USPTO e JPO
Numero di inventori	0,017*** (0,001)	0,014*** (0,000)	0,019*** (0,001)	0,015*** (0,000)
Brevetto co-assegnato	-0,084*** (0,008)	0,044*** (0,003)	-0,197*** (0,017)	0,007*** (0,002)
Numero di sottoclassi tecnologiche	0,020*** (0,001)	0,014*** (0,001)	0,016*** (0,002)	0,016*** (0,001)
Numero di rivendicazioni	0,000*** (0,000)	0,002*** (0,000)		
Numero di citazioni effettuate	-0,002*** (0,000)	-0,002*** (0,000)	-0,002*** (0,000)	-0,002*** (0,000)
Ufficio brevetti europeo (EPO)				0,015*** (0,002)
Ufficio brevetti statunitense (USPTO)				-0,002*** (0,002)
Anno di applicazione	Si	Si	Si	Si
Osservazioni	69.122	92.569	38.112	270.122
Log-verosimiglianza	-15.804,6	-23.445,8	-9.483,3	-66.513,0
Chi-quadro	10.418,2	12.813,6	5.033,5	35.282,1

Tabella 25 - Modelli logit sulla probabilità di essenzialità

In tabella vengono esposti gli effetti marginali medi, data la più facile interpretazione rispetto ai coefficienti dei modelli logit. La variabile dipendente è una *dummy*, uguale ad uno nel caso in cui il brevetto sia dichiarato come essenziale all'ETSI. Tra parentesi sono riportati gli errori standard. Le stelle, da * a ***, indicano la significatività statistiche, rispettivamente al 10%, 5% e 1%.

I modelli (1), (2) e (3) sono stimati considerando le domande di brevetto depositate rispettivamente presso l'EPO, l'USPTO e il JPO. Il modello (4) considera tutti i brevetti del campione ed introduce due variabili dummy per gli uffici brevetti (EPO e USPTO). La *dummy* omessa risulta quindi essere quella che identifica i brevetti depositati presso il JPO.

I risultati dei tre primi tre modelli sono allineati tra loro.

Esiste una correlazione parziale positiva e significativa tra il numero di inventori e il numero di sottoclassi tecnologiche rispetto alla probabilità di essere dichiarato essenziale. In particolare, per quanto riguarda i brevetti depositati presso EPO, all'aumentare di un'unità del numero di inventori, la probabilità di essere dichiarato essenziale aumenta dell'1.7%. Questo sembra suggerire che i brevetti che hanno maggiore probabilità di essere dichiarati essenziali siano quelli che trattano tecnologie più complesse ed aventi un numero maggiore di potenziali applicazioni. Brevetti ad elevato merito tecnico hanno quindi, come ci si attenderebbe, una maggiore probabilità di divenire SEP.

Situazione contraria, invece, per le citazioni effettuate. In questo caso, mantenendo costanti le altre variabili del modello, la probabilità di divenire SEP è correlata parzialmente, negativamente e significativamente. Il risultato non sorprende, se pensiamo che ad un elevato numero di citazioni effettuate corrisponde una tecnologia legata all'arte preesistente, un'innovazione quindi più incrementale che radicale. Di conseguenza, possiamo affermare che le innovazioni radicali abbiano maggiore probabilità di essere dichiarate essenziali.

Unica sostanziale differenza tra i diversi uffici brevetti riguarda la natura collaborativa: in Europa e in Giappone, la probabilità di divenire SEP è correlata parzialmente, in modo negativo e significativo, con la *dummy* di co-assegnazione. Ciò significa che i brevetti nati dai consorzi hanno minori probabilità di divenire essenziali rispetto a quelli nati da singola impresa. Questo potrebbe essere conseguenza diretta del fatto che le imprese preferiscano richiedere, e quindi ottenere, la dichiarazione d'essenzialità su brevetti di cui saranno unici beneficiari. Situazione contraria per gli Stati Uniti, dove invece, i brevetti co-assegnati, hanno maggiore probabilità di essere dichiarati essenziali.

Altra differenza riguarda il numero di rivendicazioni, che non viene indicato nei brevetti giapponesi, motivo per cui tale variabile viene omessa dai modelli (3) e (4).

Inoltre, dal modello (4), si evince come il rilascio da parte dell'EPO sia correlato parzialmente, positivamente e significativamente con la variabile dipendente, rispetto ad un brevetto depositato presso l'ufficio brevetti giapponese. Un brevetto europeo ha infatti 1,5% in più di probabilità di ottenere l'essenzialità. Caso contrario, invece, per un brevetto statunitense. In questo caso la correlazione è negativa e significativa e, rispetto ad un brevetto nipponico, un brevetto statunitense ha lo 0,2% in meno di probabilità di divenire SEP, ma l'effetto medio marginale sulla probabilità è molto basso.

Queste evidenze sembrano sottolineare due differenti strategie: l'una, quella giapponese, più concentrata sulla qualità dei brevetti e l'altra, tipicamente europea, volta alla quantità. Il Giappone, come molti Paesi del continente asiatico, persegue l'obiettivo di divenire leader tecnologico nelle telecomunicazioni ed ha attuato un cambio di rotta⁹⁴ al fine di premiare le imprese richiedenti l'essenzialità su brevetti tecnologicamente più meritevoli, bloccando le ingiunzioni di imprese detentrici di SEP relativamente meno innovativi e aventi minor contributo tecnologico. Questo ha condotto gli attori asiatici a selezionare accuratamente i brevetti su cui richiedere l'essenzialità, dati gli elevati costi ed il possibile blocco delle ingiunzioni, abbassando quindi il numero di SEP, ma alzando mediamente il merito tecnologico associato ad essi. Sulla carta, anche l'Europa ha come obiettivo quello di divenire un leader a livello globale nel settore TLC, ma sembra che, finora, abbia scelto una strategia differente, concedendo la dichiarazione di essenzialità ad un maggior numero di brevetti rispetto a quanto avviene sul territorio giapponese. I dati esposti nei primi capitoli ben evidenziano il forte divario che si è andato a creare con Asia e Stati Uniti d'America, portando quindi ad immaginare un minore valore tecnologico di quanto brevettato sul territorio europeo.

8.2.2 Modelli tobit sulle citazioni ricevute

A seguito del *match* sono invece state effettuate delle analisi rispetto all'impatto della dichiarazione all'ETSI su una delle caratteristiche ex-post, ovvero il numero di citazioni ricevute.

Il numero di citazioni ricevute è una variabile di conteggio, che non può assumere valori negativi. Possiamo quindi affermare che il dominio non continuo di questa variabile abbia un limite inferiore, pari a zero. Per questo motivo si è scelto di impiegare la regressione tobit. Tale tipologia di

⁹⁴ FOSS Patent, Aprile 2020, "With new restrictions on standard-essential patent (SEP) injunctions against connected cars and other IoT products, Japan may leave Old Europe behind". Disponibile da <http://www.fosspatents.com/2020/04/with-new-restrictions-on-standard.html>

regressione permette infatti di inserire limiti inferiori e superiori e genera un modello che prevede che la variabile dipendente rientri in tale intervallo.

La variabile dipendente impiegata nei seguenti modelli è stato il numero di citazioni ricevute normalizzato. Si è scelto di non impiegare semplicemente il numero di citazioni ricevute in considerazione del fatto che brevetti meno recenti beneficiano di più tempo per collezionare citazioni, a discapito di brevetti più giovani. Per questo motivo, il numero di citazioni ricevute normalizzato, non è altro che il risultato della seguente formula

$$\text{Numero di citazioni ricevute normalizzato} = \frac{\text{Numero di citazioni ricevute}}{2020 - \text{primo anno di deposito brevettuale}}$$

Oltre ai modelli di seguito riportati, a beneficio della robustezza d'analisi, è stata effettuata un'ulteriore regressione di tipo poisson, per ogni ufficio brevetto, avente come variabile dipendente il numero di citazioni ricevute. Tali modelli vengono riportati nella tabella D in Appendice.

Modello	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ufficio brevetti	EPO	EPO	USPTO	USPTO	JPO	JPO
Brevetto del campione principale		1.464*** (0.038)		1.222*** (0.038)		1.778*** (0.057)
Numero di inventori	0.193*** (0.006)	0.170*** (0.006)	0.157*** (0.006)	0.143*** (0.006)	0.220*** (0.008)	0.196***
Numero di sottoclassi tecnologiche	0.019 (0.014)	0.003 (0.013)	0.179*** (0.013)	0.176*** (0.012)	0.043** (0.019)	0.057*** (0.018)
Numero di rivendicazioni	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.024*** (0.001)	0.022*** (0.001)		
Numero di citazioni effettuate	0.006*** (0.000)	0.008*** (0.000)	0.008*** (0.000)	0.009*** (0.000)	0.006*** (0.000)	0.009*** (0.000)
Brevetto co-assegnato	-0.389*** (0.070)	-0.324*** (0.069)	-0.091*** (0.030)	-0.148*** (0.030)	-0.488*** (0.090)	-0.347*** (0.089)
Estensione territoriale	0.213*** (0.003)	0.171*** (0.004)	0.202*** (0.003)	0.169*** (0.003)	0.332*** (0.004)	0.268*** (0.004)
Anno di applicazione	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Osservazioni	69.109	69.109	92.374	92.374	38.278	38.278
Log-verosimiglianza	-141.408,5	-140.663,3	-220.231,2	-219.727,5	-76.827,2	-76.348,6
Chi-quadro	21.545,7	23.036,1	15.633,8	16.641,2	14.050,1	15.007,4

Tabella 26 - Modelli tobit sul numero di citazioni ricevute

In tabella sono riportati i coefficienti della regressione tobit, che hanno un'interpretazione simile a quella dei coefficienti OLS. La variabile dipendente è il numero di citazioni ricevute normalizzato. Tra parentesi sono riportati gli errori standard. Le stelle, da una a tre, indicano la significatività statistiche, rispettivamente al 10%, 5% e 1%.

Per ogni ufficio brevetti sono stati elaborati due modelli. I modelli (1) e (2) trattano brevetti depositati presso l'EPO, i modelli (3) e (4) quelli depositati all'USPTO ed infine i modelli (5) e (6) trattano dati brevettuali depositati al JPO.

I modelli (1), (3) e (5) evidenziano come le variabili numero di inventori, numero di sottoclassi tecnologiche (non significativo per l'EPO), numero di rivendicazioni (escluso il Giappone), numero di citazioni effettuate ed estensione territoriale del brevetto abbiano una correlazione parziale positiva e significativa rispetto al numero di citazioni ricevute normalizzato. Il numero di inventori, insieme all'estensione territoriale, sono le variabili che maggiormente influenzano positivamente la variabile dipendente. In particolare, per esempio, per quanto riguarda un brevetto rilasciato dall'EPO, mantenendo costanti le altre variabili del modello, all'aumentare di un'unità del numero di inventori, il numero di citazioni ricevute aumenta di 19,3 punti e all'aumentare di un Paese della tutela territoriale, di 21,3 punti. Sembra quindi che brevetti complessi ed aventi un maggiore merito tecnico ricevano più citazioni.

L'unica correlazione parziale negativa e statisticamente significativa che si riscontra in tutti i modelli è quella della co-assegnazione del brevetto. Sembra infatti che una tecnologia sviluppata in maniera collaborativa infici negativamente sul numero di citazioni che il brevetto riceverà.

Nei modelli (2), (4) e (6) viene inserita la variabile dummy, con valore uno nel caso di brevetti dichiarati come essenziali all'ETSI e quindi appartenenti al campione principale. Notiamo l'esistenza di una correlata parziale, significativa e positiva tra l'essere un SEP ed il numero di citazioni ricevute. L'ingresso della nuova variabile influenza però anche i coefficienti delle altre caratteristiche brevettuali. In particolar modo, si riducono le correlazioni parziali positive e significative di numero di inventori, numero di sottoclassi tecnologiche (per quest'ultima, fa eccezione il Giappone) ed estensione della tutela territoriale. Si riduce anche la correlazione parziale negativa e significativa della dummy di co-assegnazione (in questo caso, fa eccezione USPTO, per cui tale effetto marginale negativo, aumenta).

Tali risultati non sorprendono poiché, come stato dimostrato da diversi studi già citati in precedenza, i SEP tendono ad ottenere un maggior numero di citazioni rispetto a brevetti non essenziali. La ragione di ciò può anche essere ricondotta al fatto che, come anche evidenziato da modelli logit precedenti, i brevetti essenziali tendono a coprire innovazioni ad elevato merito tecnologico e aventi uno *scope* applicativo più ampio.

9. Conclusioni

Il presente studio si è posto l'obiettivo di indagare i cambiamenti che la quinta generazione di reti mobili sta apportando ed apporterà nella società odierna, attraverso un'analisi descrittiva delle potenzialità e delle specifiche tecniche ed un'analisi empirica, relativamente ai brevetti essenziali 5G, al fine di estendere gli studi già presenti in letteratura.

In particolare, a conclusione di questo elaborato possiamo affermare che il 5G ha le potenzialità per apportare numerosi cambiamenti e migliorie in diversi settori. Alcune evoluzioni sono già ben visibili, come per esempio l'adeguamento dell'infrastruttura di rete fissa tramite sostituzione del rame con la fibra ottica, mentre altre faticano a vedere la luce. Al fine di garantire tutte le nuove opportunità illustrate, sarà quindi fondamentale che le istituzioni perseguano gli obiettivi citati, in modo da estendere a tutta la popolazione i benefici che questa nuova generazione promette di apportare.

Per quanto concerne le critiche mosse verso una possibile cancerogenicità del 5G non sarebbe eticamente corretto affermare che siano completamente infondate, data l'impossibilità di condurre studi sugli impatti a lungo termine dell'impiego di onde ad alta frequenza e di *small* o *ultra-small cells*. Questi strumenti non sono però ad oggi da ritenersi maggiormente nocivi rispetto a quelli impiegati dalle tecnologie attualmente in uso.

Il processo di standardizzazione 5G ricalca quanto già avvenuto per le tecnologie precedenti. Il consorzio di riferimento, a livello mondiale, è il 3GPP, che mira al consolidamento di standard ampiamente condivisi. Sulla stessa linea, ma a livello europeo e come membro organizzativo del progetto di terza generazione, si pone l'ETSI. Le evidenze empiriche esposte nello studio sono state possibili grazie all'utilizzo dei brevetti essenziali, punto focale di tutti i processi di standardizzazione, dichiarati a questo ente.

Le prime analisi descrittive, svolte su due campioni di domande brevettuali depositate presso l'ETSI, rispettivamente di 708.101 e 352.012 SEPs, hanno permesso di contestualizzare il perimetro entro cui si muove questa nuova generazione di reti mobili.

Il mercato di riferimento per lo standard 5G è indubbiamente quello asiatico, testimone il numero di imprese presenti nel campione ed appartenenti a questo continente. Seguono, seppur con un forte divario, Stati Uniti d'America ed Europa.

Le imprese che trattano esclusivamente lo standard 5G sono molteplici. Molto poche, invece, quelle che trattano specifiche tecniche inerenti più generazioni. Considerando la radicalità di questa innovazione, il dato non dovrebbe sorprendere: implementare uno standard tecnologico molto differente dalle precedenti generazioni richiede uno sforzo, a livello economico, ma soprattutto di *know-how*, non indifferente.

In linea generale, inoltre, i brevetti tendono a trattare una, al più due, specifiche tecniche. I SEPs multi-standard presenti nel campione sono estremamente rari. Questo potrebbe indicare come le imprese prediligano mantenere circoscritto il perimetro di applicazione brevettuale. L'impresa che più si discosta da questo modello è l'asiatica Samsung che, invece, tende a dichiarare come essenziali brevetti aventi uno scopo applicativo decisamente più ampio. In generale, questa sembrerebbe una tendenza per lo più asiatica, che potrebbe evidenziare una differente strategia di brevettazione che, dati alla mano, pare avere efficacia maggiore rispetto a quella europea ed americana.

Infine, un'analisi condotta sui settori d'impresa ha permesso di evidenziare come produttori di telefonia mobile ed hardware siano, ad oggi, i capifila dell'avanzamento tecnologico del 5G. Dalla distribuzione temporale della dichiarazione di essenzialità dei brevetti si evince come tali imprese siano state le prime a muoversi verso la creazione di standard 5G, mentre i produttori software abbiano iniziato la propria ascesa in questo campo solo nel 2019, ad infrastruttura ormai consolidata.

L'analisi econometrica è stata sviluppata in due fasi. La prima fase ha interessato le caratteristiche ex-ante del brevetto, al fine di indagare come le peculiarità brevettuali impattassero sulla probabilità

di essere dichiarato essenziale. La seconda fase, invece, sviluppata a seguito del match con tecnica PSM, ha investigato come la dichiarazione di essenzialità ed altre caratteristiche influenzino il numero di citazioni ricevute (caratteristica ex-post).

Queste analisi sono state possibili grazie alle contribuzioni della piattaforma PATSTAT, che ha permesso di aggregare ulteriori informazioni ai 29.381 SEPs depositati presso EPO, USPTO e JPO e costruire il campione di controllo di 180.754 brevetti non essenziali. La scelta di selezionare solamente i brevetti depositati presso i tre uffici di cui sopra è stata dettata dall'importanza dei tre enti, tra i maggiori contributori a livello mondiale per quanto riguarda i brevetti TLC. La Cina è stata purtroppo esclusa, data la difficoltà nel reperimento delle informazioni.

I modelli logit hanno consolidato i risultati degli studi precedenti: i brevetti 5G che hanno maggiori probabilità di essere dichiarati essenziali sono quelli aventi, in media, maggiore a) complessità tecnologica; b) campo applicativo; c) radicalità dell'innovazione. Il risultato non sorprende considerando che la dichiarazione di essenzialità ha un costo e le imprese tendono quindi a dichiarare come tali sono i brevetti che hanno le potenzialità di garantire un buon quantitativo di introiti.

I brevetti europei, in particolare, sembrano avere maggiori probabilità di essere dichiarati essenziali rispetto a quelli depositati presso JPO. L'evidenza potrebbe trovare riscontro nel fatto che il Giappone persegue una strategia di brevettazione intelligente che sta stravolgendo l'intero sistema brevettuale del Paese. Date le numerose controversie sorte negli anni, è stata creata una guida, attualmente in evoluzione, che mira a bloccare la possibilità di ingiunzione da parte dei detentori brevettuali di SEP se la loro innovazione apporta minori contributi rispetto a nuove tecnologie. Conseguenza di ciò, è la caduta di parte dei benefici che la dichiarazione di essenzialità apporta contro la considerevole spesa per ottenere la nomina di SEP. Le imprese si trovano quindi a dover scegliere tra quantità o qualità, prediligendo la seconda e dichiarando come essenziali solamente i brevetti aventi un elevato merito tecnico e dei buoni contributi innovativi. La tendenza si sta diffondendo in tutto il continente asiatico (da qui si spiegherebbe anche l'elevato numero medio di TS detenuto dai SEPs dichiarati all'ETSI dalla Samsung) e sembra effettivamente funzionare, visto il forte divario tecnologico con Europa ed America, che perseguono una differente strategia, maggiormente incentrata sulla quantità dei SEPs, piuttosto che sulla loro qualità.

Infine, è stata svolta un'ulteriore analisi sul numero di citazioni ricevute. I risultati dei modelli tobit hanno permesso di constatare come i SEPs 5G tendano a ricevere in media un maggior numero di citazioni. La ragione di ciò può anche essere ricondotta al fatto che, come anche evidenziato da modelli logit precedenti, i brevetti essenziali tendono a coprire innovazioni ad elevato merito tecnologico e aventi uno scope applicativo più ampio. Anche questi risultati consolidano le evidenze della letteratura preesistente.

Infine, è doveroso riportare i principali limiti di questo studio.

Forti limitazioni derivano dal bacino di brevetti selezionato. Occorre infatti ricordare che il 5G è una generazione tutt'ora in evoluzione e che quindi non solo non ha completato la sua opera di standardizzazione, ma i confini di questa nuova tecnologia sono tutt'ora estremamente labili. Di conseguenza, sicuramente l'analisi manca di importanti contribuzioni ancora in divenire e che potrebbero cambiare alcuni dei risultati esposti in termini di mercato e imprese di riferimento, anche se la tendenza sembra ad oggi chiaramente delineata.

Inoltre, la scelta di selezionare solamente i brevetti depositati presso EPO, USPTO e JPO ha sicuramente limitato l'analisi. I tre uffici, pur essendo alcuni tra i più importanti a livello mondiale, non possono che fornire una visione parziale di quello che è l'intero perimetro di standardizzazione 5G. La scelta di escludere la Cina ha inoltre privato lo studio di uno dei principali contributori brevettuali 5G.

L'auspicio è quindi che questo elaborato rappresenti il punto di partenza per studi più approfonditi e completi per quanto concerne il labile perimetro della quinta generazione di reti mobili.

Bibliografia e sitografia

3GPP. *About 3GPP*. Disponibile da <https://www.3gpp.org/about-3gpp>

3GPP. *Release 17*. Disponibile da <https://www.3gpp.org/release-17>

3GPP. *Specifications*. Disponibile da <https://portal.3gpp.org/Specifications.aspx>

3GPP (February, 2005). *3G/UMTS - Towards mobile broadband and personal Internet. A white paper from the UMTS Forum*. Disponibile da <https://www.3gpp.org/>

3GPP. *LTE e LTE-Advanced*. Disponibili da <https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte> e <https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>

5G Garage. Informazioni disponibili da <https://www.singtel.com/business/products-services/mobility/5g-garage>

5G Open Innovation Lab. Informazioni reperibili da <https://5goilab.com/about/>

AGCOM (2017). *DOCUMENTO I DELLA DELIBERA N. 348/19/CONS: LE TECNOLOGIE DI ACCESSO, IL LIVELLO DI INFRASTRUTTURAZIONE E LE PRINCIPALI DINAMICHE DI MERCATO*. Disponibile da <https://www.agcom.it/documents/10179/15564025/Allegato+8-8-2019+1565257545769/46391cd2-6571-44b0-a59e-3cd0fee32360?version=1.0>

AGCOM (Maggio 2018). *Comunicazione del 13 maggio 2018. Monitoraggio del traffico dati e voce: aggiornamento alla settimana 18*. Disponibile da <https://www.agcom.it/documents/10179/18589264/Comunicazione+13-05-2020/0296baa7-b250-4fcb-a3e5-ca3fa7c1be68?version=1.0>

AGCOM (2018). *Le tecnologie di accesso, il livello di infrastrutturazione e le principali dinamiche di mercato*. Disponibile da <https://www.agcom.it/documents/10179/15564025/Allegato+8-8-2019+1565257545769/46391cd2-6571-44b0-a59e-3cd0fee32360?version=1.0>

Almirall, E., & Casadesus-Masanell, R. (2010). *Open versus closed innovation: A model of discovery and divergence*. *Academy of management review*, 35(1), 27-47.

Andrews, J. G., Buzzi, S., Choi, W., Hanly, S. V., Lozano, A., Soong, A. C., & Zhang, J. C. (2014). *What will 5G be?*. *IEEE Journal on selected areas in communications*, 32(6), 1065-1082.

Andrew Daly, Chris Nickerson, Janette Stewart (23 September 2020). *Report for Ericsson and Qualcomm. 5G action plan review for Europe*. Analysys Mason

Baron, J., Blind, K., & Pohlmann, T. (2011, September). *Essential patents and standard dynamics*. In 2011 7th International Conference on Standardization and Innovation in Information Technology (SIIT) (pp. 1-16). IEEE.

Baron J., Contreras J., Husovec M., Larouche P. (2019). *The Governance of Standard Development Organizations and their Policies on Intellectual Property Rights*, Joint Research Centre. Disponibile da https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/sdo_governance_final_electronic_version.pdf

BCG (November, 2016). *Building the Gigabit Society: An Inclusive Path Toward Its Realization*. Disponibile da https://etno.eu/datas/ETNO%20Documents/Gigabit_society_final_ETNO-BCG_2016.pdf

Bekkers R., Henkel J., Tur E. M., Van der Vorst T., Driesse M., Kang B., Martinelli A., Maas W., Nijhof B., Raiteri E., Teubner L. (2020), Pilot Study for Essentiality Assessment of Standard Essential Patents, Nikolaus Thumm Editore

Bekkers, R., Bongard, R., & Nuvolari, A. (2011). *An empirical study on the determinants of essential patent claims in compatibility standards*. *Research Policy*, 40(7), 1001-1015

Bekkers, R., Verspagen, B., & Smits, J. (2002). *Intellectual property rights and standardization: the case of GSM*. Telecommunications policy, 26(3-4), 171-188.

Bekkers, R., & West, J. (2009). *The limits to IPR standardization policies as evidenced by strategic patenting in UMTS*. Telecommunications Policy, 33(1-2), 80-97.

Bulow, J., & Klemperer, P. (1999). *The generalized war of attrition*. American Economic Review, 89(1), 175-189.

Car Connectivity Consortium. Informazioni disponibili da <https://global-carconnectivity.org/about/>

Chesbrough, H. (Boston: Harvard University Press, 2003)., *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*.

Codice della proprietà industriale, sezione IV

Codice della proprietà industriale, sezione IV, articoli 62 e 63

Delcamp, H., & Leiponen, A. (2014). *Innovating standards through informal consortia: The case of wireless telecommunications*. International Journal of Industrial Organization, 36, 36-47.

Deloitte (2018, July). *How regulation can encourage investments in 5G – ITU Regional Seminar 5G Implementation in Europe and CSI*.

De Marco, A. (2017). *THREE ESSAYS ON MARKETS FOR TECHNOLOGY, PATENT TRANSACTIONS*, Prof. Fabio Montobbio Vilfredo Pareto Doctorate in Economics Università di Torino.

Di Ciaula, A. (2018). *Towards 5G communication systems: Are there health implications?*. International journal of hygiene and environmental health, 221(3), 367-375.

Dittrich, K., & Duysters, G. (2007). *Networking as a means to strategy change: the case of open innovation in mobile telephony*. Journal of product innovation management, 24(6), 510-521.

Egyedi, T. M. (2000). *Institutional dilemma in ICT standardization: Coordinating the diffusion of technology*. In *Information technology standards and standardization: A global perspective* (pp. 48-62). IGI Global.

Eli Greenbaum (July 3, 2018). *5G, STANDARD-SETTING, AND NATIONAL SECURITY*, Harvard Law School National Security Journal

Enkel, E., Gassmann, O., & Chesbrough, H. (2009). *Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon*. R&d Management, 39(4), 311-316.

ETSI. 5G. Disponibile da <https://www.etsi.org/technologies/5g>

ETSI. *About ETSI*. Disponibile da <https://www.etsi.org/about>

ETSI IPR ONLINE DATABASE. Disponibile da <https://ipr.etsi.org/>

European Commission (2009). *Broadband: Commission consults on regulatory strategy to promote very high speed Internet in Europe – frequently asked questions*. Disponibile da <http://blog.telconews.gr/2009/06/eu-broadband-commission-consults-on.html?m=0>

European Commission (2010). *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL*

COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS – a Digital Agenda for Europe. Disponibile da <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0245:FIN:EN:PDF>

European Commission (September, 2010). *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS European Broadband: investing in digitally driven growth*. Disponibile da <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52010DC0472>

European Commission, (September 14, 2016). *5G for Europe: An Action Plan*. Disponibile da <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016SC0306&from=EN>

European Commission (2019). *ANNUAL REPORT ON EUROPEAN SMEs 2018/2019 - Research & Development and Innovation by SMEs*.

European Paliament (2020, March). *Effects of 5G wireless communication on human health*. Disponibile da [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS_BRI\(2020\)646172_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS_BRI(2020)646172_EN.pdf)

European Patent Office. *About Us*. Disponibile da <https://www.epo.org/about-us.html>

Farrell, J., & Saloner, G. (1988). *Coordination through committees and markets*. The RAND Journal of Economics, 235-252.

Farrell, J., & Simcoe, T. (1996). *Choosing the rules for formal standardization*. University of California, Berkeley, working paper.

FOSS Patent, Aprile 2020, “*With new restrictions on standard-essential patent (SEP) injunctions against connected cars and other IoT products, Japan may leave Old Europe behind*”. Disponibile da <http://www.fosspatents.com/2020/04/with-new-restrictions-on-standard.html>

FTTH Council Asia-Pacific. Informazioni reperibili da <http://www.ftthcouncilap.org/>

FTTH Council (2018). *FTTH Council Europe – Panorama*. Disponibile da <https://www.ftthcouncil.eu/documents/FTTH%20Council%20Europe%20-%20Panorama%20at%20September%202018.pdf>

Gregory Sida (June 2015). *How Licensing Standard-Essential Patents Is Like Buying a Car*, Wipo Magazine

GSMA (2017, September). *Effective Spectrum Pricing in Europe: Policies to support better quality and more affordable mobile services*. Disponibile da <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2018/12/Effective-Spectrum-Pricing-in-Europe.pdf>

GSMA (2014). *Mobile taxes and fees: A toolkit of principles and evidence*. Disponibile da https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2014/02/Mobile-taxes-and-fees-A-toolkit-of-principles-and-evidence_fullreport-FINAL1.pdf

Han, Y. J. (2015). *Analysis of essential patent portfolios via bibliometric mapping: an illustration of leading firms in the 4G era*. Technology Analysis & Strategic Management, 27(7), 809-839.

International Agency for Research on Cancer (2013). *Non-Ionizing radiation, Part II: Radiofrequency Electromagnetic Fields, Monographs on the Evaluation of Carcinogen Risks to Humans vol. 102*. Lyon: IARC; 2013. Disponibile da <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/mono102.pdf>

ITU-T. Disponibile da <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>

Jacopo Pichelli & Malek El Damouri (October 2020). *Mobile network operators have an opportunity in the 5G/LTE private network market*.

Kang, B., & Bekkers, R. (2015). *Just-in-time patents and the development of standards*. Research Policy, 44(10), 1948-1961.

Kang, B., & Motohashi, K. (2015). *Essential intellectual property rights and inventors' involvement in standardization*. Research Policy, 44(2), 483-492.

Kreutz, D., Ramos, F. M., Verissimo, P. E., Rothenberg, C. E., Azodolmolky, S., & Uhlig, S. (2014). *Software-defined networking: A comprehensive survey*. Proceedings of the IEEE, 103(1), 14-76.

Layne-Farrar, A. (2011). *Innovative or indefensible?: An empirical assessment of patenting within standard setting*. International Journal of IT Standards and Standardization Research (IJITSR), 9(2), 1-18

Leiponen, A. E. (2008). *Competing through cooperation: The organization of standard setting in wireless telecommunications*. Management Science, 54(11), 1904-1919.

Mar Negreiro (2017). *Towards connectivity for a European Gigabit society*, European Parliamentary Research Service. Disponibile da [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603979/EPRS_BRI\(2017\)603979_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603979/EPRS_BRI(2017)603979_EN.pdf)

McKinsey (2018). *Network sharing and 5G: A turning point for lone riders*.

McKinsey Global Institute (February 2020). *Connected world. An evolution in connectivity beyond the 5G revolution*.

Melissa A. Schilling (2013). *Strategic Management of Technological Innovation - Fourth Edition*.

National Research Council (2006). *Renewing U.S. Telecommunications Research*. Disponibile da <https://www.nap.edu/read/11711/chapter/1>

Open Fiber (October, 2019). *Coverage plan*. Disponibile da <https://openfiber.it/en/infratel-area/coverage-plan/>

Open fiber. *GPON*. Disponibile da <https://openfiber.it/en/technologies/ftth/gpon/>

Rysman, M., & Simcoe, T. (2008). *Patents and the performance of voluntary standard-setting organizations*. Management science, 54(11), 1920-1934.

Solow, R. M. (1956). *A contribution to the theory of economic growth - The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.

SpeedCheck. Dial-up. Disponibile da <https://www.speedcheck.org/wiki/dial-up/>

Taleb, T., Samdanis, K., Mada, B., Flinck, H., Dutta, S., & Sabella, D. (2017). *On multi-access edge computing: A survey of the emerging 5G network edge cloud architecture and orchestration*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 19(3), 1657-1681.

TIM. *Le migliori tecnologie per navigare al massimo della velocità*. Disponibile da <https://www.tim.it/fisso-e-mobile/fibra-e-adsl/architettura-rete#>

World Intellectual Property Organization. *About WIPO*. Disponibile da <https://www.wipo.int/about-wipo/en/>

Wu, T., Rappaport, T. S., & Collins, C. M. (2015, June). *The human body and millimeter-wave wireless communication systems: Interactions and implications*. In *2015 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 2423-2429). IEEE.

Zhang, H., Liu, N., Chu, X., Long, K., Aghvami, A. H., & Leung, V. C. (2017). *Network slicing based 5G and future mobile networks: mobility, resource management, and challenges*. *IEEE communications magazine*, 55(8), 138-145.

Ringraziamenti

A conclusione dell'elaborato desidero dedicare questo breve spazio per ringraziare tutte le figure che ne hanno permesso la stesura e mi hanno affiancato negli anni universitari.

Innanzitutto, vorrei ringraziare il prof. Carlo Cambini ed il prof. Antonio De Marco, rispettivamente relatore e co-relatore di questa tesi. Le vostre osservazioni ed i vostri suggerimenti sono stati estremamente preziosi, così come la vostra continua disponibilità. Senza il vostro aiuto, accademicamente ed umanamente parlando, questa tesi non sarebbe esistita.

Desidero poi ringraziare tutta la mia famiglia: la mia più grande fortuna è quella di aver ricevuto il supporto di nonni, zii e cugini e per questo vi ringrazio infinitamente.

Per i sacrifici ed il costante sostegno ringrazio mia madre, mio padre e mio fratello Enrico: siete da sempre, per me, fonte d'ispirazione. A voi dedico questa tesi e con voi più di tutti condivido la gioia di questo traguardo, sperando che ripaghi, seppur in minima parte, i vostri sacrifici.

Letizia e Viviana, vi ho incontrato molto prima di intraprendere il percorso universitario e la vostra presenza mi ha da sempre arricchita profondamente.

Letizia, non penso di esagerare quando dico che mi conosci come le tue tasche. Tu, più di chiunque altro, hai saputo dire la cosa giusta al momento giusto: i tuoi incoraggiamenti e la tua presenza sono stati, molte volte, gli unici luoghi in cui rifugiarmi.

Viviana, con la tua intraprendenza sei riuscita a darmi la giusta spinta per raggiungere risultati che da sola non riuscivo nemmeno ad immaginare.

Inoltre, desidero ringraziare Roberto. La tua pazienza ed il tuo sostegno sono stati fondamentali. Mi hai insegnato a cambiare prospettiva e sei stato in grado di dare luce ai miei momenti più bui. La soddisfazione di questo traguardo è anche un po' tua.

Per motivi di spazio mi è impossibile citare tutte le persone che mi hanno accompagnata, seppur per brevi periodi, durante il percorso universitario. Per questo motivo la mia gratitudine va a Simona, Matilde, Silvio, a tutti gli amici e i colleghi che hanno contribuito, con la loro presenza, a rendere indimenticabili questi anni.

Grazie.

Appendice

Tabella A – Analisi statistiche sul campione di controllo post-match

Campione di controllo	Osservazioni	Media	Mediana	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Numero di rivendicazioni	146070	17.090	15	10.531	1	305
Numero di sottoclassi tecniche	180712	1.810	2	0.858	1	7
Numero di inventori	180712	2.829	3	1.709	1	28
Numero di assegnatari	180712	1.623	1	1.366	1	24
Dummy: il brevetto è co-assegnato	180712	0.255	0	0.436	0	1
Numero di citazioni backward	180712	165.531	84	313.423	1	4.994
Numero di citazioni ricevute	180712	17.391	7	35.455	0	1.123
Numero di citazioni ricevute normalizzate	180712	1.419	0.667	2.712	0	102.091
Dimensione della famiglia brevettuale	180712	6.553	4	9.723	1	427
Numero di Paesi in cui è esteso il brevetto	180712	4.453	4	3.264	1	28
Numero di TS	180712	0	0	0	0	0

Tabella B – matrice di correlazione post-match

	Numero di rivendicazioni	Numero di sottoclassi tecniche	Numero di inventori	Numero di assegnatari	Dummy: brevetto co-assegnato	Numero di citazioni backward	Numero di citazioni ricevute	Numero di citazioni ricevute normalizzate	Numero di membri della famiglia	Estensione territoriale del brevetto
Numero di rivendicazioni	1									
Numero di sottoclassi tecnologiche	0,041	1								
Numero di inventori	0,041	0,040	1							
Numero di assegnatari	0,086	0,125	0,289	1						
Brevetto co-assegnato	0,077	0,131	0,020	0,770	1					
Numero di citazioni effettuate	0,052	0,098	0,040	-0,008	-0,011	1				
Numero di citazioni ricevute	0,102	0,162	0,088	0,096	0,059	0,299	1			
Numero di citazioni ricevute normalizzate	0,088	0,122	0,111	0,089	0,055	0,355	0,927	1		
Numero di membri della famiglia brevettuale	0,013	0,131	0,062	-0,009	-0,033	0,325	0,500	0,551	1	
Estensione territoriale del brevetto	0,022	0,117	0,071	-0,048	-0,093	0,118	0,270	0,253	0,596	1

Tabella C – modelli logit, analisi di robustezza (numero di co-assegnatari)

Modello	(1)	(2)	(3)
Ufficio brevetti	EPO	USPTO	JPO
Numero di inventori	0,017*** (0,001)	0,011*** (0,001)	0,019*** (0,001)
Numero di co-assegnatari	-0,067*** (0,007)	0,005*** (0,001)	-0,168*** (0,015)
Numero di sottoclassi tecnologiche	0,020*** (0,001)	0,014*** (0,001)	0,016*** (0,002)
Numero di rivendicazioni	0,000*** (0,000)	0,002*** (0,000)	
Numero di citazioni effettuate	-0,002*** (0,000)	-0,002*** (0,000)	-0,002*** (0,000)
Anno di applicazione	Si	Si	Si
Osservazioni	69.122	92.569	38.112
Log-verosimiglianza	-15.864,5	-23.561,7	-9.477,9
Chi-quadro	10.392,0	12.541,1	5.077,8

In tabella vengono presentati gli effetti marginali medi della regressione Logit. La variabile dipendente è la dummy di essenzialità del brevetto. Tra parentesi gli errori standard. Le stelle, da una a tre, indicano il livello di significatività, rispettivamente 10%, 5% e 1%.

Tabella D – modelli di Poisson per l'analisi di robustezza

Modello	(1)	(2)	(3)
Ufficio brevetti	EPO	USPTO	JPO
Campione principale	19,132*** (0,094)	17,592*** (0,080)	30,202*** (0,169)
Numero di inventori	1,412** (0,008)	1,277*** (0,008)	1,277*** (0,011)
Numero di sottoclassi tecnologiche	-0.023 (0.020)	2,212*** (0,017)	2,348*** (0,024)
Numero di rivendicazioni	0.105*** (0.001)	0,145*** (0,001)	
Numero di citazioni effettuate	0.070*** (0.000)	0,095*** (0,000)	0,088*** (0,000)
Brevetto co-assegnato	-3.108*** (0.122)	-3,259*** (0,046)	-4,549*** (0,186)
Numero di paesi della famiglia brevettuale	1.028*** (0.004)	1,091*** (0,004)	1,555*** (0,005)
Anno di applicazione	Si	Si	Si
Osservazioni	69.109	92.374	38.278
Log-verosimiglianza	-695.119,9	-136.9578,4	-422.032,4
Chi-quadro	1016418,8	1.137.189,9	682.359,4

In tabella vengono presentati gli effetti marginali medi della regressione Poisson. La variabile dipendente è il numero di citazioni ricevute. Tra parentesi gli errori standard. Le stelle, da una a tre, indicano il livello di significatività, rispettivamente 10%, 5% e 1%.