

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

*Impatto delle tecnologie a banda larga mobile sullo sviluppo
economico locale*



Relatore:
Professor *Carlo Cambini*

Candidato:
Valeria Galetto

Ottobre 2020

Indice

Introduzione.....	3
Capitolo I.....	6
Reti di comunicazione: la banda larga.....	6
1.1 Tecnologie DSL	7
1.2 Fibra Ottica.....	8
1.3 Wireless.....	9
1.4 Banda larga su powerline (BPL).....	10
1.5 Banda Ultra-larga (<i>Ultra-Broadband</i>).....	10
1.6 La Banda Larga Mobile: 4G e 4Gplus.....	11
Capitolo II.....	17
Riferimenti Letterari.....	17
2.1 Impatto economico delle infrastrutture a banda larga	17
2.2 Impatto locale dell'adozione di broadband e ultrabroadband.....	22
2.3 Impatto economico della rete mobile	25
Capitolo III.....	28
Analisi descrittiva dei dati.....	28
3.1 Copertura delle infrastrutture a banda larga mobili.....	28
3.2 Copertura della infrastruttura fissa: ADSL e UBB	34
3.3 Mobilità delle imprese.....	38
3.4 Occupazione e lavoro	46
Capitolo IV.....	50
Analisi di regressione	50
4.1 Specificazione del modello	51
4.2 Stima con metodo OLS.	53
4.2.a Valutazione del numero di nuove imprese iscritte	53

4.2.b Valutazione del numero di imprese cessate	59
4.3 Analisi di regressione con specificazioni morfologiche del territorio	62
4.3.a Effetto sul numero di nuove imprese iscritte	62
4.4 Valutazione del modello ad effetti fissi	68
4.5.a Valutazione dell'endogeneità della presenza di 4G e sua possibile soluzione	76
4.5.b Valutazione dell'endogeneità della presenza di 4Gplus e sua possibile soluzione.....	80
Bibliografia	91
Sitografia	93
Ringraziamenti	96

Introduzione

L'obiettivo che si pone il seguente lavoro di tesi consiste nell'individuare una possibile relazione tra la crescita economica locale, interpretabile come l' aumento del numero di imprese operanti sul territorio nazionale, e lo sviluppo della banda larga mobile. Cercare una relazione tra la diffusione delle reti a banda larga e la crescita economica, locale e globale, è uno degli intenti principali di molti studi condotti negli ultimi anni. L'unanimità della comunità scientifica concorda sull'importanza strategica da attribuire alla banda larga per la sua capacità di accelerare il contributo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, per l'innovazione delle imprese di ogni dimensione e classificazione, nonché per la coesione sociale e regionale.

Negli ultimi decenni, le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) sono state considerate un elemento fondamentale per l'aumento della produttività e per la crescita di un paese (Abramovits, 1986). L'innovazione portata dalla rete può essere paragonabile, in termini di cambiamenti impressi nella società, alle grandi invenzioni della Storia: dal motore a scoppio all'introduzione delle ferrovie o all'energia elettrica. Internet ha cambiato il modo di comunicare, ha introdotto nuovi beni capitali, nuove figure professionali, ha rivoluzionato i sistemi di finanziamento e i metodi di gestione e organizzazione delle imprese.

Data l'importanza che riveste questa infrastruttura nascono complicazioni e discussioni in merito al suo utilizzo. Oggi è divenuto necessario per qualunque ambito, che sia professionale o di altra natura, poter accedere con facilità a questo strumento. La banda larga, o *broadband*, ha sicuramente agevolato il processo di digitalizzazione della società permettendo di poter accedere alla rete a velocità di gran lunga superiori rispetto alle tecnologie passate.

Sebbene i costi per portare la banda larga e la banda ultra larga (raggiungibile al momento solo tramite fibra ottica) siano ancora oggi molto elevati, il suo sviluppo avrebbe come conseguenza una combinazione di effetti diretti e indiretti. I primi includono essenzialmente il risultato dell'aumento dell'occupazione, la creazione di tutti

i nuovi servizi legati a Internet e i lavori stessi per la costruzione dell'infrastruttura necessaria.

Gli effetti indiretti, invece, sono relativi all'aumento di produttività conseguente all'aver adottato tale tecnologia e, ad esempio, possono includere l'abbattimento dei costi di comunicazione e di transazione che diminuiscono con l'aumento della velocità di connessione alla rete. Infatti, una maggiore quantità di dati di alta qualità possono essere trasferiti e archiviati digitalmente a costi inferiori. Ulteriori benefici indiretti possono verificarsi nelle azioni di monitoring, i cui costi sono ridotti grazie all'ampio contenuto di informazioni che la rete garantisce e la velocità con cui possono essere consultate. Ne deriva sicuramente un aumento della concorrenza, che può permettere di migliorare l'efficienza dei servizi offerti.

L'attenzione attribuita allo sviluppo della banda larga da parte delle amministrazioni comunitarie è ampia: molti paesi europei hanno adottato politiche a sostegno della domanda, concedendo sussidi finanziari agli utenti finali, e dell'offerta, creando gli appositi network in grado di trasmettere la banda larga e aprendo i mercati per incrementare la competizione. L'Agenda Digitale Europea¹, presentata nel 2010, si era posta l'obiettivo di realizzare un mercato unico digitale e di promuovere un accesso a internet veloce e superveloce per tutti, a prezzi competitivi. La Commissione Europea si è dimostrata favorevole da subito a incoraggiare lo sviluppo di reti d'accesso di nuova generazione (NGA, *Next Generation Access*) che consentiranno entro la fine del 2020, secondo i piani iniziali, un accesso alla banda larga raggiungibile sia da rete fissa che mobile tramite 4G. Inoltre, sempre entro la fine del 2020, gli obiettivi europei comprendevano di dare possibilità di accesso alla banda larga superveloce con almeno 30 Mbps a tutte le famiglie, e accesso alla banda super veloce (100Mbps) almeno al 50% di esse.

La Commissione ha poi sottoposto all'esame del Parlamento e del Consiglio una proposta volta a rivedere tali obiettivi verso una connettività Gigabit nel 2025 per tutti i principali motori socioeconomici quali scuole, poli di trasporto e principali prestatori di servizi pubblici, nonché per le imprese ad alta intensità digitale. La realizzazione di

¹ il programma di azione per lo sviluppo delle ICT e dell'economia digitale

questi obiettivi richiede sicuramente un impegno costante a livello comunitario e dei singoli Stati membri, che sono chiamati ad attuare politiche attive per la regolamentazione e la concorrenza.

Per poter individuare la relazione tra la banda larga mobile e la crescita locale, questo studio si proporrà di effettuare un'analisi empirica consultando dati relativi a tutti i comuni italiani nell'arco di tempo 2012-2019. In particolare, è stato possibile consultare due differenti dataset, uno messo a disposizione da TIMLab sulla diffusione delle tecnologie fisse e mobili a livello comunale e il secondo appositamente creato dal Politecnico di Torino sulla presenza, le nuove iscrizioni e le cessazioni delle imprese, costruito a partire dai dati delle Camere di Commercio locali. Per ogni comune, in particolare, le imprese presenti sono classificate a seconda del settore, della natura giuridica e del numero di dipendenti.

Dopo una breve descrizione delle principali caratteristiche e metodi di trasmissione della banda larga, fissa e mobile, verrà approfondita la teoria economica relativa all'argomento in questione e verrà effettuata una analisi descrittiva iniziale dei dati presenti nei dataset a disposizione. Da questo livello è già possibile individuare, seppur in modo meno analitico, una possibile connessione tra la mobilità delle imprese e la copertura delle reti sul territorio.

Nell'analisi empirica, vero e proprio fulcro di questa indagine, si cercherà di ricercare e stabilire analiticamente, tramite uno studio econometrico, il tipo di relazione esistente tra la crescita economica locale e la banda larga mobile, focalizzandosi in particolare sulle reti 4G e 4Gplus.

Capitolo I

Reti di comunicazione: la banda larga

La rete di comunicazione viene definita come l'insieme delle infrastrutture e apparati che consentono agli individui e oggetti di comunicare fra loro, tramite lo scambio di immagini, suoni e dati. Oggi le reti di comunicazione offrono una vasta offerta di servizi: dalla tradizionale chiamata vocale alla visione di un filmato o all'intero sistema di domotica installabile nella propria abitazione.

In Italia, le reti di comunicazioni nacquero come piattaforme mono-servizio: ognuna era concepita per fornire un singolo servizio. Tutt'ora questa struttura è rimasta alla base delle successive rivisitazioni e le differenti reti mono-servizio per trasmettere l'informazione da una centrale alla successiva utilizzano infrastrutture comuni quali cavi, ponti radio e canali di trasmissione. Ecco perché quando si parla di rete telefonica e rete a banda larga si ha la convinzione di trattare due oggetti separati. Ed effettivamente, gli apparati che gestiscono e smistano i due differenti flussi di traffico sono distinti ma le strutture portanti utilizzate – fibra, cavi in rame, ponti radio – sono le medesime.

La rete trasmissiva, necessaria per il trasferimento di un qualunque tipo di informazione, è costituita da due principali componenti: le portanti, ossia coloro che trasportano fisicamente il segnale come i cavi in rame o in fibra ottica, e gli apparati trasmissivi, che presiedono alle funzioni di trasmissione del segnale.

Nel mondo delle telecomunicazioni, con il termine "banda larga" – o *broadband* in inglese – si intende una connessione internet che permette un accesso a velocità superiore rispetto a quella concessa dal modem analogico, che permetteva un massimo di 56 Kbit/sec. Questa descrizione non consente di definire una velocità di soglia oltre la quale una rete possa essere considerata a banda larga. Specificare la soglia, dopotutto, porterebbe qualunque definizione ad un rapido rischio di obsolescenza, dato lo sviluppo costante di nuove tecnologie e infrastrutture.

La Commissione Europea, in linea con gli obiettivi della DAE (*Digital Agenda for Europe*), ha superato la definizione di banda larga stabilendo che entro la fine del 2020

tutti i cittadini europei dovranno avere almeno una connessione con velocità di accesso pari a 30 Mbit/sec e il 50% di essi dovrà sottoscrivere un abbonamento con velocità 100 Mbit/sec. Inoltre, nel 2016, sempre la Commissione Europea si è data come obiettivo quello di portare entro il 2025 una connessione a 100 Mbit/sec per tutti i cittadini, garantire in tutti i luoghi chiave per lo sviluppo socio-economico una connettività di 1Gbit/sec e la copertura 5G per tutte le aree urbane e le principali vie di trasporto terrestri. Entrambi i piani sono in linea con l'ambizioso obiettivo di realizzare una *Gigabit Society*, una società completamente interconnessa in cui il piano digitale non sarà più una dimensione parallela alla realtà fisica, bensì una declinazione del quotidiano.

La banda larga include diversi metodi di trasmissione:

- Digital Subscriber Line (DSL), di cui la più nota ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)
- Fibra ottica, che può raggiungere direttamente l'abitazione (FTTH, *fiber to the home*) oppure l'armadio di ripartizione della linea (FTTC, *fiber to the cabinet*)
- Wireless: come le tecnologie HiperLAN, WiMAX, connessioni satellitari o reti mobili
- Powerline (BPL)

Prima di soffermarsi nel dettaglio sulle banda larga mobile, aspetto cruciale di questo lavoro, conviene avere una idea generale di quali siano queste tecniche di trasmissione.

1.1 Tecnologie DSL

La Digital Subscriber Line (DSL) è una famiglia di tecnologie di trasmissione via cavo in grado di trasmettere per via analogica i dati digitali attraverso l'ultimo miglio della rete telefonica fissa, ovvero sul doppino telefonico dalla prima centrale di commutazione fino all'utente finale e viceversa. La velocità di trasmissione è molto più elevata rispetto a quella garantita dalle tradizionali linee telefoniche.

In questa famiglia di tecnologie la più nota è senza dubbio la *Asymmetric DSL* (ADSL), caratterizzata da una maggiore velocità di ricezione (download) rispetto a quella di trasmissione (upload). Consente la trasmissione dei dati sulla stessa linea utilizzata per fornire il servizio telefonico. Il successo di questa tecnologia deriva dal fatto che ha

permesso di amplificare lo spettro utilizzabile della rete in rame ma consentendo la compresenza dei servizi vocali tradizionali.

La qualità di una connessione ADSL dipende dalla consistenza del rame, dalla distanza del collettore principale, e dal collegamento del distributore principale tramite fibre ottiche al resto della rete. Nelle aziende, che tipicamente richiedono una larghezza di banda estesa sia in download che upload, all'ADSL viene preferita la tecnologia SDSL (Symmetrical Digital Subscriber Line).

1.2 Fibra Ottica

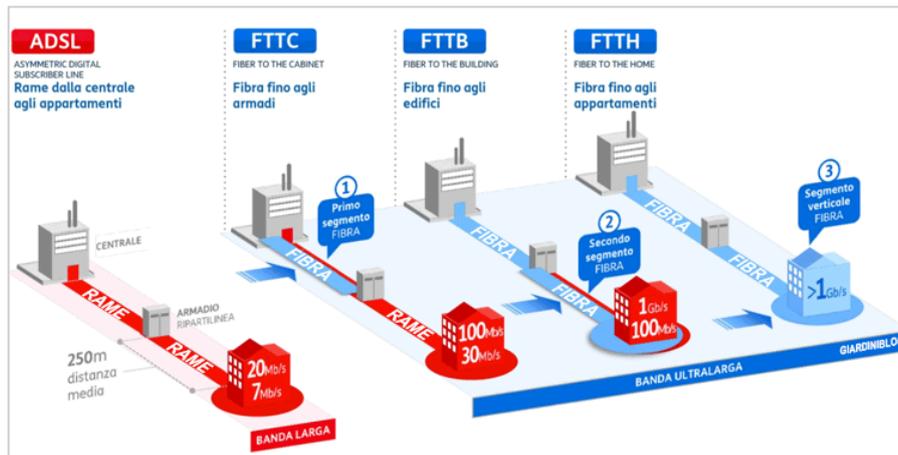
La Fibra Ottica consente di ottenere una velocità di un ordine di grandezza superiore al rame (dai 100Mbit/sec a 1Gbit/sec) ma richiede un investimento notevole: la sostituzione, parziale o totale, della rete di distribuzione. A differenza delle tecnologie ADSL non si inviano segnali elettrici ma luminosi, e la velocità in downstream è uguale a quella in upstream. È ideale per grandi quantità di dati da trasferire rapidamente ed è insensibile alle interferenze esterne di natura elettromagnetica o cambiamenti di temperatura. Lo svantaggio è dato esclusivamente dal costo molto più elevato rispetto al modem via cavo o all'ADSL.

Esistono tre differenti tipi di connessione in fibra ottica:

- FTTC (*Fiber to the cabinet*): con velocità attualmente fino a 100 Mbit/s, utilizza i cavi in rame per portare il segnale dall'armadio di ripartizione della linea al palazzo e infine all'abitazione.

- FTTB (*Fiber to the building*): con velocità da 100 Mbit/s a 1 Gbit/s, utilizza il rame solo per l'ultimo tratto di congiunzione tra palazzo e abitazione.

- FTTH (*Fiber to the home*): con velocità che possono raggiungere, al momento, 1 Gbit/s. È la più performante perché tutta la rete, dalla centrale all'abitazione, è realizzata con cavi in fibra ottica, senza provocare i famosi "colli di bottiglia" dovuti all'utilizzo del doppino in rame.



-Figura 1. Differenze tra fibra e ADSL. Fonte: TIM Netbook 2018

1.3 Wireless

La banda larga wireless, che può essere sia fissa che mobile, permette la connessione a Internet utilizzando un collegamento nell'etere tra la posizione dell'utente e la struttura del fornitore del servizio. Vengono spesso utilizzate nei posti in cui, per varie motivazioni, la rete fissa è difficile da collegare. La velocità e la qualità garantita da queste tecnologie, che dipendono anche dallo standard utilizzato², sono arrivate negli anni a raggiungere quelle delle reti cablate.

Le reti locali wireless (*Wireless Local Area Network*, WLAN) sfruttano le tecnologie wireless su distanze più brevi e sono spesso utilizzate per estendere la portata di una linea telefonica dell'ultimo miglio o di una connessione a banda larga wireless fissa all'interno di un ambiente come una casa. Le reti Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) possono essere progettate sia per l'accesso privato che per quello pubblico. La velocità di trasferimento dei dati dipende dallo standard utilizzato e varia tra 2 Mb/s e 600 Mb/s. Le interferenze radio tuttavia rendono questo tasso difficilmente raggiungibile e nella realtà le velocità si aggirano tra 0,9 e 74 Mb/s.

² Lo standard WLAN più diffuso è quello basato su specifiche IEEE 802.11 (noto anche con il nome commerciale Wi-Fi).

1.4 Banda larga su powerline (BPL)

Il *Powerline* è una tecnologia per la trasmissione di voce o dati che utilizza la rete di alimentazione elettrica come mezzo trasmissivo. Per questo motivo si presenta come una tecnologia alternativa al doppino in rame, che permetterebbe ai fornitori di energia elettrica di garantire questo servizio mettendo a disposizione l'infrastruttura esistente senza ricorrere ad esterni. Questa soluzione potrebbe fornire un accesso a banda larga e ridurre così il divario digitale in quelle zone dove l'ADSL fatica ad arrivare o in quei luoghi in cui la fibra ottica sarebbe, al momento, impossibile da implementare.

1.5 Banda Ultra-larga (*Ultra-Broadband*)

Con questo termine si fa riferimento alle connessioni oltre i 100 Mega fino a 1 Gigabit per secondo. L'unica infrastruttura fissa capace di permettere queste velocità così elevate è la fibra ottica. Attualmente la maggior parte della connessione ultra-broadband è FTTC poiché gli ultimi lavori necessari per raggiungere le abitazioni sono in fase di sviluppo. Dal documento "Strategia italiana per la banda ultra-larga" messo a disposizione sul sito del Ministero dello Sviluppo Economico, si apprende che l'Italia è indietro in tutte le classifiche europee relative alla digitalizzazione e ultima per diffusione della banda ultra-larga.

L'ultima rivisitazione del piano strategico per la banda ultra-larga si pone l'obiettivo di raggiungere entro la fine del 2020 la copertura fino all'85% della popolazione con una connettività ad almeno 100 Mbps, che è l'unica a poter essere definita *ultra fast broadband* nell'accezione dell'Agenda Digitale Europea. Per il restante 15% della popolazione, invece, l'obiettivo è di garantire servizi con velocità pari ad almeno 30 Mbps in download (fast broadband, nell'accezione dell'Agenda Digitale Europea). Parallelamente alla creazione delle infrastrutture digitali, sarà poi compito della Strategia per la Crescita Digitale stimolare con la creazione e l'offerta di servizi che ne rendano appetibile l'utilizzo la sottoscrizione di abbonamenti in *ultrabroadband*.

Agli obiettivi prefissati in passato si aggiungono le nuove esigenze portate alla luce della crisi sanitaria causata dall'epidemia di COVID-19, le quali hanno spinto il

gruppo TIM all'ambizioso piano di portare la rete ultra-larga entro fine 2020 a circa il 90% delle famiglie italiane.

Ad agosto 2020, inoltre, è nato un accordo tra TIM e Cassa Depositi e Prestiti, con la partecipazione del fondo americano KKR, per arrivare a dotare l'Italia di un' unica infrastruttura di connettività a banda larga, dopo anni di discussioni a riguardo³. L'accordo prevede lo scorporo della rete secondaria di TIM, la rete di accesso in rame, che confluirà in FiberCop, la società che gestirà la rete unica da marzo 2021. I vantaggi in termini di efficienza degli investimenti, di incremento dei ricavi e di riduzione dei costi, potrebbero garantire alle famiglie l'accesso alla banda ultra larga mantenendo la spesa attuale, se non addirittura inferiore.

In particolare, l'accordo prevede:

- velocità di connessione prevista per la copertura FTTH: 1Gbps
- Entro il 2025 una copertura pari al 76% delle unità immobiliari delle aree grigie e nere (56% del Paese)
- completamento copertura delle aree bianche da parte di TIM
- Gestione della rete in fibra da parte di FiberCop, sfruttando l'infrastruttura già posata da FlashFiber
- TIM come fornitore esclusivo per la costruzione e manutenzione delle reti

1.6 La Banda Larga Mobile: 4G e 4Gplus

Quando si parla di mobile broadband ci si riferisce ad una tecnologia di accesso a Internet che utilizza la rete di telefonia mobile come mezzo di entrata. Si tratta di un concetto diverso da quello della banda larga wireless, come quella disponibile nei bar, negli alberghi o nelle lounge degli aeroporti, che fornisce l'accesso alla rete in maniera pubblica. L'unica cosa di cui necessita è uno smartphone in grado di connettersi ad internet e una scheda SIM, che praticamente rappresenta la base per la connettività. La velocità finale della banda larga mobile varia a seconda del tipo di connessione che si riesce ad avere.

³ Oggi in Italia sono presenti due diverse infrastrutture: una di Tim, ex monopolista, e l'altra di Open Fiber, il principale fornitore all'ingrosso di FTTH.

In Europa, in particolare negli ultimi paesi divenuti membri, la banda larga mobile viene spesso utilizzata come sostituto della rete tradizionale. In questi casi, l'infrastruttura mobile raggiunge rapidamente la saturazione e saranno necessari miglioramenti tecnologici e provvedimenti governativi per migliorare le condizioni dell'utente finale. In aree dove è presente la rete cablata, la banda larga mobile trova il suo massimo utilizzo per tutti quei servizi in cui la capacità di essere scollegati da un cavo diventa importante, sia in ambito lavorativo che quotidiano.

Ad oggi la tecnologia più utilizzata è il 4G, la cosiddetta "quarta generazione". Rispetto al predecessore 3G, la velocità è passata da 42 Mbps a 225 Mbps, offrendo una notevole evoluzione in termini di rapidità di navigazione in rete. Il termine LTE (Long Term Evolution), spesso accostato alla definizione di 4G, rappresenta lo standard di rete mobile ed è caratterizzato da alte velocità di trasmissione, bassa latenza e miglior supporto dei servizi dati. Nel 2010 l'ITU (*International Telecommunication Union*) dichiarò lecito da parte degli operatori utilizzare la dicitura **4G/LTE** nel commercializzare i propri smartphone e tablet.

Il grande successo avuto dalla tecnologia 4G è dovuto ai numerosi miglioramenti in termini di prestazioni. La velocità di accesso è comparabile a quella delle reti fisse e permette di sfruttare al meglio le funzionalità offerte oggi dai dispositivi elettronici. In futuro potrebbe sussistere tra reti mobili e fisse una relazione di sostituibilità tecnica di natura asimmetrica, nel senso che le reti mobili sarebbero sostituite da quelle fisse, ma non sarebbe vero il contrario, in quanto le reti fisse non possono assicurare il servizio in mobilità. Oggi, però, complessivamente, le reti mobili non appaiono costituite in grado di soddisfare autonomamente le esigenze di connettività di un'economia e di una società che faccia uso estensivo di servizi digitali, pur potendo indubbiamente dare un contributo sostanziale alla diffusione della banda ultra larga nelle aree geografiche più remote.

In Italia, il 4G si è diffuso a partire dal 2014 crescendo esponenzialmente negli anni e riuscendo a raggiungere una copertura nazionale elevata, che verrà analizzata nel dettaglio in seguito.

Già nel 2014 venne lanciato anche il 4G plus, la sua prima evoluzione, che garantiva velocità di connessione ancora più elevate sfruttando frequenze diverse. Infatti, le linee telefoniche, in Italia, viaggiano su quattro frequenze diverse (800, 1600, 2000, 2600 Mhz). Per avere il 4G Plus è necessario che sia lo smartphone, sia l'operatore (il ripetitore telefonico), siano compatibili con quelle da 800, 1600 e 2600 Mhz. Come vedremo dalle analisi di diffusione sul suolo italiano, il 4G plus non è riuscito a eguagliare in termini di copertura la tecnologia madre da cui proviene.

Infine, esiste un'altra evoluzione della tecnologia 4G, che raddoppia le prestazioni di quest'ultima. Il 4.5G, anche conosciuta come LTE Advanced Pro o LTE-A PRO, permette di raggiungere anche la velocità di 800Mbps. Proprio per queste prestazioni così all'avanguardia è definito come il predecessore del 5G.

Quest'ultimo, il noto e discusso 5G, può essere sì considerato come la normale evoluzione dalla quarta generazione alla successiva ma anche una vera e propria rivoluzione delle telecomunicazioni. Senza entrare nei dettagli tecnici, si può affermare che il 5G introdurrà una tecnologia radio nuova in grado di operare efficacemente a frequenze molto elevate, le cosiddette onde millimetriche, che richiedono una banda molto elevata e introdurranno nuovi paradigmi di comunicazione e nuovi modelli di business. Quando si parla di Industry 4.0, Internet of Things (*IoT*) o Smart City non si può non pensare al collegamento con questa tanto acclamata rivoluzione digitale.

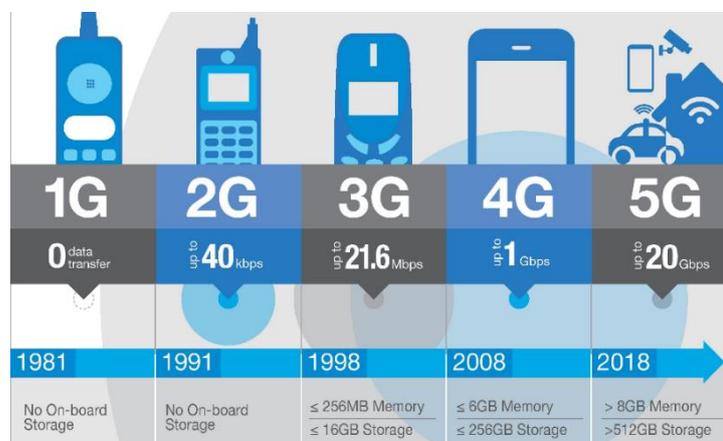


Figura 2. Evoluzione della rete mobile

1.7 Mercato della rete mobile in Italia: struttura e caratteristiche

Per comprendere come si siano diffuse sul territorio italiano la rete 4G e le sue evoluzioni, è utile capire come è strutturato il mercato della rete mobile, chi ne è protagonista e in quale direzione si sta dirigendo.

In Italia, il mercato della rete mobile è costituito da un oligopolio ristretto, in cui i tre principali operatori – Tim, Vodafone e WindTre – presentano quote relativamente equivalenti tra di loro, con uno scarto di soli tre punti percentuali tra la quota del primo e quella del terzo. Il merger portato avanti a Novembre 2016 da Wind e Tre, con la nascita del brand unico WindTre, ha determinato la concentrazione del mercato da quattro a tre grandi operatori.

Nella primavera 2018, però, il nuovo operatore low-cost francese Iliad è entrato nel mercato proponendo prezzi molto aggressivi e riducendo il rischio di un livello di concentrazione di mercato troppo elevato. Per anticipare l'entrata di Iliad i tre grandi operatori avevano lanciato nei mesi precedenti delle offerte illimitate, in particolare facendo *undercutting* e lanciando piani *bundle* voce-dati, per stimolare il consumo di dati e fidelizzare i clienti. Queste strategie hanno contribuito a determinare la congestione del network, rallentando la crescita in velocità di download del 4G.

Nel 2019 il market leader si è confermato essere Tim con il 32,2% dei ricavi, seguito da WindTre con il 30,8% e Vodafone con il 29,2%. Iliad, che in due mesi dal suo ingresso aveva già registrato il primo milione di abbonati, continua il suo percorso di crescita (registrando rispetto al 2019 un rialzo di 2,6 punti percentuali).

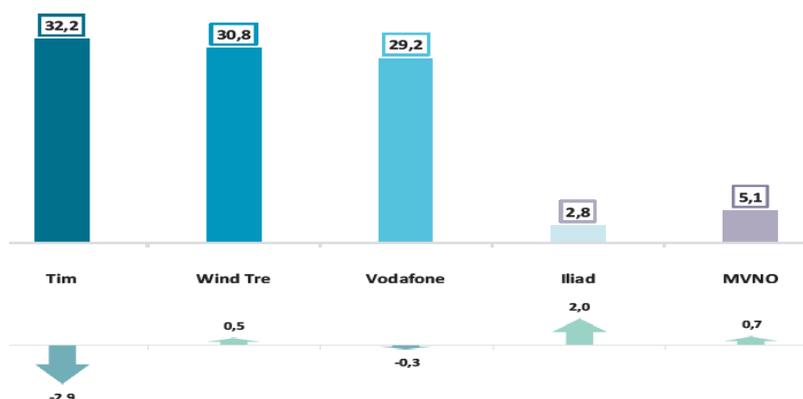


Figura 3. Quote di mercato operatori, 2019

L'operatore francese beneficia di una copertura nazionale in Italia tramite la rete WindTre in *ran sharing*, una strategia tecnologica di condivisione delle risorse di rete mobile, tramite la quale è possibile per due o più operatori condividere in alcune zone le medesime risorse, le stesse frequenze e ottimizzare i costi, riducendo inoltre l'impatto ambientale. Esistono altri operatori, chiamati *Mobile Virtual Network Operator (MVNO)*, che non possiedono l'infrastruttura ma utilizzano quella degli *incumbents*, dietro il pagamento di opportune licenze di utilizzo. In questo settore, le principali quote di mercato sono detenute da PosteMobile (38,8%), Fastweb e CoopVoce. Tra il 2019 e il 2020, nel complesso, tali operatori virtuali hanno registrato un aumento del fatturato del 5,5%, con un giro di affari che si attesta sui 600 milioni di euro.

La forza del settore è rappresentata anche qui da prezzi molto favorevoli per il consumatore, che ormai considera la connessione alla rete come una *commodity*, un requisito minimo, ed è diventato molto più sensibile al prezzo.

In **Figura 4**, è illustrata la spesa media (in miliardi di €) sostenuta dagli utenti per i vari servizi offerti dagli operatori. A partire dal 2017 il trend di decrescita è evidente.

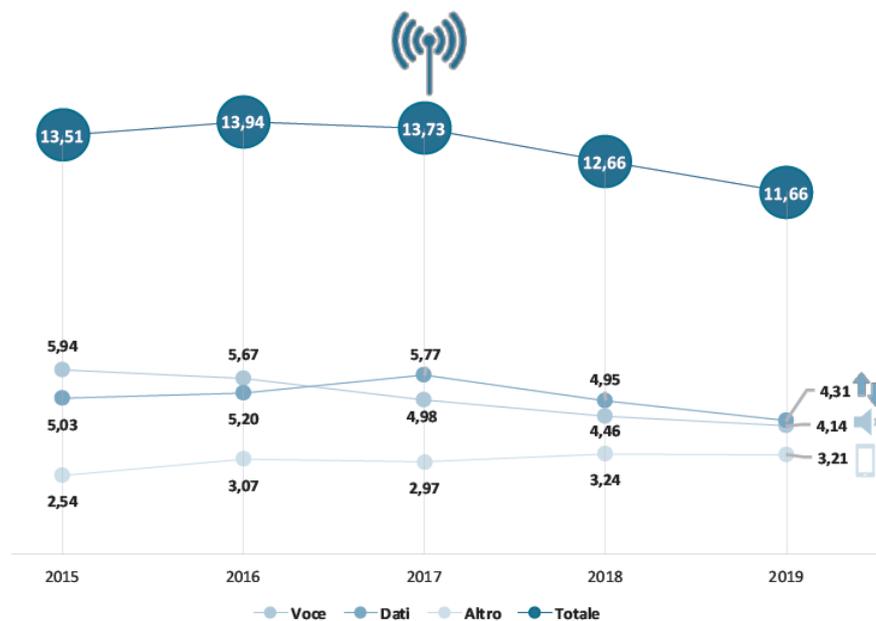


Figura 4. Spesa media per i servizi mobili. Fonte: AGCOM 2020

È cambiato il valore e l'approccio dei consumatori nei confronti della rete mobile: rispetto agli scorsi anni l'utilizzo di social network e servizi streaming è aumentato verticalmente, così come è cambiato il modo di comunicare. Negli ultimi anni si è assistito ad un processo di sostituzione della comunicazione vocale tradizionale con il diffondersi, anche nelle classi demografiche più mature, delle nuove forme di comunicazione veicolate dalle piattaforme online.

Basti pensare che le chiamate verso la rete fissa osservano flessioni al ribasso sempre più significative oppure che il traffico dati relativo agli SMS è diminuito del 90% rispetto al 2012. Al contrario, il consumo medio mensile di dati da rete mobile è stato pari a 6,57 Gigabyte nel 2019⁴, con un trend di crescita in accelerazione rispetto agli anni precedenti (+ 57% circa su base annua).

Il mercato della telefonia mobile si sta dirigendo su un modello di concorrenza incentrato sui dati che spingerà le compagnie ad offrire sempre più disponibilità di traffico nelle tariffe mensili e renderà forse il consumatore sempre più attento alla qualità della rete offerta e al suo costo, divenendo molto meno fidelizzato rispetto al passato.

⁴ Dati relativi al 2020 non sono ancora stati pubblicati, ma vista l'emergenza sanitaria conseguente alla pandemia da Coronavirus ci si può aspettare che, per i mesi concomitanti al lockdown, saranno ancora superiori.

Capitolo II

Riferimenti Letterari

2.1 Impatto economico delle infrastrutture a banda larga

A partire dagli anni '90, con la rapida crescita di Internet e delle tecnologie di connessione, la letteratura economica ha iniziato ad interrogarsi sui possibili vantaggi che la rete, considerata sin da subito un potente motore per la crescita, poteva portare all'economia mondiale. Se è pur vero che il progresso tecnologico è considerato come l'unica vera forza che guida il processo di crescita (Abramovitz, 1956; Solow, 1957), l'effetto della banda larga non è stato subito definito in modo univoco dalla comunità scientifica. Questo perché lo sviluppo di un network efficace può portare benefici non solo per la crescita economica, che sicuramente resta il primo fulcro su cui si concentrano le attenzioni, ma anche a livello occupazionale, sociale e educativo. Ne sono un esempio la didattica a distanza, in questi primi mesi del 2020 divenuta fondamentale per necessità, e il telelavoro, che non solo permettono di costruire modelli lavorativi più flessibili che possono stimolare la partecipazione del lavoratore, ma che per via indiretta influiscono sulla mobilità, sull'inquinamento delle strade e l'intera qualità della vita.

Tra i vari studi che cercarono di trovare il collegamento tra l'adozione della banda larga e la crescita sicuramente è da citare l'analisi di Koutroumpis, che nel 2009 riuscì a individuare una connessione significativa sul PIL nazionale di 22 paesi OECD⁵ per una analisi riguardante il quinquennio 2002-2007. Per condurre l'analisi utilizzò una funzione di produzione tale da rendere endogeni gli investimenti in telecomunicazioni e poter vedere così l'effetto causale sulla crescita. In particolare, sviluppò il GDP (*Gross Domestic Product*) come funzione di lavoro, capitale e stock utilizzato per gli investimenti nelle infrastrutture broadband. Dai risultati emerse che vi erano rendimenti crescenti di

⁵ OECD è l'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico. È una assemblea consultiva che si pone l'obiettivo di risolvere problemi comuni, identificare pratiche commerciali e ordinare le politiche locali e internazionali dei paesi membri.

fronte agli investimenti nella banda ultra-larga. Un aumento dell'1% in questi ultimi faceva aumentare il GDP del 0.023%. La massa critica da raggiungere inoltre si attestava intorno al 30%, che in altri termini implicava di permettere a metà della popolazione di potersi connettere.

Un possibile difetto di questo studio va individuato nella mancanza di dati aggiornati, a causa del celere sviluppo della tecnologia. Ad esempio, sono poche le informazioni legate al tipo di servizio scelto dall'utente in base al suo background socioeconomico e questo implica che il livello di infrastruttura richiesto per connettere la massa critica potrebbe variare da paese a paese. Per i paesi più ricchi e urbanizzati, ad esempio, il beneficio della banda larga sarà maggiore rispetto agli altri perché permetterà loro di sfruttare economie di scala dalle reti.

Uno studio analogo è quello svolto da Czernich, et al. (2009). Gli autori confrontarono 25 paesi, sempre appartenenti all'OECD, tra il 1996 e il 2007 normalizzando per la popolazione in età lavorativa per controllare le differenze demografiche tra i paesi. L'intuizione dello studio fu controllare l'endogeneità delle variabili: l'adozione della banda larga poteva risultare endogena ai processi di crescita e la relazione significativamente positiva tra banda larga e sviluppo poteva essere causata da causalità simultanea o variabili omesse. La conseguenza sarebbe stata avere una stima del coefficiente dall'analisi econometrica alterata.

Arginarono il problema dell'endogeneità ricorrendo ad un modello a variabili strumentali in cui la curva di propagazione della banda larga nei paesi era determinata dall'estensione dell'infrastruttura esistente. Infatti, gli standard a banda larga più comuni fanno affidamento sul filo di rame della rete telefonica o della TV via cavo. Nei paesi in cui la fibra raggiunge direttamente le abitazioni, questi condotti preesistenti sono utilizzati per ridurre i costi di implementazione della banda larga. Considerarono l'accesso a una di queste infrastrutture, costruite in passato per altri scopi, fondamentale per l'implementazione della broadband in modo economicamente sostenibile.

Utilizzando solo la parte di variazione della diffusione di broadband predetta dal questo modello a variabili strumentali (VI), trovarono un effetto significativo e positivo

tra l'introduzione della banda larga e la crescita tale che un aumento nell'adozione di broadband del 10% provocava un aumento della crescita annua pro capite intorno a 0,9-1,5 punti percentuali. Inoltre, l'introduzione della banda larga faceva crescere il GDP pro capite di 1,2 punti percentuali in media, controllando per gli effetti fissi di paese e tempo.

Lo strumento scelto come variabile strumentale si dimostrò vincente nel rimuovere parte della causalità inversa e riuscì a isolare il solo effetto della banda larga e non delle altre tecnologie.

Evidenziarono anche come la banda larga e la sua relativa infrastruttura comprendessero molte caratteristiche delle *General Purpose Technology*, in quanto capaci di influenzare un'intera economia. Infatti, grazie alla loro peculiarità di saper decentralizzare i processi informativi e supportare nuovi modelli di lavoro, si differenziano dalle altre tecnologie per la varietà di effetti causati sull'economia.

I primi a concentrarsi sulla distinzione tra la banda larga fissa e quella mobile furono Thompson e Garbatz (2011) che, su un campione di 43 paesi raccolto tra il 2005 e il 2009, riuscirono ad evidenziare che la rete mobile aveva avuto un effetto positivo maggiore sui paesi a basso reddito rispetto agli altri e che opportune politiche concentrate su prezzi, riforme fiscali e aumento della concorrenza, avrebbero potuto fare da garante per un miglioramento economico e sociale di tali paesi. Costruirono la funzione di produzione partendo dalle economie più efficienti e considerando dei fattori che potevano influire sulla distanza da una "barriera di efficienza". L'intento del modello era analizzare se l'adozione di banda larga poteva avvicinare il paese in questione a questa barriera. I risultati dimostrarono che la penetrazione della banda larga mobile riduceva l'inefficienza in misura maggiore nei paesi più poveri rispetto a quelli ricchi mentre la banda larga fissa aveva effetti positivi solo per i paesi a basso reddito. In quelli ad alto reddito la banda larga fissa presentava un effetto negativo e quindi aumentava la distanza dalla frontiera di efficienza. Alla luce di questi risultati, la relazione tra l'adozione di banda ultra larga e la competitività di un paese non sembrerebbe essere confermata.

Per approfondire l'analisi, molti studi si sono chiesti se la relazione in questione potesse riguardare il mercato del lavoro e quindi un cambiamento nei tassi di occupazione delle persone in età lavorativa. I già citati Czernich et al. (2014) condussero uno studio sui comuni tedeschi nel periodo 2002-2006, sulla base della strategia digitale della Germania di portare la banda larga entro il 2010 a tutta la nazione. I dataset erano relativi sia a report ufficiali autorizzati dal Ministero dell'Economia e della Tecnologia tedesco sia a collezioni statistiche dei vari providers di network. Il risultato portato in luce dal modello evidenziò che l'adozione della banda larga non implicava in modo causale la riduzione della disoccupazione: le persone che risultavano segnalate come "in cerca di lavoro" non vennero aiutate dalla strategia digitale.

Questo, però, non va interpretato come una assoluta indifferenza causale della banda larga sul mercato del lavoro. Come primo aspetto, il modello analizzava in prevalenza comuni in aree rurali e quindi lo stesso risultato potrebbe non valere in zone maggiormente urbanizzate. Inoltre, è innegabile che la ricerca di lavoro online sia divenuta molto più accessibile grazie all'arrivo della banda larga, tanto da essere considerata oggi uno dei metodi più comuni di *job matching*. Infine, la disponibilità di internet a banda larga può aumentare l'offerta di lavoro locale grazie alla possibilità di fornire una prestazione lavorativa da un luogo diverso: lo *smart working* permette di lavorare anche a chi, per varie motivazioni, potrebbe essere impossibilitato a spostarsi fisicamente.

Anche Bai (2016) analizzando un campione di dati relativi a 496 contee americane tra il 2011 e il 2014, arrivò alla conclusione che il mercato del lavoro, e in particolare il tasso di disoccupazione, era positivamente correlato all'adozione di broadband. In particolare, secondo il modello, si potevano classificare le velocità di accesso in tre sottogruppi: velocità normale se compresa tra 3Mbit/s e 100 Mbit/s, veloce tra i 100 Mbit/s e 1 Gbit/s o superveloce oltre 1 Gbit/s) e trovò che proprio la velocità "veloce" poteva portare i maggiori benefici. Quella superveloce, invece, suggeriva un ritorno decrescente delle velocità sul tasso di occupazione.

Tra coloro che indagarono sulla connessione tra broadband e produttività del lavoro vi è sicuramente lo studio condotto nel 2015 da Akerman et al. su un set di imprese norvegesi nei sei anni dal 2001 al 2007. Gli autori vollero indagare se un

aumento di adozione di rete veloce potesse influire sulla produttività dei lavoratori e sul loro stesso stipendio. Giunsero alla conclusione che l'adozione di broadband era complementare e quindi poteva integrare il lavoro del personale qualificato, addetto a operazioni più astratte e che non compiva operazioni di routine. Era invece un bene sostituto per i lavoratori *unskilled*, ossia quelli non specializzati. In particolare, la produttività marginale, e conseguentemente anche il salario, dei lavoratori *skilled* erano aumentati in seguito al cambiamento tecnologico, mentre erano diminuiti quelli degli altri.

Un ulteriore studio che si è focalizzato sull'impatto delle broadband sulla occupazione locale è stato quello condotto da Kolko nel 2012. Anche qui il campione si riferisce agli Stati Uniti ma per un periodo di tempo leggermente più grande, dal 1992 al 2006. La relazione trovata dal modello econometrico è stata significativa e positiva, in particolare per i settori ad alto affidamento sulla tecnologia, come le utilities e l'innovazione scientifica.

L'autore evidenziò che l'adozione della banda larga (e ultra larga) per i settori *high tech* potrebbe far aumentare la domanda di lavoratori qualificati nell'utilizzo delle nuove tecnologie e, allo stesso tempo, ridurre quella di operatori non specializzati. La manodopera diventerebbe quindi un bene complementare alla tecnologia a banda larga.

L'aumento dell'occupazione, però, potrebbe non essere un vantaggio assoluto sul tasso di occupazione o sul salario dei residenti locali perché all'aumento della domanda seguirebbe subito un aumento dell'offerta di lavoro solo nelle aree in cui è presente la banda larga. Questo potrebbe essere un problema perché incentiverebbe le cosiddette politiche "*place-based policies*", che mirano di più a focalizzarsi su una specifica area geografica che sull'individuo in quanto tale. L'effetto ambiguo portato dalla banda larga sull'occupazione farebbe inoltre sorgere dubbi a riguardo dei maggiori benefici economico- sociali che i fondi assegnati per la banda larga potrebbero avere se fossero diretti a risolvere altre necessità degli individui, a prescindere dell'area di residenza.

2.2 Impatto locale dell'adozione di broadband e ultrabroadband

Un fattore chiave nel valutare la crescita economica locale è sicuramente il livello di attività imprenditoriali presenti sul territorio, che può essere modellato tramite il tasso delle nuove attività avviate. Valutare i nuovi business avviati piuttosto che soffermarsi sul livello di occupazione corrente rappresenta un migliore indicatore per prevedere la crescita futura: le nuove aperture riflettono le politiche e gli incentivi avviati oggi.

Un importante studio condotto da McCoy et al. (2016), concentrato sugli anni in cui in Irlanda venne completata la maggior parte dell'infrastruttura a banda larga (2002-2011), evidenzia che l'impatto con la creazione di nuove imprese locali era positivo, in particolare per i settori ad alta tecnologia e per le aree geograficamente vicine alla collocazione della nuova infrastruttura. Lo stesso risultato non si otteneva per le nuove imprese con sede estera.

Gli autori notarono la presenza di causalità inversa: nonostante le infrastrutture migliori incoraggiassero le attività economiche, è anche vero che aree con una crescita medio-alta sono più propense a richiedere infrastrutture più efficienti. Questo problema di endogeneità venne arginato considerando solo il numero di nuove imprese per ciascun anno, piuttosto che considerando l'intero insieme di imprese, e controllando per il livello preesistente di impiego in ciascuna area e periodo. Inoltre, controllarono anche per caratteristiche inosservabili direttamente tramite il metodo degli effetti fissi, applicati per area e per il tempo.

Gli autori cercarono anche di investigare sulla connessione tra la nuova infrastruttura e il livello di educazione scolastica, dimostrando che la crescita potrebbe verificarsi maggiormente nelle aree in cui è presente un livello di istruzione alto, sottintendendo che la banda larga costituisce una condizione necessaria ma non sufficiente per attrarre imprese in un territorio. Il capitale umano preesistente in un territorio risulta sempre essere un buon indicatore della capacità di assorbire le nuove tecnologie ICT in modo produttivo.

Un altro risultato importante a cui giunge l'analisi è costituito dal fatto che le broadband possono aumentare la produttività dei laureati qualificati, in particolare in discipline tecnico-scientifiche, ma possono agire come sostituto per i lavoratori meno istruiti, abbassando la loro produttività marginale. Il database, inoltre, dimostrava che la maggior parte di nuove imprese estere che decidevano di posizionarsi sul territorio irlandese erano del settore high tech. Anche qui, come evidenziato da Kolko nello studio visto precedentemente e da altri lavori (Akerman et al, 2015), la tecnologia e il lavoro umano sembra che lentamente stiano convergendo verso una complementarità di ruoli.

Whitacre et al. nel 2014 condussero una ricerca per verificare l'impatto dell'adozione su territori rurali, utilizzando database messi a disposizione dalla FCC⁶ e dalla Nation Broadband Map. La relazione tra broadband e sviluppo economico venne analizzata una volta inserite nel modello variabili di controllo che aggiungessero l'effetto di parametri come età, provenienza, background scolastico, presenza di infrastrutture per il trasporto presenti sul territorio oppure barriere naturali che rendono difficoltosa l'implementazione della fibra ottica.

Gli autori giunsero alla conclusione che l'aumento dei livelli di adozione della banda larga era associato all'aumento del reddito familiare medio e alla percentuale di proprietari non terrieri.

L'interesse dello studio era concentrato sulle aree rurali perché si pensava che la banda larga potesse portare grandi benefici al settore agricolo: una connessione ottimale avrebbe permesso una attività di aggiornamento dei dati in tempo reale, capace sia di migliorare il monitoraggio sia di utilizzare in modo più efficiente gli agenti chimici tipici delle lavorazioni. È interessante notare che anche qui il semplice aumento della disponibilità della banda larga (non l'adozione) non ebbe impatto statistico sull'occupazione o sul reddito.

⁶ Federal Communications Commission, agenzia governativa statunitense incaricata di tutti gli usi dello spettro radio (includere trasmissioni radio e televisive), tutte le telecomunicazioni interstatali (via cavo, telefoniche e satellitari) e le comunicazioni internazionali che provengono e sono destinate agli Stati Uniti.

Come visto precedentemente, l'adozione di broadband porta un maggiore beneficio in territori con un livello di istruzione mediamente elevato. Hasbi (2017) analizzando dati panel relativi a oltre 5000 comuni francesi, raccolti tra il 2010 e il 2015, dimostrò che la presenza di banda larga rende più attrattivo un territorio per le imprese, in particolare quelle del settore terziario. I comuni considerati all'interno dell'analisi contavano almeno 2000 abitanti perché in territori meno popolati un operatore privato difficilmente investe in banda larga. L'autore modellizzò il numero di nuove attività avviate in funzione delle caratteristiche locali, implementando un sistema di effetti fissi per comune e per anno. Infatti, le caratteristiche fisiche e culturali di un comune influenzano di molto il profitto che l'impresa riesce a realizzare e quindi la sua stessa strategia di collocamento. I risultati dimostrarono che, in assenza di effetti fissi, in media il numero di nuove aperture aumentava del 2.8% ma si riduceva all'1,6% aggiungendo caratteristiche legate al trend regionale e addirittura diventava non significativo con le particolarità del comune. Inoltre, i benefici portati dalla banda larga non si sviluppavano in modo uniforme nei comuni, ma tendevano a concentrarsi nelle località con un livello di istruzione maggiore.

Alcuni ricercatori, come, ad esempio, Grimes e Townsend (2018) investigarono sulla correlazione tra rendimento scolastico e banda larga con un modello difference-in-difference. L'analisi era concentrata su dati relativi alla Nuova Zelanda nell'arco 2012-2016, anni in cui il governo neozelandese attuò un'iniziativa per portare la fibra nelle scuole e negli ospedali. L'obiettivo del lavoro era capire se una velocità di accesso superiore alla rete poteva offrire insegnamenti personalizzati, migliorando il monitoring delle prestazioni o creando nuovi stimoli.

Gli autori trovarono che in seguito all'iniziativa la quota di studenti era cresciuta dell'1% rispetto agli standard nazionali. Non trovarono evidenza di effetti specifici di genere o minoranza, e nemmeno di area geografica, ma evidenziarono che i benefici della fibra erano significativamente più rilevanti nelle scuole con maggior proporzione di studenti provenienti da contesti socio-economici inferiori. Infine, l'effetto sembrava essere più significativo nella scuola primaria.

2.3 Impatto economico della rete mobile

La domanda di servizi mobili è cresciuta in modo continuo ed esponenziale negli ultimi anni, tanto che i gestori delle telecomunicazioni hanno dovuto espandere costantemente le infrastrutture capaci di offrire il servizio. Hanno aumentato lo spettro disponibile, sviluppato tecnologie wireless più efficienti dal punto di vista spettrale facendo migrare i clienti a queste tecnologie e garantito un maggiore riutilizzo delle frequenze radio disponibili (Clarke, 2014).

La crescita del traffico di banda larga in un'area geografica in cui è presente copertura 4G, o in generale di rete mobile, è vista come la somma della crescita della disponibilità (o adozione) della tecnologia e la crescita del traffico per ogni singolo abbonato. I servizi mobili sono evoluti negli ultimi 10 anni più delle intere telecomunicazioni in 100 anni (Bohlin, 2007).

Nel 2017 un report realizzato da Ericsson, presentato durante i lavori della *Broadband Commission for Sustainable Development*⁷, evidenziò una correlazione diretta tra l'introduzione della banda larga mobile e la crescita progressiva del PIL nei Paesi in cui veniva adottata. La Commissione utilizzò i dati prodotti dal gruppo svedese come base del dibattito tra stakeholder di tutto il mondo sul ruolo positivo che le tecnologie ICT possono rivestire per lo sviluppo economico globale. In media, sui 135 Paesi presi in esame (tra cui l'Italia), ad un aumento del 10% della penetrazione della banda larga mobile corrispondeva un aumento del PIL nazionale tra 0,6% e 2,8%. A questo, a livello globale, nel 2016 corrispose un controvalore economico pari a circa 500 – 2.000 miliardi di dollari.

Il grande vantaggio portato dalla rete mobile è quello di essere accessibile anche in aree geografiche in cui barriere naturali o artificiali preesistenti rendono difficile il collegamento via cavo o via fibra. Per questi territori risulta essere la soluzione più

⁷ La *Broadband Commission for Sustainable Development* si svolse a Maggio 2010 e fu una iniziativa proposta dall' International Telecommunication Union (ITU) e da United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) per promuovere l'accesso a Internet e, in particolare, la banda larga.

efficiente in termini di costo e prestazioni, le quali con l'evoluzione tecnologica di oggi sono comparabili a quelle della linea fissa.

Per i già citati Garbatz e Thompson, che avevano indagato sulle differenze tra rete fissa e mobile, l'effetto di quest'ultima era senza dubbio significativo ma concentrato in particolare sui paesi a basso reddito. In quelle aree, infatti, l'adozione di tecnologie a banda larga mobili stava crescendo in modo rapido e costante e avrebbe permesso negli anni di avvicinarle alla frontiera di paesi cosiddetti "efficienti", se fossero state attuate politiche lungimiranti e accorte.

La rete mobile è stata considerata anche uno strumento importante per la riduzione del *digital divide*⁸, in quanto riesce a colmare i gap di inefficienza causati dal non poter portare la fibra ottica o la DSL in certe aree rurali. Nello studio effettuato da Prieger (2013) questo aspetto contribuì a definire la rete mobile come uno dei fattori più importanti per l'ecosistema della banda larga. Consultando l' *International Telecommunications Union* (2012) si apprende che molti esponenti politici dei paesi in via di sviluppo considerano la banda larga mobile come il più importante strumento per arginare il digital divide.

Prieger (2013) evidenziò che la rete mobile ha un effetto positivo sulla crescita, sia in modo diretto tramite l'implementazione dell'infrastruttura e altre attività economiche dirette, sia indirettamente producendo esternalità positive in quanto tecnologia *General Purpose*⁹. La crescita economica porta ad una maggiore domanda di servizi mobili, che a sua volta agisce nuovamente sulla crescita creando un vero e proprio ciclo. Questo fa sì che tra implementazione di rete mobile e sviluppo economico ci sia una forma di causalità simultanea.

Gruber e Koutroumpis (2011) realizzarono un ambizioso studio per verificare l'effetto della banda larga mobile sulla crescita e la produttività. Isolarono l'impatto monodirezionale dell'infrastruttura mobile e delle sue esternalità su PIL controllando

⁸ Con digital divide si intende il divario esistente tra chi ha accesso effettivo alle tecnologie dell'informazione (in particolare personal computer e Internet) e chi ne è escluso, in modo parziale o totale.

⁹ La "*general purpose technology*" indica un insieme di tecnologie che possono influenzare un'intera economia (di solito a livello nazionale o globale). Esse hanno il potenziale di alterare drasticamente le società attraverso il loro impatto sulle strutture economiche e sociali preesistenti.

per l'aumento della domanda di servizi mobili generata da migliori output economici. Tramite un modello econometrico che tenesse conto della causalità inversa e delle numerose relazioni tra PIL, infrastruttura mobile, e domanda e offerta nel mercato della telefonia mobile, gli autori trovarono un impatto positivo considerevole sulla ricchezza media dei 192 paesi analizzati.

Inoltre, scoprirono anche che l'effetto sul PIL aumentava con il livello di penetrazione di banda larga. Le aree con una presenza di rete mobile inferiore soffrivano infatti di alcuni svantaggi strutturali: non solo potevano sfruttare minori benefici diretti a causa della minore infrastruttura presente, ma quest'ultima generava una crescita per unità inferiore a quella dei paesi ad alta penetrazione.

Il contributo dell'infrastruttura di rete mobile sul PIL era non solo positivo, ma anche molto significativo. Nell'analisi emerse che in paesi ad alto reddito appartenenti all'OECD, la rete mobile contribuiva al 0.4% della loro crescita in termini di PIL. Per i paesi a basso reddito questo valore era quasi dimezzato. Secondo l'autore, qualunque politica di regolamentazione incentrata sulla diffusione delle *broadband* dovrebbe riconoscere l'importanza del ruolo della banda larga mobile nel portare l'accesso a Internet ad alta velocità alle aree rurali.

Alla luce della letteratura analizzata, l'obiettivo di questo lavoro sarà verificare se negli anni 2012-2019 anche in Italia la rete mobile a banda larga, in particolare 4G e 4Gplus, abbia portato benefici in termini locali, utilizzando come indicatore il numero di nuove imprese avviate e iscritte a registro.

Capitolo III

Analisi descrittiva dei dati

Prima di effettuare lo studio del modello econometrico è stata effettuata una analisi prevalentemente descrittiva costruita a partire dalle informazioni fornite dalle camere di commercio e dai laboratori TIM. Il dataset a disposizione è costituito da osservazioni relative a circa 8.000 comuni, il cui numero preciso oscilla leggermente anno per anno a causa di eventuali soppressioni o fusioni. Sono stati analizzate le mobilità delle imprese, l'evoluzione della copertura mobile e fissa e le relazioni tra queste due, nell'arco di tempo 2012-2019. Volendo procedere nel dettaglio, verranno illustrate nell'ordine: la copertura¹⁰ dei vari tipi di infrastrutture broadband, la mobilità delle imprese e infine le possibili correlazioni con il livello di istruzione conseguito.

3.1 Copertura delle infrastrutture a banda larga mobili

Volendo soffermarsi principalmente sul focus di questo lavoro, ossia sull'impatto economico locale della rete mobile a banda larga, l'analisi si concentrerà inizialmente sulla valutazione della copertura del 4G e 4Gplus. Le informazioni relative alla presenza di queste due tecnologie sono disponibili a partire dal 2014 e, per questo motivo, gli anni precedenti non saranno inclusi nell'analisi.

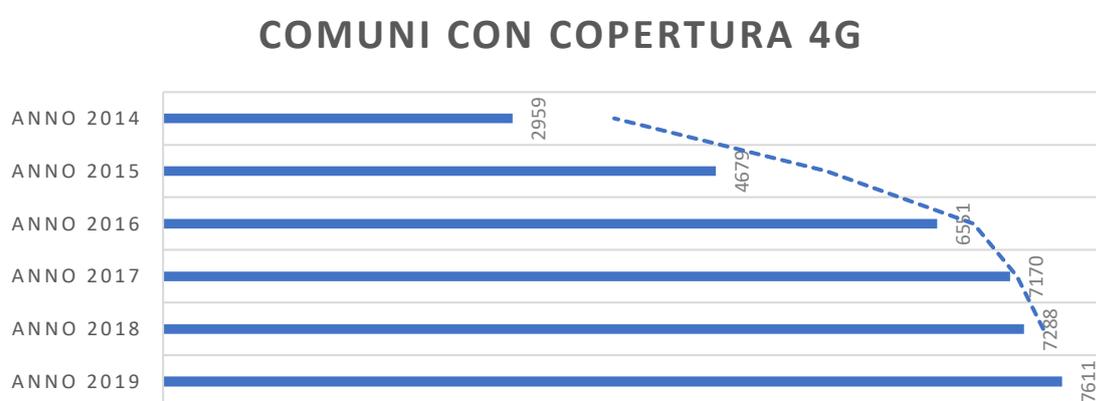


Figura 5. Diffusione della copertura della rete 4G In Italia

¹⁰ Con il termine "copertura" si intende la possibilità di collegamento ad Internet ad alta velocità di trasmissione.

COMUNI CON COPERTURA 4G PLUS

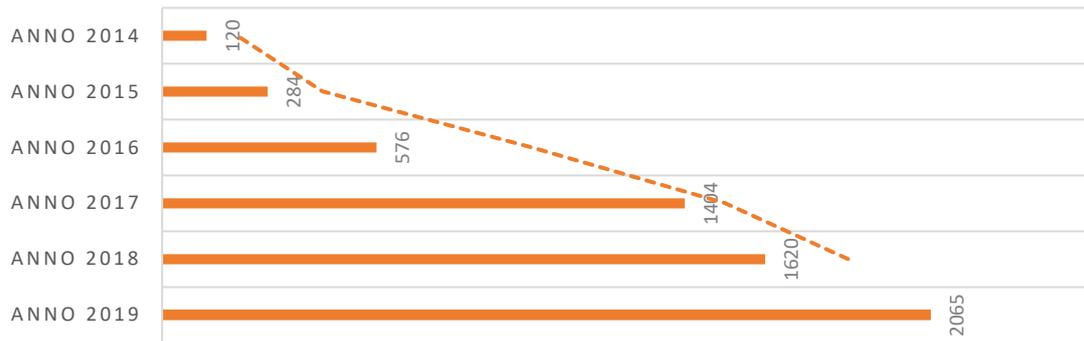


Figura 6. Diffusione della copertura 4Gplus nei comuni

La tecnologia mobile in Italia, e in tutto il mondo, ha fatto enormi passi negli ultimi anni, passando da una copertura dei comuni italiani pari al 37.45% nel 2012 fino al 96.17% del 2019. Analizzando la serie temporale, si nota che la tecnologia 4G plus è meno diffusa ma comunque in crescita, soprattutto negli ultimi tre anni analizzati.

Percentuali copertura anni	copertura rete 4G	copertura rete 4G plus
ANNO 2019	96,17%	26,09%
ANNO 2018	92,18%	20,49%
ANNO 2017	90,68%	17,76%
ANNO 2016	82,85%	7,28%
ANNO 2015	59,16%	3,59%
ANNO 2014	37,45%	1,52%

Tabella 1. Coperture percentuali



Figura 7. Descrizione della copertura 4G per le regioni italiane 2019

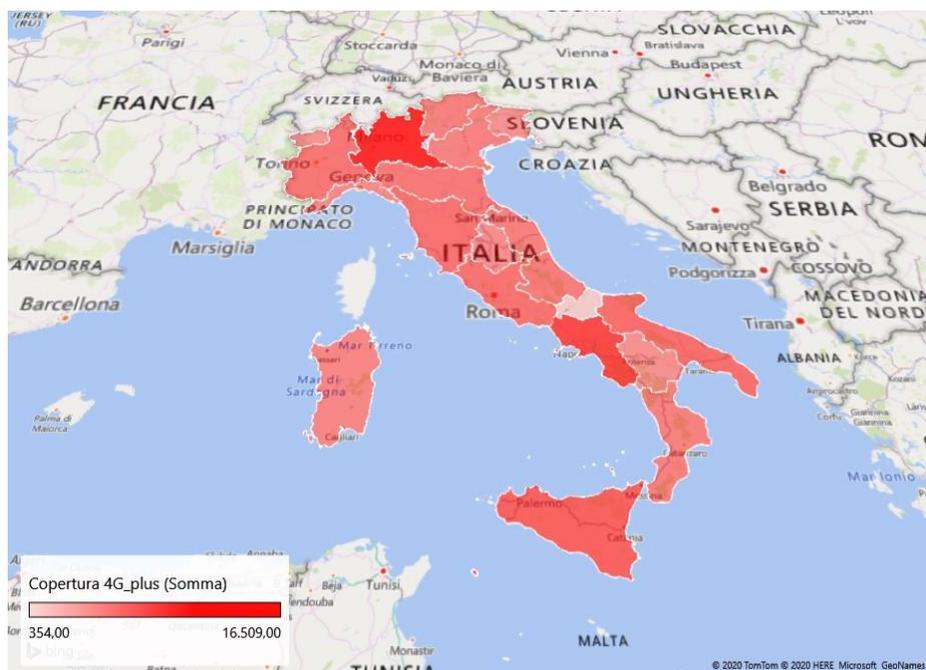


Figura 8. Descrizione della copertura 4G_plus per le regioni italiane 2019

A livello territoriale, come si vede in **Figura 7** e **Figura 8**, la copertura per entrambe le tecnologie mobili ricopre l'intera penisola. Il nord Italia risulta essere il più coperto da rete 4G e Lombardia e Campania le regioni con maggiore possibilità di utilizzo di 4Gplus. La forbice tra copertura infrastrutturale e diffusione dei servizi broadband appare assai maggiore nelle regioni meridionali, il che è indicativo di quanto tale scostamento presenti una variabilità sul territorio, configurando un divario digitale territoriale che inevitabilmente si ripercuote sulla digitalizzazione dell'economia e della società italiana nel complesso.



Figura 9. Diffusione 4G dal 2017 al 2019

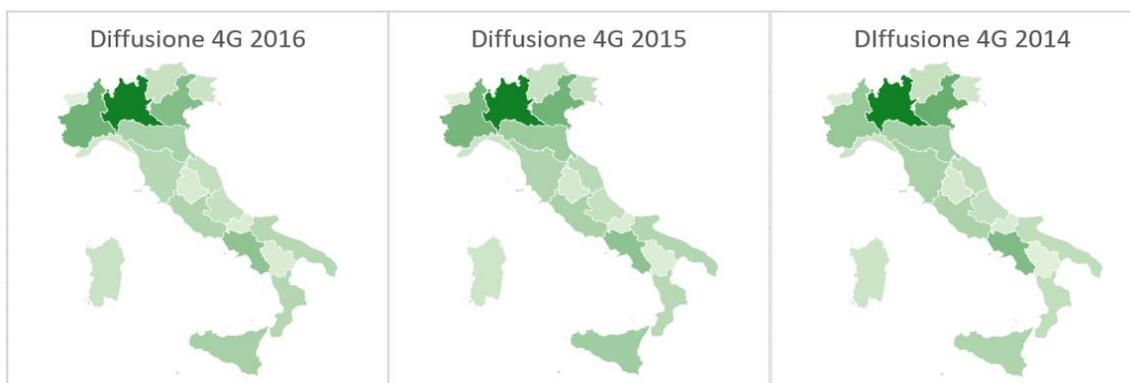


Figura 10. Diffusione 4G dal 2014 al 2016

La disponibilità di rete 4G o 4Gplus potrebbe essere influenzata dal grado di urbanizzazione e dalla regione geografica in cui viene svolta l'analisi. I comuni italiani vengono classificati in tre grandi categorie a seconda che siano *non montani (NM)*, *parzialmente montani (P)*, *totalmente montani (T)*. Inoltre, Eurostat¹¹ classifica i comuni secondo tre gradi di urbanizzazione – alta, media e bassa – ricorrendo ad uno strumento basato sulla densità demografica e sul numero di abitanti valutati entro griglie regolari con celle di un chilometro quadrato.

Ad esempio, andando a considerare la possibilità di usufruire di entrambe le reti in analisi, si osserva come queste siano disponibili principalmente per i comuni non montani, mentre per le altre due categorie, soprattutto se il grado di urbanizzazione è pari a 1, il numero di comuni che possono garantire questo servizio è altamente limitato.

Disponibilità di 4G e 4Gplus			
Grado di urbanizzazione	comuni totalmente montani	comuni parzialmente montani	comuni non montani
1	4	19	143
2	149	93	517
3	351	75	269
Totale complessivo	504	187	929

Tabella 2. Disponibilità 4G e classificazione comuni

¹¹ Eurostat è l'ufficio statistico dell'unione europea

Considerando che nel 2018¹² su 7909 comuni, 3951 sono stati classificati come *non montani*, 3421 come *totalmente montani* e solo 637 come *parzialmente montani*, non dovrebbe stupire il fatto che senza alcun tipo di copertura 4G e 4Gplus siano principalmente (66%) i comuni totalmente montani, dove il segnale mobile incontra maggiore difficoltà per propagarsi. Molte iniziative per risolvere il problema dei comuni alpini e appenninici si stanno diffondendo, per evitare che la mancanza di copertura abbia come conseguenza spopolamento e desertificazione commerciale.

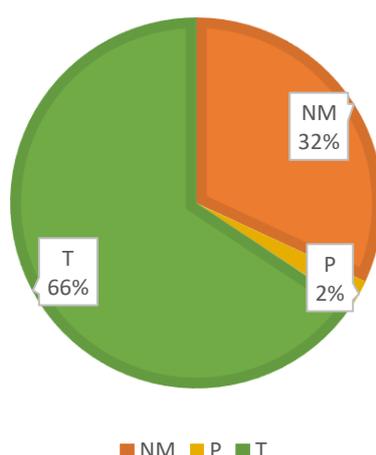


Figura 11. Classificazione comuni senza copertura

Oltre alla classificazione demografica dei comuni un'interessante variabile da analizzare è la densità di popolazione. Basandosi sui dati Istat, si possono individuare tre categorie principali:

- aree con alta densità di popolazione, pari al 4,8% del territorio, in cui vive il 33,3% degli italiani;
- aree con media densità di popolazione, pari al 22,7% del territorio, in cui vive il 42,4% degli italiani
- aree con bassa densità di popolazione, pari 72,5% del territorio, in cui vive il 24,3% degli italiani.

¹² Non è stato possibile trovare gli stessi dati relativi al 2019

I dati a disposizione per il 2019 evidenziano che l'alta disponibilità di rete mobile si concentra principalmente in comuni poco abitati, con una popolazione media inferiore ai 3000 abitanti. Il risultato riportato in **Tabella 3** però può essere fuorviante: il numero complessivo di comuni non è un buon indicatore, perché in Italia i piccoli comuni sono molto più numerosi di quelli ad alta concentrazione di abitanti. Basti pensare che nel 2019 i centri con più di 100 000 abitanti erano solamente 45 (su 7903 totali).

Fascia di Popolazione nei Comuni	Numero Comuni con copertura 4G
<3K	4076
>100K	46
100K-50K	96
10K-3K	2318
20K-10K	709
35K-20K	264
35K-50K	102

Tabella 3. Popolazione e copertura 4G 2019

Secondo il report 2019 di OpenSignal, compagnia internazionale specializzata nel quantificare la qualità dei servizi di rete mobile lato utente, in Italia nelle aree più densamente popolate gli utenti possono usufruire della connessione per l'84,4% del tempo totale, nelle zone a media densità ci si attesta attorno all'80,2%, per scendere poi al 71,4% nelle aree scarsamente abitate.

3.2 Copertura della infrastruttura fissa: ADSL e UBB

È interessante valutare anche la copertura delle infrastrutture a banda larga e ultra larga fisse: la tradizionale in rame e la tanto acclamata fibra ottica che, secondo le previsioni, entro fine 2020 dovrebbe raggiungere il 90% delle famiglie italiane.

Nel dataset messo a disposizione dai TIM Open Lab sono disponibili dati relativi alla copertura ADSLplusLITE¹³ dei singoli comuni fino al 2018, suddivise in base a due velocità limite: 7Mbit/s e 20 Mbit/s. Nel grafico sottostante (**figura 12**) si può vedere in termini percentuali il numero di comuni che garantisce la copertura per la rete ADSL alla velocità rispettive.

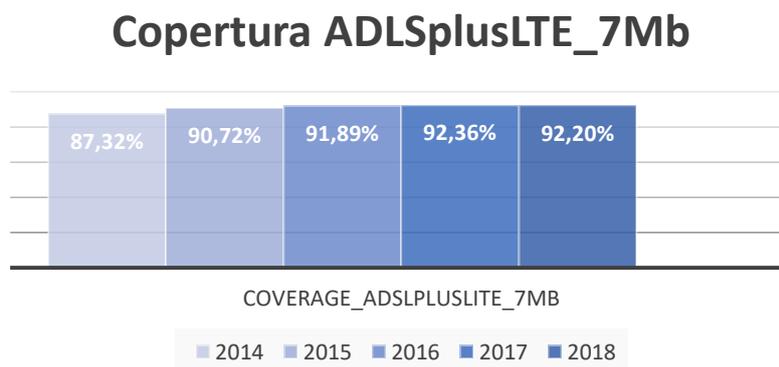


Figura 12. Copertura ADLSplusLTE_7MB

Mentre si osserva un trend di crescita costante per quanto riguarda la rete ADSL a velocità ridotta, per la rete a 20 Mbit/s possiamo notare una evoluzione della disponibilità notevole: rispetto al 2014, anno in cui la copertura era molto limitata, il numero di comuni coperti è quasi raddoppiato nell'arco di 4 anni, raggiungendo una copertura pari al 71,26% nel 2018 .

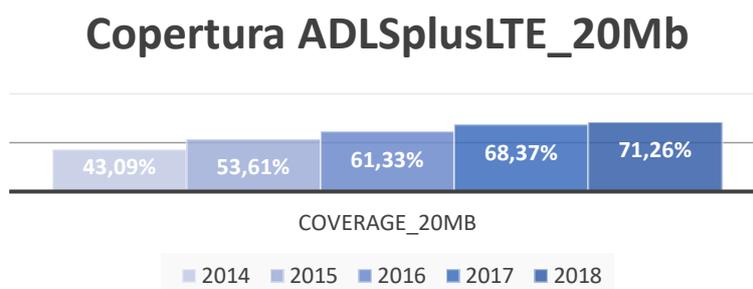


Figura 13. Copertura ADLSplusLTE_20Mb

¹³ Uno degli standard ADSL, che garantisce una velocità downstream di 1,5Mbit/s e upstream 0,5Mbit/s

Per quanto riguarda la banda larga ultra veloce (UBB) dai dati emerge che prima del 2015 oltre il 92% delle linee sfruttava il rame per veicolare il segnale ma già nel 2018 le stesse linee erano scese al 52%, convertendo oltre 8,4 milioni di linee a tecnologie migliori come la fibra ottica. Il report di AGCOM¹⁴ nel marzo 2018, infatti, indicava che le linee fisse a banda ultra larga con velocità compresa tra 30 e 100 Mbit/s avevano superato i 3,1 milioni (+1,25 mln), mentre quelle con velocità pari o maggiore di 100 Mbit/s avevano raggiunto i 2,1 milioni (+1,19 mln di linee su base annua).

Nel 2019 la copertura per la rete UBB comprende infatti tutta Italia, seppure non in modo uniforme: la Valle d'Aosta risulta essere la regione con minore copertura, seguita dalle altre regioni montane.



Figura 14. Copertura UBB 2019

Oggi, gli accessi per servizi in fibra ottica rappresentano il 30% del totale degli accessi sulla rete di Telecom Italia. Consultando il Netbook 2019 di Tim, un report annuale che offre una panoramica dell'operato dell'azienda, si trovano tutte le principali indicazioni sulle coperture nazionali. La copertura NGAN (*Next Generation Access Networks*) si riferisce alla percentuale di popolazione residente in una zona servita da una centrale dotata di apparati per il servizio a banda ultra larga (OLT). Dal report annuale condotto dalla TIM risulta essere cresciuta in 2 anni dal 77% al 80,7%, e per quanto riguarda la rete mobile, la sequenza di dati evidenzia la rapidità con cui sta crescendo la copertura del territorio italiano in termini di comuni raggiunti.

¹⁴ AGCOM è l'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni italiana

Per quanto l'ultimo risultato sia notevole, l'evoluzione della fibra è più lenta rispetto allo sviluppo del 4G. Questo dipende dal fatto che per il 4G si utilizza l'infrastruttura già esistente, che va comunque implementata, mentre per la fibra è necessario sostituire il doppino in rame e inserire una nuova infrastruttura che richiede notevoli investimenti.

	2017	2018	2019
LA RETE A BANDA LARGA FISSA			
Centrali e apparati della rete a banda larga fissa			
Numero di sedi (centrali e siti) con apparati (DSLAM) per accesso a banda larga	11.462	11.488	11.413
Incidenza sedi (centrali e siti) con IP-DSLAM Ethernet sul totale sedi con DSLAM	80,4%	82,5%	81,4%
LINEE E TRAFFICO A BANDA LARGA SU RETE FISSA			
Numero di linee a larga banda attive su rete TIM (migliaia)	10.047	11.034	11.984
Volume di traffico dati medio per linea attiva (gigabyte/mese)	82,9	105,4	115,4
Volume di traffico dati medio per linea attiva in downstream (gigabyte/mese)	73,9	93,7	105,0
Volume di traffico dati medio per linea attiva in upstream (gigabyte/mese)	9,0	11,8	10,4
Copertura			
Copertura ADSL	99,4%	99,4%	99,4%
LA RETE A BANDA ULTRALARGA FISSA (NGAN)			
Numero di centrali con Optical Line Termination (OLT)	2.366	2.703	2.991
Incidenza centrali con Optical Line Termination (OLT su totale centrali)	22,8%	26,1%	29,0%
Numero armadi Fiber to the Cabinet (FTTC) attivi	90.293	107.839	110.458
Incidenza armadi Fiber to the Cabinet (FTTC) attivi su totale armadi	59,7%	71,3%	73,0%
Copertura			
Copertura NGAN	77,0%	79,8%	80,7%
LA RETE A BANDA ULTRALARGA MOBILE (4G/LTE)			
Numero comuni coperti da LTE	7.257	7.360	7.655
Numero comuni coperti da LTE plus	1.429	1.630	2.286
Incidenza dei comuni coperti da LTE + LTE plus su totale comuni	91,2%	92,5%	96,8%

Figura 15. Evoluzione copertura; Fonte TIM Netbook 2019

L'AGCOM nell'adunanza del 1° luglio 2020, ha sollecitato le istituzioni organizzative affinché rimuovano gli ostacoli ingiustificati all'installazione ed all'esercizio di infrastrutture di telecomunicazioni, e promuovano l'utilizzo di servizi di comunicazione elettronica da parte dei cittadini, rilanciando gli investimenti privati e pubblici nelle suddette reti di comunicazione. L'Autorità si è soffermata a lungo sulla carenza strutturale di domanda di servizi a banda ultra-larga. Lo scostamento tra la copertura della rete e la penetrazione dei servizi mette in luce una situazione che, sebbene in miglioramento negli ultimi anni, continua a costituire un elemento di debolezza strutturale

La Relazione Annuale 2020 di AGCOM, soffermandosi sull'intero anno dal 1° maggio 2019 al 30 aprile 2020, evidenzia che:

- Sono rimasti stabili gli investimenti nello sviluppo di infrastrutture di rete fissa, mentre in ambito mobile si è registrato un calo dovuto al confronto con l'anno precedente, quando tutti gli operatori avevano dovuto sostenere i costi derivanti dalle gare di assegnazione per le frequenze 5G.
- Continua il processo di aggiornamento delle reti utilizzate per gli accessi da linea fissa. A fine 2019 le connessioni in fibra (sia FTTC che FTTH) pesano per oltre il 50% degli accessi complessivi.
- Nella telefonia mobile aumenta il divario tra la spesa in servizi voce e in servizi dati. Aumenta il consumo mensile di dati mobili (+52%) che raggiunge quota 6,57GB al mese per utente. Nel 2018 si era toccata quota 4,27GB, mentre nel 2017 ci trovavamo ad appena 2,75GB; nel giro di due anni il consumo dati è quasi triplicato, mentre i ricavi degli operatori - quindi la spesa degli utenti - hanno cominciato a calare in maniera significativa nello stesso periodo di riferimento.
- Le sottoscrizioni di contratti di rete fissa con accesso alla banda larga aumentano di 400.000 unità, rispetto all'anno precedente. Aumentano gli accessi alla rete a banda ultra-larga di 1,9 milioni di unità, raggiungendo quota 9,7 milioni complessivi.
- il 51,1% degli accessi alla rete avviene tramite connessioni in fibra, mentre lo scorso anno questa percentuale ammontava al 35%.

Molti dei risultati emersi in questo report risentono di quanto accaduto a partire da inizio 2020: l'epidemia di COVID-19 e il successivo lockdown di cui tutti siamo stati partecipi, ha sicuramente alterato la mole di traffico dati rispetto ai mesi precedenti.

Al riguardo, la pressione esercitata sulla rete dall'aumento del traffico, durante il lockdown in particolare, e il conseguente rallentamento delle prestazioni in termini di velocità suggeriscono che per sostenere una società digitale occorre continuare a investire nelle reti di telecomunicazioni utilizzando le diverse tecnologie disponibili e spingendo verso un'innovazione dell'infrastruttura che colmi le attuali differenze territoriali nell'intento di eliminare situazioni di digital divide.

3.3 Mobilità delle imprese

Per valutare la composizione e la mobilità delle imprese, analizzandone il numero di registrate, attive, iscritte e cessate, è stato consultato un database fornito dalle Camere di Commercio locali che comprendeva una classificazione delle imprese in 22 sezioni industriali identificati dal codice ATECO.¹⁵ In particolare, i codici erano attribuiti in questo modo:

- A - “Agricoltura, silvicoltura pesca”;
- B - “Estrazione di minerali da cave e miniere”;
- C - “Attività manifatturiere”;
- D - “Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata”;
- E - “Fornitura di acqua; reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento”;
- F - “Costruzioni”;
- G - “Commercio all'ingrosso e al dettaglio; riparazione di autoveicoli e motocicli”;
- H - “Trasporto e magazzinaggio”;
- I - “Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione”;
- J - “Servizi di informazione e comunicazione”;
- K - “Attività finanziarie e assicurative”;
- L - “Attività immobiliari”;
- M - “Attività professionali, scientifiche e tecniche”;
- N - “Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese”;
- O - “Amministrazione pubblica e difesa; assicurazione sociale obbligatoria”;
- P - “Istruzione”;

¹⁵ Il codice Ateco è una combinazione alfanumerica che identifica una attività economica. Le lettere individuano il macro-settore economico mentre i numeri (da due fino a sei cifre) rappresentano, con diversi gradi di dettaglio, le specifiche articolazioni e sottocategorie dei settori stessi.

- Q - “Sanità e assistenza sociale”;
- R - “Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento”;
- S - “Altre attività di servizi”;
- T - “Attività di famiglie e convivenze come datori di lavoro per personale domestico”;
- U - “Organizzazioni ed organismi extraterritoriali”;
- X - “Imprese non classificate”;

Tramite la distinzione settoriale delle imprese si può andare a verificare per l'ultimo anno disponibile, il 2019, quali siano i settori predominanti nell'economia italiana e come il numero di nuove iscrizioni o cessazioni abbia influito su di essi. In **Tabella 4**, si può notare la prevalenza economica della regione Lombardia.

Regioni	Imprese registrate	Imprese Iscritte	Imprese Cessate	Imprese attive
ABRUZZO	113466	6844	6028	94447
BASILICATA	47217	2472	2040	40656
CALABRIA	128414	7702	6078	104993
CAMPANIA	392522	28673	19308	304429
EMILIA ROMAGNA	354558	21603	20798	310308
FRIULI-VENEZIA GIULIA	79387	4512	4557	68994
LAZIO	494679	34975	25543	354184
LIGURIA	120512	7818	7206	99007
LOMBARDIA	742934	50310	49575	621912
MARCHE	129918	7385	7613	111801
MOLISE	27862	1575	1439	23860
PIEMONTE	329477	21539	22016	288569
PUGLIA	274657	18656	15465	228699
SARDEGNA	128842	8012	6316	105625
SICILIA	337636	22139	15199	253241
TOSCANA	313975	20160	18091	262914
TRENTINO - ALTO ADIGE	93379	5985	4710	86257
UMBRIA	72367	3995	3505	60100
VALLE D'AOSTA	10285	619	608	8983
VENETO	377068	22331	21436	331553

Tabella 4. Imprese registrate, iscritte, cessate, attive 2019

Dal database a disposizione è stato possibile inoltre vedere la classificazione del numero di imprese sia per settore ATECO che per natura giuridica.

Per avere una panoramica visiva immediata, si può ricorrere al grafico sottostante (**Figura 10**). Appare subito evidente che nel 2019 le costruzioni, l'agricoltura e tutto il settore "non classificabile" sono stati dominanti in merito alle nuove iscrizioni.

Iscrizioni totali per settore 2019

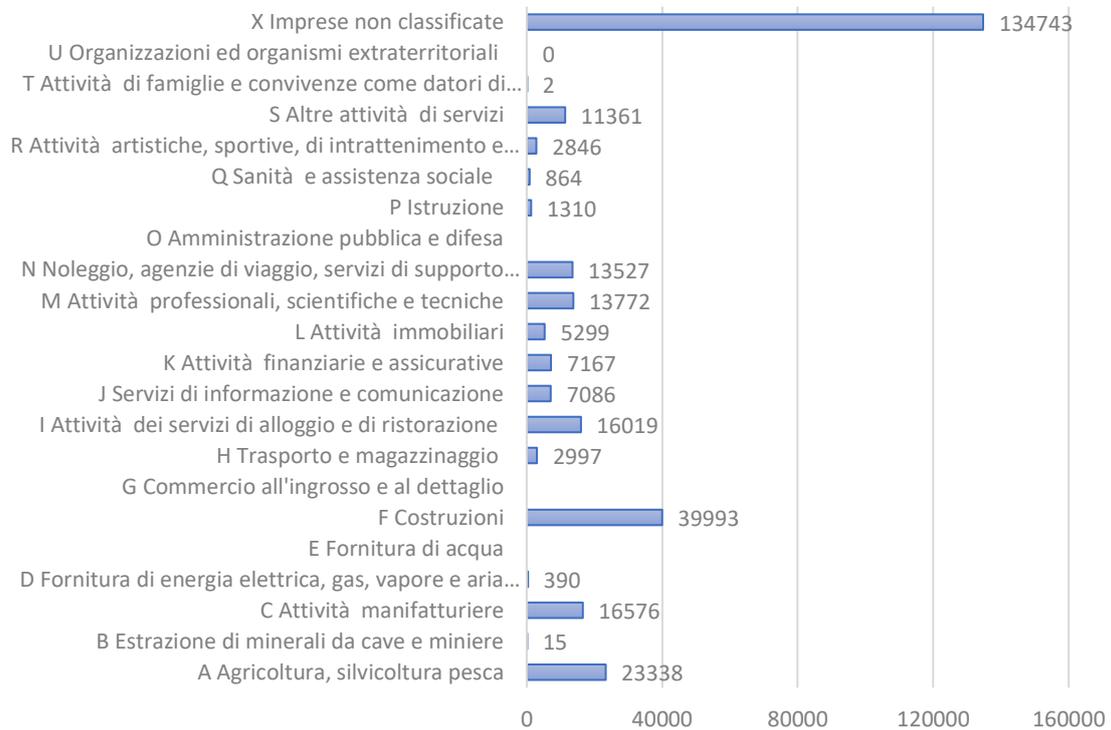


Figura 17. Iscrizioni totali per settore 2019

Suddivisione natura giuridica nuove iscrizioni 2019

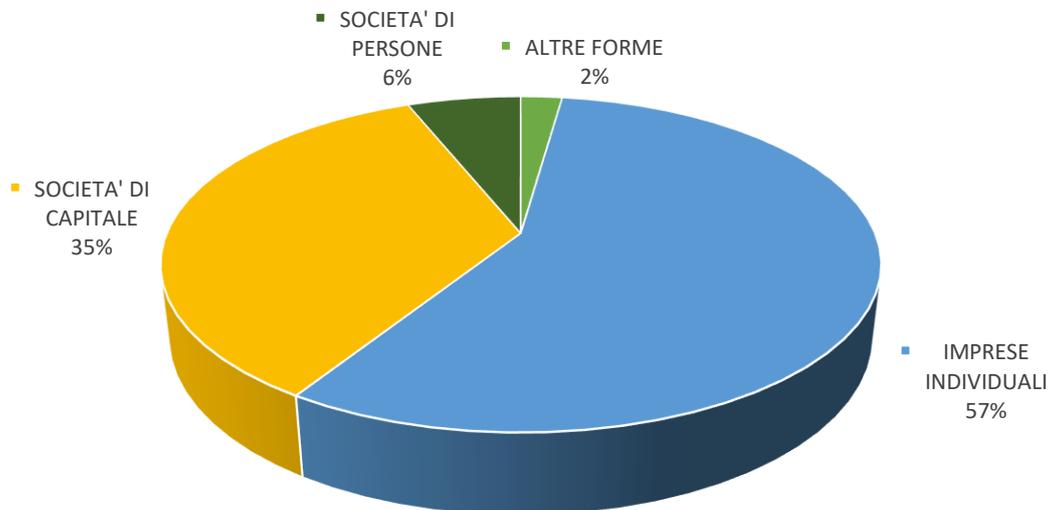


Figura 16. Suddivisione natura giuridica 2019

Considerando i dati aggregati a livello nazionale si può notare che il profilo temporale della mobilità delle imprese non sembra aver avuto shock significativi negli anni. Andando ad analizzare tre regioni quali la Lombardia, la Campania e il Lazio, scelte ad hoc per rappresentare rispettivamente Nord, Sud e Centro Italia, appare evidente un andamento lineare del numero di imprese iscritte.

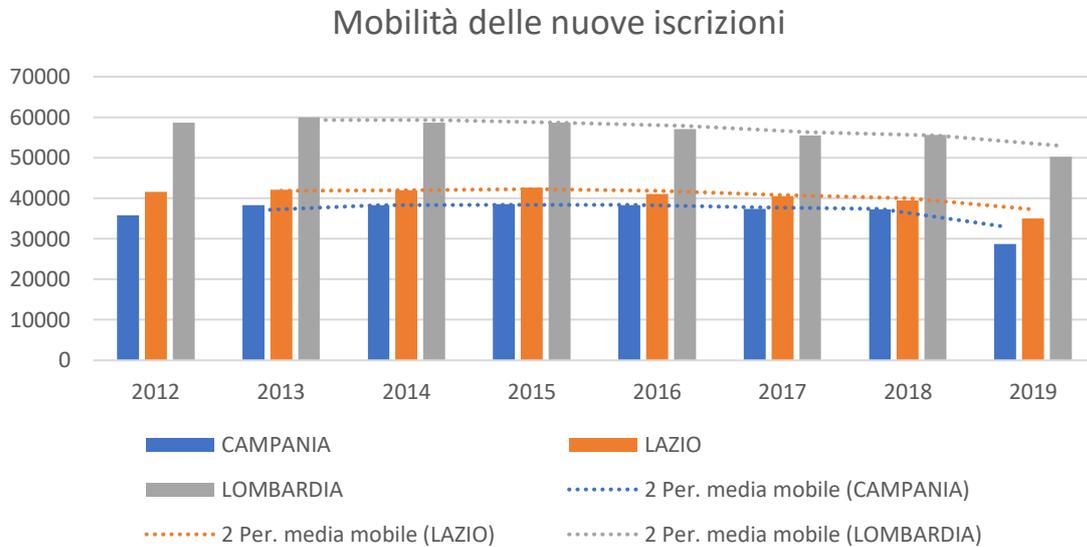


Figura 18. Mobilità imprese iscritte

La stessa analisi, per quanto ancora approssimativa, potrebbe essere fatta anche per il numero di cessazioni. Il numero di imprese che falliscono o chiudono l'attività sembra che stia diminuendo negli anni.

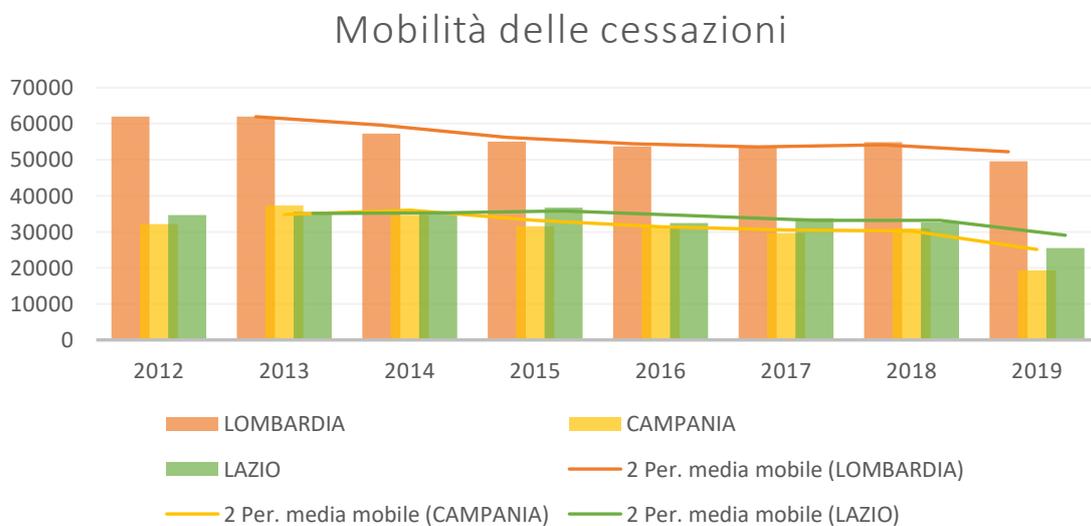


Figura 19. Mobilità imprese cessate

Per avere ulteriori dettagli, ogni anno è stata analizzata la mobilità delle imprese per le singole regioni italiane, e in **Figura 13** viene riportata quella relativa al 2019.

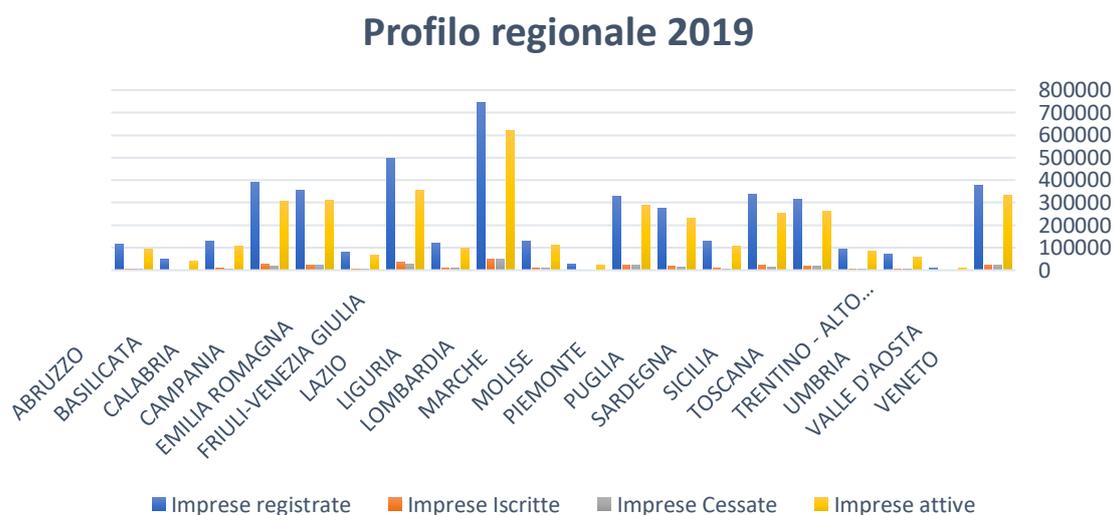


Figura 20. Profilo Regionale 2019

Come si può notare in **Figura 14**, Lombardia Lazio e Campania si confermano le regioni con il maggior numero di imprese in tutte le categorie. Infatti, il 15.81% delle imprese sono localizzate in Lombardia, l'11% in Lazio e il 9.8% in Campania nel 2019.



Con tecnologia Bing
© GeoNames, Microsoft

Figura 21. Concentrazione delle nuove iscrizioni

L'obiettivo dell'analisi consiste nel verificare l'effetto della disponibilità di rete mobile 4G e 4Gplus a livello economico sulla mobilità delle imprese italiane. Per poter fare questo, possiamo iniziare a ipotizzare che, in presenza di un generico effetto sulle imprese, questo dovrebbe apparire almeno approssimativamente dai dati.

Nel dataset ogni singolo comune riporta il numero di imprese registrate, iscritte, attive e cessate e per ciascuna di esse una variabile *dummy* – booleana – che specifica la disponibilità effettiva della rete mobile in questione. Andando a considerare questa variabile è possibile distinguere, ad esempio, le nuove iscrizioni a seconda che sia disponibile o no il 4G o 4Gplus.

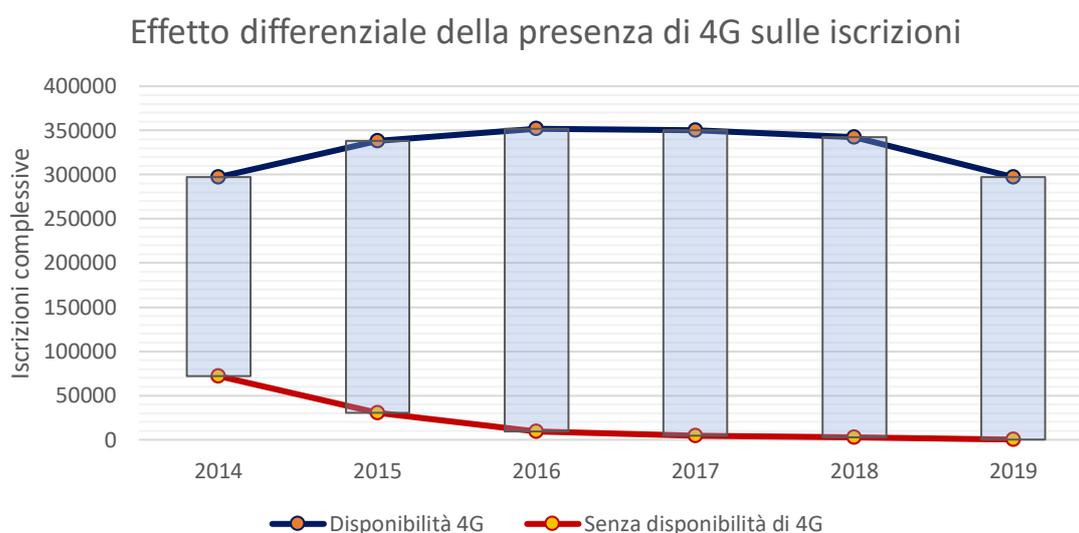


Figura 22. Imprese e disponibilità di 4G

Dal grafico (**Figura 17**) si evince che per le imprese con disponibilità di 4G il numero di iscrizioni è cresciuto dal 2014 al 2016 per poi stabilizzarsi. Per quanto riguarda l'anno 2019 il brusco calo potrebbe dipendere dal minore contributo innovativo che esercita oggi questa tecnologia, ormai considerata usuale, oppure da un problema del dataset, che infatti contiene alcune osservazioni in meno rispetto agli anni precedenti. Il numero di nuove iscrizioni di imprese senza la possibilità di usufruire di questa rete sembra decrescere rapidamente negli anni, proprio a dimostrazione del ruolo ormai necessario all'interno di qualunque attività.

Effetto differenziale della presenza di 4G sulle cessazioni

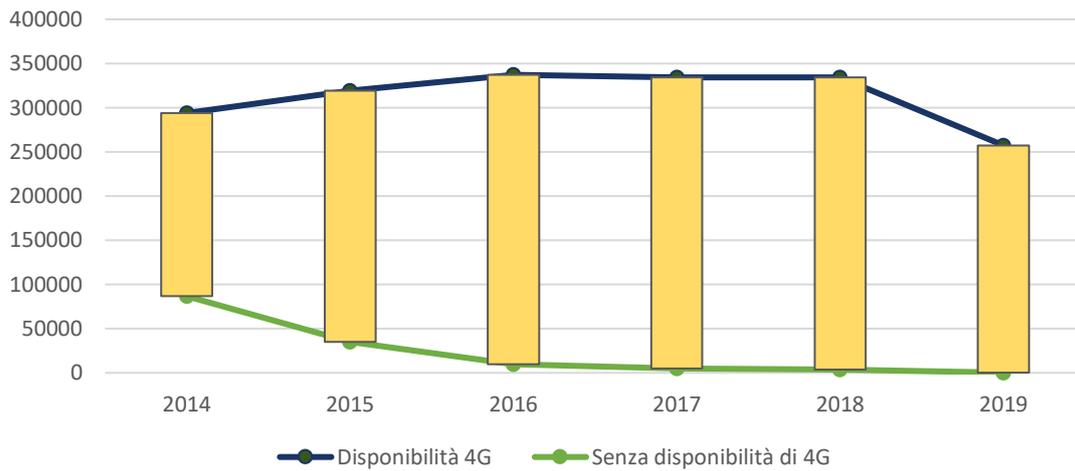


Figura 23. Imprese e disponibilità di 4G

Per quanto riguarda le cessazioni, si osserva che per le imprese senza possibilità di impiego del 4G il numero di cessazioni decresce nel tempo. Le imprese con possibilità di impiego, invece, sembrano subire delle interruzioni di attività inizialmente crescenti fino al 2016, mentre sembra che convergano ad un valore soglia per gli anni successivi. Analogo discorso va fatto per il 2019, in cui la drastica diminuzione potrebbe significare

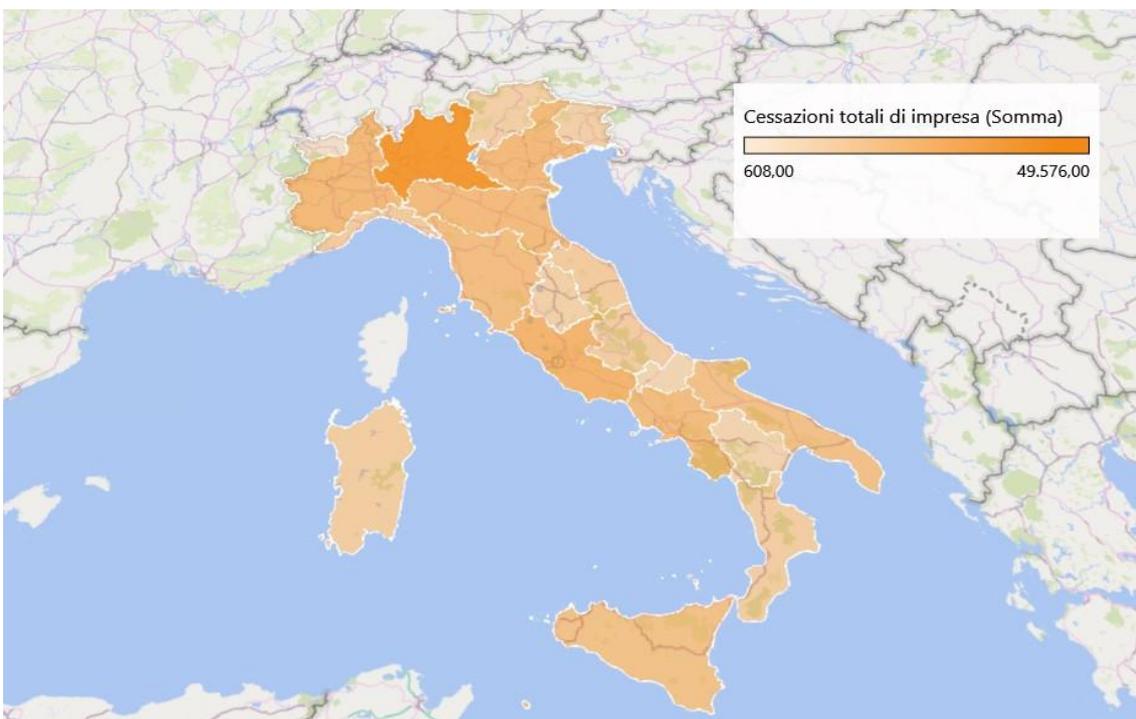


Figura 24. Distribuzione delle cessazioni di impresa, 2019

il fatto che ormai la tecnologia è stata “assorbita” dalla quotidianità oppure potrebbe derivare da un difetto sistemico del dataset.

Nel complesso, comunque, le iscrizioni totali decrescono. Rispetto al 2012, nel 2018 si può osservare un calo di circa il 9% (**Figura 20**) .

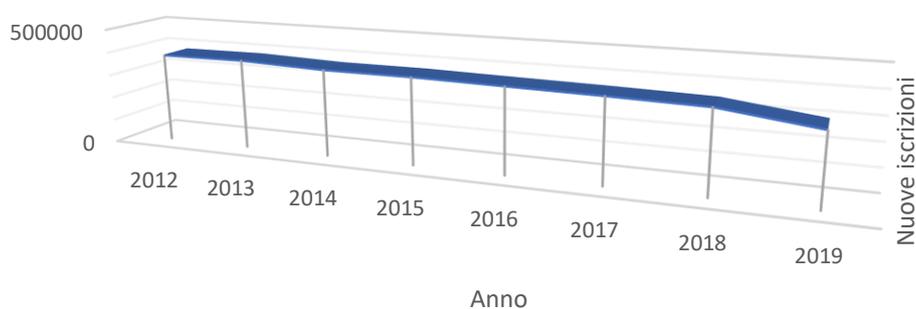


Figura 25. Mobilità delle iscrizioni complessive

Per interpretare nel modo corretto questi dati bisogna considerare che:

- il panorama imprenditoriale italiano è costituito prevalentemente da piccole medie imprese (l’Istat riporta che il 75% delle imprese italiane sono PMI).
- vi è una forte componente del settore manifatturiero e una cultura volta al “prodotto finito”.
- negli anni si sta assistendo ad una vera e propria rivoluzione del digitale che si pone l’obiettivo di automatizzare molti dei processi produttivi standard.

Considerando i tre elementi evidenziati, è chiaro che, a causa della prevalenza delle PMI, mancano grandi player privati industriali e ICT in grado di guidare la trasformazione della manifattura italiana. Se i settori industriali si stanno digitalizzando, all’interno delle PMI sono ancora pochi gli specialisti del digitale¹⁶ e molte di esse preferiscono rivolgersi a terzi per questi servizi, forse non ancora considerati fondamentali per il *core business*. A questo bisogna aggiungere il ritardo italiano, in questi ultimi anni, nella fornitura di una banda larga adeguata alle esigenze richieste dalla *Industry 4.0* e questo potrebbe aver smorzato la crescita e la formazione di nuove imprese.

¹⁶ Nel 2019 il 18% delle PMI non disponeva al proprio interno alcuna figura dedicata a queste mansioni.

3.4 Occupazione e lavoro

Il dataset contiene anche informazioni relative al numero annuo, distinto in base all'area geografica, del numero di titoli universitari e potrebbe essere interessante interrogarsi sull'esistenza di un effetto causale tra disponibilità di rete mobile e il livello di formazione scolastica.

Consultando le banche dati messe a disposizione dall'ISTAT, è stato possibile realizzare una panoramica dei titoli di studio conseguiti dalla popolazione italiana nel 2018 e 2019, in relazione alla popolazione compresa tra i 15 e i 64 anni. Nei due anni analizzati si può notare che il numero di diplomati e di laureati è aumentato, mentre il numero di individui che abbandonano gli studi prima di diplomarsi è diminuito.

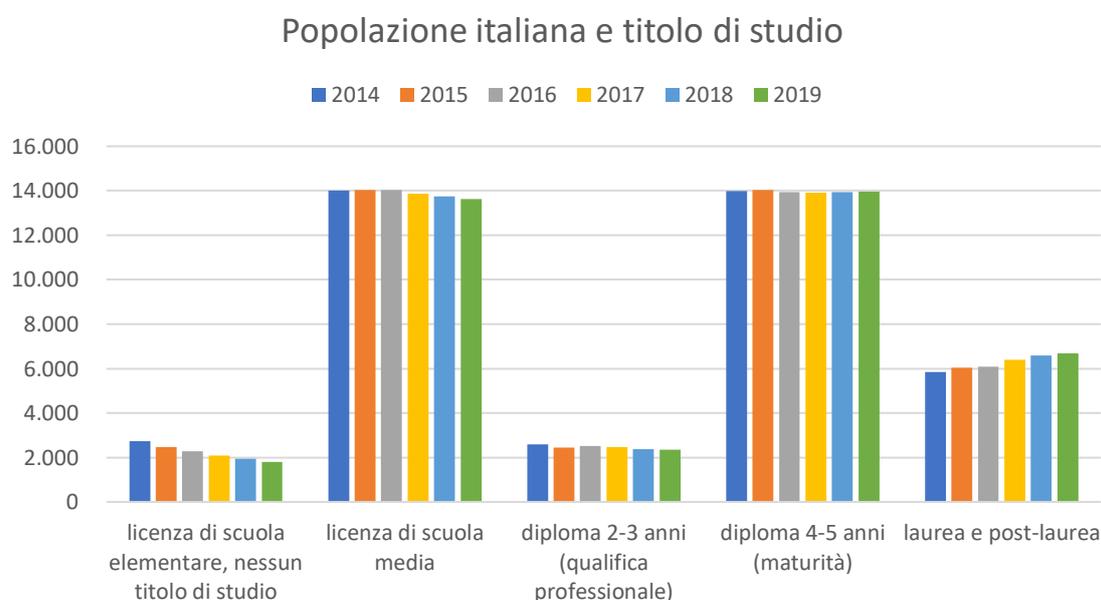


Figura 26. Popolazione italiana e titolo di studio; Fonte Istat

Questo risultato dipende sicuramente da motivi di carattere occupazionale per via delle maggiori competenze richieste oggi dal mondo del lavoro. Potrebbe anche derivare da una migliore implementazione della connettività in rete, a dimostrazione dell'importanza di avere una velocità di accesso, e quindi una banda di connessione, proporzionata alle esigenze quotidiane di studenti e insegnanti. Le scuole sono una delle realtà maggiormente distribuite sul territorio e, specialmente in alcune aree geografiche, l'assenza di connettività a banda larga rende ancora più forte il digital divide esistente.



Figura 27. Evoluzione numero laureati

Il numero di laureati in Italia nei sei anni considerati è rimasto tendenzialmente costante, ad eccezione di un notevole incremento tra 2012 e 2013.

Uno studio dell'Istat condotto nel 2019 ha dimostrato che un elemento discriminatorio nell'utilizzo della connessione veloce è proprio il livello di istruzione, strettamente collegato alle capacità digitali possedute. In generale, ha una connessione a banda larga il 94,1% delle famiglie con almeno un componente laureato contro il 46,1% di quelle in cui il titolo di studio più elevato è la licenza media.

Al contrario di cosa si possa pensare il fattore età è importante tanto quanto il livello di istruzione: dall'analisi congiunta per generazione e titolo di studio emerge che i laureati della generazione del *baby boom* (ovvero le persone che nel 2019 avevano 54-73 anni) che navigano in Internet sono l'86,7%, attestandosi così ai livelli di utilizzo dei giovani di 25-34 anni, per scendere al 40,9% tra i *baby boomer* con titoli di studio bassi.

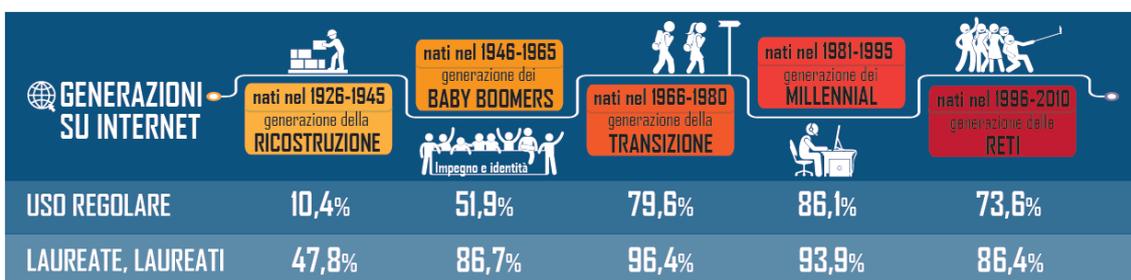


Figura 28. Rapporto Istat sul divario digitale generazionale

L'Italia risulta essere un paese ancora molto condizionato dal divario digitale anagrafico e culturale, in cui la rete mobile potrebbe aver fatto da driver per l'accesso in rete. Basti pensare che, secondo il DESI 2020¹⁷, l'Italia occupa il terzultimo posto fra i

¹⁷ Digital Economy and Society Index (DESI), un indice sintetico che riassume i principali indicatori rilevanti per misurare la competitività digitale della UE e dei suoi stati membri

28 stati membri dell'UE, con un punteggio pari a 43,6 (rispetto al dato UE del 52,6) ed espone la problematica dovuta alle lacune delle competenze digitali della popolazione.

In particolare, continua a preoccupare il grave ritardo cognitivo descritto dall'indicatore "Capitale umano", secondo cui, rispetto alla media UE in Italia i livelli di competenze digitali di base e avanzate "molto bassi" risultano ulteriormente aggravati da un numero pressoché esiguo di specialisti e laureati nel settore ICT con ripercussioni negative sull'uso effettivo delle tecnologie. Sebbene l'Italia si collochi in una posizione relativamente alta nell'offerta di servizi pubblici digitali (e-government), il loro utilizzo rimane scarso. Analogamente, le imprese italiane presentano ritardi nell'utilizzo di tecnologie come il cloud e i big data, così come per quanto riguarda l'adozione del commercio elettronico.

Nel corso di questa analisi descrittiva è stato evidenziato come influisce il divario digitale geografico sulla formazione di imprese e quindi sull'economia locale. Potrebbe essere interessante vedere se agisce nello stesso modo sul livello di istruzione.

Per esempio, volendo valutare dove si concentrano i picchi più alti del numero di laureati, per il 2019, si confermano le regioni Lombardia e Lazio. Ripetendo l'analisi per verificare quali siano invece le aree con maggiore copertura di 4G e 4Gplus si ottiene la classificazione disponibile in **Tabella 5**.

Regioni italiane	Punti di copertura 4G	Punti di copertura 4Gplus	Totale diplomi universitari
ABRUZZO	288	70	139774
BASILICATA	113	14	53106
CALABRIA	384	56	181259
CAMPANIA	515	241	498633
EMILIA-ROMAGNA	308	66	466228
FRIULI-VENEZIA GIULIA	199	12	121423
LAZIO	355	96	742899
LIGURIA	202	31	168958
LOMBARDIA	1364	370	897866
MARCHE	220	49	160829
MOLISE	120	9	33047
PIEMONTE	1057	107	358135
PUGLIA	250	97	336013
SARDEGNA	323	36	138836
SICILIA	380	140	412831
TOSCANA	257	80	368585
TRENTINO-ALTO ADIGE	263	66	87140
UMBRIA	83	18	99261
VALLE D'AOSTA	67	15	11802
VENETO	544	47	419583

Tabella 5. Regioni, coperture, titoli universitari

Sarebbe utile approfondire l'analisi per verificare la validità della relazione tra numero di comuni in cui la rete 4G è disponibile e numero di giovani laureati. In particolare, sarebbe interessante vedere la distribuzione del numero di laureati in settori IT sapendo che il report DESI 2020 indica che la percentuale di tali specialisti in Italia è ancora al di sotto della media UE (3,9%).

I dati dimostrano che nel 2019 la regione con maggiore disponibilità di 4G e 4G plus è stata proprio la Lombardia, che è stata anche la prima per numero di diplomi universitari.



Figura 29. Mappa della concentrazione di titoli universitari

Capitolo IV

Analisi di regressione

Per effettuare la valutazione empirica verrà impostato un modello econometrico basato su una serie di analisi di regressione con l'obiettivo di verificare se davvero l'introduzione e la diffusione della rete mobile hanno avuto un impatto significativo sullo sviluppo economico locale. Lo studio del modello di regressione consente infatti di determinare la relazione tra due o più variabili e di valutare, entro i limiti dell'intervallo dei dati rilevati, il valore della variabile dipendente (Y) al variare delle variabili indipendenti (X_i). Se si parla di regressione lineare semplice, il legame funzionale tra le variabili assume le caratteristiche di una retta $Y = \beta_0 + \beta_1 * X$ dove il coefficiente β_1 rappresenta il coefficiente angolare. Nel caso di multiple variabili indipendenti la relazione è di tipo $Y_i = \beta_0 + \beta_i * X_i$, dove con X_i si indica il vettore delle variabili esplicative.

Per potere stimare l'effetto del 4G (e 4Gplus) sullo sviluppo di nuove imprese verranno condotti, tramite l'utilizzo del software statistico "Stata", due differenti modelli di regressione: il primo, basato sul metodo dei minimi quadrati (OLS, *Ordinary Least Squares*) consente di stimare l'effetto desiderato andando a minimizzare la distanza tra i dati empirici e i valori stimati con la retta di regressione mentre il secondo metodo viene utilizzato per risolvere il problema dell'endogeneità delle variabili ed è propriamente conosciuto come *Metodo delle Variabili Strumentali* (VI) o come *Metodo dei minimi quadrati a due passi* (TSLS, *Two Stages Least Squares*).

I dataset a disposizione, però, hanno consentito di effettuare una analisi più dettagliata solo per gli anni 2012-2018 poiché quello relativo al 2019 non conteneva la stessa mole di informazioni demografiche e morfologiche del territorio italiano. Di seguito verranno presentati i risultati relativi all'analisi di regressione in questo ordine:

- le analisi per l'intero set di anni a disposizione
- le analisi contenenti gli effetti delle variabili demografiche (2012-2018)
- Le analisi tenendo conto degli *Effetti Fissi*, territoriali e temporali
- Le analisi con il metodo delle variabili strumentali

4.1 Specificazione del modello

Concentrandosi inizialmente sulla preliminare analisi OLS, la variabile *spiegata* dal modello (Y) sarà relativa alla mobilità delle imprese, e dunque rappresentabile tramite il numero annuale di iscrizioni o di cessazioni delle attività imprenditoriali. A seconda che si analizzino le iscrizioni o le cessazioni verranno generati modelli differenti.

Il numero di imprese iscritte a registro verrà considerato per ogni comune italiano, per ogni anno di riferimento (ricordando che l'arco temporale considerato comprende i sette anni dal 2012 al 2019) e per ogni settore industriale. Le variabili avranno quindi 3 pedici (c=comune, t=anno, s=settore) e la regressione, nel modello iniziale, sarà rappresentabile come:

$$Y_{c,t,s} = \beta_0 + \beta_1 * dummy4G_{c,t} + \beta_2 * dummy4Gplus_{c,t} + \beta_3 * \log(Stock\ Imprese\ attive_{t-1,c,s} + 1) + \beta_4 * \log(Addetti_{t-1,s,c} + 1) + \varepsilon_{c,t,s}$$

Dove β_0 rappresenta l'intercetta – o costante – mentre i coefficienti β_i delle variabili indipendenti – o regressori - rappresentano ciò che l'analisi si prefigge di stimare, in quanto indicatori del tipo di legame funzionale con la variabile spiegata. Il termine $\varepsilon_{c,t,s}$ rappresenta il residuo, ossia il non evitabile errore di regressione dovuto ai fattori omessi o ad errori nella misura della stessa Y.

Come prima analisi sono state scelte le variabili esplicative:

- *Dummy 4G e Dummy 4Gplus*, variabili logiche che assumono i valori:
$$\begin{cases} 1 & \text{se nel comune considerato è disponibile la rete mobile 4G/4Gplus} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$
- *Stock Imprese attive* $_{t-1,c,s}$, ossia il numero di imprese già iscritte e operative nel periodo di tempo precedente a quello in analisi
- *Addetti* $_{t-1,s,c}$, il numero di dipendenti per impresa presente al periodo precedente

Le ultime due variabili prese in considerazione si riferiscono a osservazioni passate e sono state scelte perché potenzialmente indicative dell'effetto causale dovuto alla nuova tecnologia introdotta.

Poiché si è interessati maggiormente alla variazione percentuale della variabile piuttosto che a quella puntuale, verrà effettuata una trasformazione logaritmica sul numero di nuove imprese iscritte e sul numero di nuove imprese cessate così come è stato fatto ex-ante sulle imprese attive al periodo precedente e sul numero di addetti:

$$Y_{\text{primo modello}} = \text{Log_Tot_Iscrizioni} = \log(\text{Iscrizioni complessive} + 1)$$

$$Y_{\text{secondo modello}} = \text{Log_Tot_Cessazioni} = \log(\text{Cessazioni complessive} + 1)$$

È necessario aggiungere una unità all'argomento del logaritmo perché in molti comuni italiani non è scontato non trovare nuove imprese iscritte o cessate e questo potrebbe creare complicazioni passando ai logaritmi, per via del comportamento asintotico della funzione nell'intorno dello zero. Di conseguenza, il modello di regressione sarà rappresentabile come:

Modello A

$$\begin{aligned} & \log(\text{Iscrizioni complessive} + 1)_{c,t,s} \\ &= \beta_0 + \beta_1 * \text{dummy4G}_{c,t} + \beta_2 * \text{dummy4Gplus}_{c,t} + \beta_3 \\ & * \log(\text{Stock Imprese attive}_{t-1,c,s} + 1) + \beta_4 * \log(\text{Addetti}_{t-1,s,c} \\ & + 1) + \varepsilon_{c,t,s} \end{aligned}$$

Modello B

$$\begin{aligned} & \log(\text{Cessazioni complessive} + 1)_{c,t,s} \\ &= \beta_0 + \beta_1 * \text{dummy4G}_{c,t} + \beta_2 * \text{dummy4Gplus}_{c,t} + \beta_3 \\ & * \log(\text{Stock Imprese attive}_{t-1,c,s} + 1) + \beta_4 * \log(\text{Addetti}_{t-1,s,c} \\ & + 1) + \varepsilon_{c,t,s} \end{aligned}$$

Il metodo dei minimi quadrati consente, tramite una operazione di ottimizzazione, di stimare la costante e i coefficienti dei predittori minimizzando la somma dei quadrati dei residui. Nella regressione lineare semplice l'unico parametro da stimare è la *pendenza* della retta, nella regressione multipla bisognerà mantenere costanti tutte le altre variabili per poter valutare la stima dei singoli coefficienti.

4.2 Stima con metodo OLS.

4.2.a Valutazione del numero di nuove imprese iscritte

Effettuando una prima analisi di regressione sul numero totale di iscrizioni e utilizzando come regressori solo le due variabili logiche relative alla presenza di 4G e di 4Gplus sul territorio si ottengono i risultati esposti in **Output di Regressione 1**. Per poter effettuare l'analisi di seguito riportata è stato necessario rimuovere dalle osservazioni l'aspetto legato alla natura giuridica dell'impresa. Questo verrà poi ripreso successivamente per verificare se provoca eventuali effetti differenziali sullo sviluppo locale, ossia se il tipo di natura giuridica influisce sulla nascita di nuove attività.

Variabile Dipendente Log_Tot_Iscrizioni	1
dummy_4g	0.197*** (0.000)
dummy_4gplus	0.425*** (0.000)
_cons	0.360*** (0.000)
N	672993
R-sq	0.044
R-sq adj.	0.044
F	12320.1
p-values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001	

Output di regressione 1

L'ipotesi nulla che si va a testare per ogni regressore impone che ciascun coefficiente della retta di regressione sia uguale a zero, contro l'alternativa che sia diverso (è un test bilaterale). La seconda colonna rappresenta la stima dei parametri β_1 e β_2 realizzata dal modello, e dunque l'entità dei due effetti sulla variabile dipendente. La stima è stata costruita con un margine di errore definito ex ante e visualizzabile dall'intervallo di confidenza, ossia il range che contiene il valore vero del coefficiente nel 95% dei campioni ripetuti. La regressione è stata impostata utilizzando errori standard robusti all'eteroschedasticità¹⁸.

¹⁸ La varianza della distribuzione del residuo dipende dal valore dei regressori. In caso di eteroschedasticità gli errori standard "classici" sono inappropriati e vengono quindi corretti in modo da essere robusti all'eteroschedasticità.

Dall'analisi dell'output si evince che per un intervallo di confidenza del 95% le variabili *dummy_4g* e *dummy_4gplus* sono significative e per tanto non si può accettare l'ipotesi nulla secondo la quale non abbiano effetto sullo sviluppo di nuove imprese sul territorio.

Per definire la significatività degli stimatori presi in esame si calcola la statistica t-Student, definita come rapporto della differenza tra lo stimatore e il valore ipotizzato e l'errore standard dello stimatore, che coincide con la radice quadrata della varianza dello stimatore:

$$t_{student} = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_{1,0}}{SE(\hat{\beta}_1)}$$

Per valutare la significatività basta vedere se quanto appena calcolato, la quale segue la distribuzione T-student con $n-p^{19}-1$ gradi di libertà, è maggiore in valore assoluto del valore $|1,96|$, lavorando con il 5% di significatività. Se una variabile presenta questa caratteristica si definisce significativa e non si può accettare l'ipotesi nulla secondo cui non abbia alcun effetto causale sul numero di iscrizioni. In questo caso non si presentano dubbi in merito alla significatività delle variabili.

La misura di bontà del fitting R^2 (o *R-squared*), assume un valore pari a 0.0445, molto minore di 1, e implica che molta della varianza di Y non è ancora spiegata dal modello: altri fattori influiscono sullo sviluppo.

Per cercare di migliorare la bontà di adattamento del modello in analisi si prosegue andando ad inserire tra i predittori le altre due variabili descritte precedentemente, lo stock di imprese attive e il numero di addetti relativi alle osservazioni immediatamente precedenti. Anche in questo caso, conviene applicare la trasformazione logaritmica alle due variabili in questione per poterne stimare la variazione percentuale. I dati a disposizione sono *panel*, ossia si hanno osservazioni su multiple entità²⁰ in diversi momenti temporali. Nel nostro caso il dataset non è bilanciato perché non tutte le unità sono osservate in ciascun istante di tempo.

¹⁹ Dove p rappresenta il numero di regressori inseriti nel modello

²⁰ Nel dataset ogni entità è data dalla combinazione di comune, settore, anno.

Variabile dipendente Log_Tot_Iscrizioni	-1
dummy_4g	0.0946*** (0.000)
dummy_4gplus	0.284*** (0.000)
log_attive precedenti	0.221*** (0.000)
Log_Addetti precedenti	0.0828*** (0.000)
_cons	-0.189*** (0.000)
N	558321
R-sq	0.291
R-sq adj.	0.291
p-values in parentheses *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001	

Output di regressione 2

Si nota subito come la variabile rappresentativa del numero di imprese precedentemente attive in quel comune sia molto significativa, così come il numero di lavoratori impiegati. Una variazione dell'1% nel numero di attive già presenti provoca lo 0,22% di aumento del totale di iscrizioni. L'attrazione generata da un territorio in cui sono già presenti altre imprese influisce notevolmente sullo sviluppo di nuove attività.

Aggiungere questi due predittori ha causato una diminuzione dell'effetto della presenza di 4G e 4Gplus e allo stesso tempo ha creato un netto miglioramento nella frazione di varianza spiegata dal modello. La presenza di 4Gplus porta ad un incremento del 28,4% e sembra avere un effetto più marcato rispetto alla presenza del solo 4G.

Data la natura della rete mobile, si è supposto che i maggiori benefici portati da questa tecnologia abbiano influito su imprese medio-piccole, quali possono essere le imprese individuali. Per questo motivo, verrà ripetuta la medesima analisi andando a verificare la presenza di effetti eterogenei portati dalla diversa natura giuridica.

Osservando l'**Output Di Regressione 3** si nota che il numero di osservazioni è diminuito poiché si è ristretto il campione alle sole imprese individuali. Rispetto al risultato osservato in **Output Di Regressione 1** l'effetto del 4G e del 4Gplus è minore, pur continuando ad essere significativo (come dimostra il valore del p-value indicato in parentesi per ciascuna variabile).

Variabile dipendente: log_Tot_Iscrizioni	-1
dummy_4g	0.174*** (0.000)
dummy_4gplus	0.400*** (0.000)
_cons	0.295*** (0.000)
N	260696
R-sq	0.044
R-sq adj.	0.044
p-values in parentheses *p<0,05, **p<0,01, *** p<0,001	

Output di regressione 3. Imprese individuali

Questo potrebbe suggerire che per una delle altre forme giuridiche inserite nel campione l'effetto di queste reti potrebbe essere tanto maggiore da compensare in media il risultato appena ottenuto. Prima di procedere con la verifica di una delle altre nature d'impresa, si può osservare che per le individuali la presenza e la dimensione di altre attività preesistenti continua ad essere un effetto trainante per la crescita locale (**Output di Regressione 4**). In particolare, rispetto al caso generico descritto in **Output di Regressione 2**, assume molta più importanza il numero di addetti. Infatti, in una impresa individuale una ampia dimensione dell'organico ne potrebbe confermare la sua solidità.

	(1) log_totisc~i	(2) log_totisc~i
dummy_4g	0.188*** (89.51)	0.103*** (52.27)
dummy_4gplus	0.409*** (101.68)	0.277*** (70.57)
log_active~i		0.124*** (28.19)
Log_Addett~i		0.181*** (48.08)
_cons	0.357*** (210.91)	-0.248*** (-103.70)
N	560171	470146
R-sq	0.049	0.358
adj. R-sq	0.049	0.358
t statistics in parentheses		
* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001		

Output di regressione 4. Imprese individuali

Focalizzandosi sulle sole “società di persone”, imprese in cui la componente soggettiva rappresentata dai soci è prevalente rispetto al capitale, si ottengono i risultati esposti nell’**Output di Regressione 5**. Rispetto al caso precedente è evidente il maggior apporto dato allo sviluppo dalla presenza di 4G, che si attesta intorno al 12,3%. Diminuisce invece il contributo dato dalla presenza pregressa di altre imprese analoghe e aumenta quello della dimensione dell’organico.

	(1) log_totisc~i	(2) log_totisc~i
dummy_4g	0.247*** (80.31)	0.123*** (39.54)
dummy_4gplus	0.498*** (99.44)	0.335*** (66.06)
log_active~i		0.0823*** (35.93)
Log_Addett~i		0.244*** (119.79)
_cons	0.530*** (206.95)	-0.121*** (-29.08)
N	434426	368487
R-sq	0.053	0.269
adj. R-sq	0.053	0.269
t statistics in parentheses		
* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001		

Output di regressione 5. Società di persone

In **Output di Regressione 6**, si osserva che nelle società di capitali la disponibilità di 4G risulta essere meno determinante rispetto al caso generale. Questo risultato è in linea con il fatto che solitamente le imprese classificate in questo modo sono società di ampie dimensioni e ci si aspetta che necessitino di una connessione superiore a quella garantita dalle reti mobili. Il 4Gplus potrebbe essere già più interessante perché garantendo una velocità di navigazione più elevata costituirebbe un oggetto di interesse migliore (ad esempio per facilitare e velocizzare la comunicazione interna).

	(1) log_totisc~i	(2) log_totisc~i
dummy_4g	0.213*** (63.75)	0.0811*** (23.72)
dummy_4gplus	0.443*** (90.29)	0.256*** (51.42)
log_attive~i		0.146*** (74.73)
Log_Addett~i		0.148*** (104.07)
_cons	0.551*** (193.44)	-0.0659*** (-15.31)
N	420908	347937
R-sq	0.042	0.256
adj. R-sq	0.042	0.256
t statistics in parentheses		
* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001		

Output di regressione 6. Società di capitali

Per quanto riguarda la categoria chiamata "ALTRE FORME", indicanti generalmente tutto quello non classificato come voce diversa, viene evidenziato l'impatto notevole portato da 4G e 4Gplus, rispettivamente pari al 16,3% e 34,1% dopo una loro introduzione, mentre assume un peso minore la presenza e la dimensione di altre attività sullo stesso territorio nell'anno precedente.

	1	2
	log_Tot_Iscrizioni	log_Tot_Iscrizioni
dummy_4g	0.317*** (64.34)	0.163*** (32.10)
dummy_4gplus	0.543*** (84.20)	0.341*** (48.22)
log_attive_precedenti		0.255*** (132.02)
Log_Addetti_precedenti		0.0599*** (35.48)
_cons	0.610*** (146.89)	-0.0567*** (-9.20)
N	245142	202227
R-sq	0.059	0.248
adj. R-sq	0.059	0.248
t statistics in parentheses * p<0.05, **p<0.01, *** p<0.001		

Output di regressione 7. Altre forme

4.2.b Valutazione del numero di imprese cessate

In modo analogo, si può condurre l'analisi sulle valore complessivo delle cessazioni per verificare se esistono degli effetti causali provocati dalla presenza di queste due tipologie di rete mobile. Anche in questo caso, è stato considerato rilevante l'apporto che potrebbero avere le variabili indicatrici della solidità dell'impresa, come la presenza di altre attività e le loro dimensioni negli anni precedenti. L'**Output di regressione 8** mostra i risultati del caso generale, senza distinzione per tipo di ragione sociale o settore. Lo stock di impiegati presenti nel comune e settore nell'anno precedente influisce negativamente sul numero di nuove cessazioni, in quanto la dimensione dell'impresa potrebbe influire sulla sua solidità. La disponibilità di 4G o 4Gplus sembrano influenzare significativamente la chiusura delle imprese, ma questo risultato, apparentemente contraddittorio, potrebbe dipendere dall'omissione di altre variabili rilevanti o da altri motivi di carattere aleatorio.

	(1) log_Cessaz~i	(2) log_Cessaz~i
dummy_4g	0.195*** (90.95)	0.0288*** (17.80)
dummy_4gplus	0.454*** (112.11)	0.196*** (60.53)
log_attive~i		0.443*** (499.95)
Log_Addett~i		-0.00434*** (-5.22)
_cons	0.416*** (238.75)	-0.392*** (-210.66)
N	672993	558321
R-sq	0.048	0.598
adj. R-sq	0.048	0.598

t statistics in parentheses
* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Output di regressione 8

Variabile Dipendente	-1 log_Cessazioni	-2 log_Cessazioni
dummy_4g	0.0244*** (0.000)	-0.0396*** (0.000)
dummy_4gplus	0.182*** (0.000)	0.121*** (0.000)
Log_Addett~i	0.0632*** (0.000)	0.0524*** (0.000)
log_attive~i	0.397*** (0.000)	0.368*** (0.000)
log_GDP_pe~a		-0.0310*** (0.000)
log_popola~e		0.0998*** (0.000)
altitudine~i		0.0000135*** (0.000)
comunelito~o		0.0368*** (0.000)
gradodiurb~e		-0.0278*** (0.000)
_cons	-0.417*** (0.000)	-0.715*** (0.000)
N	558321	445821
R-sq	0.604	0.620
R-sq adj.	0.604	0.620

p-values in parentheses
*p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Output di regressione 9. 2012-2018

Per dimostrare la distorsione causata dall'omissione di variabili significative è stata eseguita una seconda analisi, i cui risultati sono illustrati in **Output di Regressione 9**. In questo caso è stato utilizzato il dataset contenente le informazioni relative agli anni 2012-2018.

Includendo anche altri fattori, di cui si parlerà con maggiore attenzione successivamente, si può notare come la presenza di 4G diventi un ostacolo alla chiusura delle imprese, e non più un fattore scatenante e decisivo.

È stato valutato anche un modello relativo al solo anno 2019 essendo l'ultimo anno disponibile nei dati e il più vicino alle condizioni attuali. Il coefficiente della variabile "dummy_4g" è positivo ma il suo impatto non può essere considerato significativo, a dimostrazione che la presenza di rete non può essere una determinante del fallimento delle attività. Lo stock di imprese presenti l'anno precedente influisce in modo significativo poiché maggiori sono le imprese attive in un comune maggiore è la probabilità che qualcuna di esse possa chiudere.

Variabile dipendente	-1 log_cessazioni
dummy_4g	0.0255 (0.219)
dummy_4gplus	0.0608*** (0.000)
log_stock_Attive	0.357*** (0.000)
log_stock_Addetti	0.0713*** (0.000)
_cons	-0.362*** (0.000)
N	96788
R-sq	0.536
R-sq adj.	0.536
p-values in parentheses *p<0,05,**p<0,01,***p<0,001	

Output di regressione 10

4.3 Analisi di regressione con specificazioni morfologiche del territorio

4.3.a Effetto sul numero di nuove imprese iscritte

La crescita locale potrebbe dipendere anche da variabili legate alla struttura demografica e morfologica del territorio. Per questo motivo, e per evitare il più possibile problemi da variabili omesse, andrebbero inserite nel modello alcune variabili esplicative, quali:

- *GDP (Gross Domestic Production) pro-capite*, per verificare se una popolazione con reddito maggiore influenza la componente imprenditoriale di un territorio;
- *La popolazione complessiva*, per verificare se esiste un effetto causale dato dal numero di abitanti;
- *La percentuale di popolazione giovane*, per evidenziare fattori legati all'età lavorativa degli abitanti;
- *L'altitudine del comune*, per verificare se l'attrazione industriale del luogo dipende dalla morfologia del territorio;
- *Il grado di urbanizzazione*, per verificare se la maggiore disponibilità di risorse che una città può garantire rispetto ad un territorio rurale può influire sullo sviluppo locale;
- *La denominazione di comune litoraneo*, variabile logica che permette di verificare quanto della crescita locale dipende anche dalla natura stessa del territorio;

Tuttavia, la popolazione complessiva e la percentuale di popolazione giovane non possono essere inserite insieme per evitare che si verifichi collinearità²¹, in quanto una è funzione lineare dell'altra. Per evitare di non fare valere le assunzioni dei minimi quadrati²² verrà utilizzata unicamente la popolazione totale. Per le ragioni esposte

²¹ Con collinearità si intende una forma forte di dipendenza lineare. Quando le variabili esplicative (x) sono altamente correlate tra loro, i coefficienti di regressione risultano spesso instabili e le statistiche t per le variabili risultano errate.

²² Per derivare la distribuzione campionaria dello stimatore $\hat{\beta}_1$ si fanno alcune assunzioni, chiamate appunto "Assunzioni dei Minimi Quadrati" e consistono in:

- La distribuzione di ϵ (residuo) condizionata alle X ha media nulla
- $(X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}, Y_i), i = 1, \dots, n$, sono i.i.d (identicamente indipendentemente distribuite)
- Gli outliers sono rari (momenti quarti finiti)
- Non vi è collinearità perfetta, ossia nessun regressore deve essere funzione lineare esatta di altri

precedentemente, per implementare questo modello verrà utilizzato il dataset relativo agli anni 2012-2018.

	-1 log_tot_Iscrizioni
dummy_4g	0.0437*** (0.000)
dummy_4gplus	0.267*** (0.000)
log_attive_precedenti	0.202*** (0.000)
Log_Addetti_precedenti	0.0748*** (0.000)
altitudine del centro	-0.000117*** (0.000)
comune litoraneo	0.123*** (0.000)
grado di urbanizzazione	-0.193*** (0.000)
log_gdp_procapite	-0.0417*** (0.000)
_cons	0.854*** (0.000)
N	445821
R-sq	0.313
adj. R-sq	0.313
p-values in parentheses	
* p<0.05, **	p<0.01, *** p<0.001

Output di regressione 11. 2012-2018

Il modello di regressione sarà ora descritto da:

$$\begin{aligned}
 Y_{c,t,s} = & \beta_0 + \beta_1 * DummyG_{c,t} + \beta_2 * Dummy4Gplus_{c,t} + \beta_3 \\
 & * \text{Log}(\text{StockImpreseAttive}_{c,t-1,s} + 1) + \beta_4 \\
 & * \text{Log}(\text{Numero Addetti}_{c,t-1,s} + 1) + \beta_5 * \text{AltitudineCentro}_c + \beta_6 \\
 & * \text{Popolazione}_{c,t} + \beta_7 * \text{GradoUrbanizzazione}_{c,t} + \beta_8 \\
 & * \text{LogGDP}_procapite_{c,t} + \beta_9 * \text{Comune}_litoraneo_c + \varepsilon_{c,t,s}
 \end{aligned}$$

Con l'aggiunta di altri regressori, l'effetto di una singola variabile viene calcolato mantenendo costante le altre, e dunque i risultati cambiano rispetto al caso precedente.

L'output **11** dimostra che tutte le variabili inserite nel modello sono significative al 5%, anche se con intensità diverse: la presenza di 4G, l'altitudine del centro e la

ricchezza pro-capite sembrano influire in modo minore. In linea con quanto ci si attende dal buon senso, l'altitudine non contribuisce alla crescita della componente industriale, a differenza della classificazione morfologica di comune litoraneo. L'introduzione della rete mobile 4gplus provoca un aumento pari allo 26% del numero iscrizioni totali.

Si nota come sia aumentato il coefficiente di determinazione R^2 (prima pari a circa il 28%, ora il 31%) ma questo potrebbe dipendere semplicemente dall'aumento del numero di regressori e non indicare quindi una migliore spiegazione della variabile dipendente. Per questo motivo bisognerebbe valutare la sua formulazione corretta per i gradi di libertà, $R^2_{adjusted}$, non visualizzabile dall'output.

	(1) log_totisc~i	(2) log_totisc~i	(3) log_totisc~i
dummy_4g	0.0944*** (46.06)	0.0435*** (19.46)	0.0484*** (21.82)
dummy_4gplus	0.284*** (65.96)	0.267*** (47.07)	0.220*** (37.29)
logAttiveP~i	0.220*** (147.97)	0.201*** (118.58)	0.195*** (114.24)
logAddetti~i	0.0844*** (65.02)	0.0755*** (53.93)	0.0713*** (51.57)
altitudine~i		-0.000118*** (-31.01)	-0.000123*** (-32.70)
comunelito~o		0.122*** (23.75)	0.0943*** (18.54)
gradodiurb~e		-0.193*** (-70.37)	-0.167*** (-58.41)
LogGdp_pro~e		-0.0421*** (-7.38)	-0.0571*** (-10.13)
population			0.00000203*** (20.29)
_cons	-0.189*** (-77.64)	0.857*** (14.80)	0.946*** (16.52)
N	558321	445821	445821
R-sq	0.291	0.313	0.325
adj. R-sq	0.291	0.313	0.325

t statistics in parentheses
* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Output di regressione 12. 2012-2018

In **Output di Regressione 12** vengono illustrate le tre differenti regressioni applicate sui dati analizzati. Come variabile dipendente è stata mantenuta la formazione di nuove imprese (*log_Tot_Iscrizioni*) mentre il numero di regressori aumenta di colonna in colonna.

La prima colonna fa riferimento alla regressione con le variabili dummy4G, dummy4Gplus e i predittori rappresentativi delle condizioni preesistenti, la seconda include tutti i fattori che precedentemente sono stati ritenuti possibilmente causali e infine nella terza è stato valutato anche l'apporto della *popolazione*. Questa rappresentazione dell'output permette di visualizzare immediatamente la variazione dell'entità dell'effetto dato dalle variabili esplicative e la loro stessa significatività. Al fondo della tabella si può osservare il numero di osservazioni campionarie, il coefficiente di determinazione e lo stesso coefficiente corretto per i gradi di libertà.

Le variabili risultano essere tutte altamente significative, infatti si ottengono p-value sempre inferiori al livello di significatività dello 0,1%. In tutte e tre le colonne comunque la presenza del 4Gplus sembra essere più importante rispetto a quella del solo 4G: introdurre la prima porta un aumento del numero totale di imprese pari al 22% mentre il 4G solo al 4,84%. Si può notare come aumenta la frazione di varianza spiegata dal modello, chiaro segnale della maggiore completezza di indagine.

Le caratteristiche distintive del territorio, la popolazione e la ricchezza media pro-capite esercitano un ruolo fondamentale per la crescita, che si sviluppa in parallelo all'effetto dato dalla presenza di un network a banda larga idoneo.

4.3.b Valutazione del numero di cessazioni

Ripetendo la stessa analisi per il numero di cessazioni, classificate sempre in base al comune, all'anno e al settore ATECO, si ottiene la retta di regressione:

$$\begin{aligned} & \text{Log}(\text{Cessazioni} + 1)_{c,t,s} \\ &= \beta_0 + \beta_1 * \text{DummyG}_{c,t} + \beta_2 * \text{Dummy4Gplus}_{c,t} + \beta_3 \\ & * \text{Log}(\text{StockImpreseActive}_{c,t-1,s} + 1) + \beta_4 \\ & * \text{Log}(\text{Numero Addetti}_{c,t-1,s} + 1) + \beta_5 * \text{AltitudineCentro}_c + \beta_6 \\ & * \text{Popolazione}_{c,t} + \beta_7 * \text{GradoUrbanizzazione}_{c,t} + \beta_8 \\ & * \text{LogGDP_procapite}_{c,t} + \beta_9 * \text{Comune_litoraneo}_c + \varepsilon_{c,t,s} \end{aligned}$$

Dove, come precedentemente, per poter valutare la trasformazione logaritmica bisogna aggiungere all'argomento della funzione una unità per evitare complicazioni da valori nulli.

Verrà effettuata una prima analisi andando a valutare l'effetto causale della sola presenza di 4G e 4Gplus e poi, nelle colonne successive, tutte le altre variabili che potrebbero andare a ridurre l'errore di regressione, il quale viene anche qui calcolato in modo da essere robusto all'eteroschedasticità.

In questo caso, i valori contenuti nelle parentesi tonde **dell'Output di Regressione 13**, fanno riferimento agli errori standard e non alla statistica t, che può essere semplicemente calcolata come rapporto tra coefficiente ed errore.

Tutte le variabili sono significative considerando un p-value minore dell'0,1%, ad eccezione del valore dell'altitudine che è significativo per soglie più tolleranti e la ricchezza pro-capite che invece sembra non influire.

Variabile Dipendente Log_tot_cessazioni	-1 log_cessazioni	-2 log_cessazioni	-3 log_cessazioni
dummy_4g	0.0747*** (0.00144)	-0.00427** (0.00134)	-0.0180*** (0.00151)
dummy_4gplus	0.266*** (0.00348)	0.101*** (0.00286)	0.116*** (0.00389)
Log_Active_precedenti		0.145*** (0.000929)	0.141*** (0.00105)
Log_Addetti_precedenti		0.0424*** (0.000826)	0.0397*** (0.000921)
Altitudine del centro			-0.00000823** (0.00000252)
popolazione			
Grado di urbanizzazione			-0.0504*** (0.00175)
Log_Gdp_procapite			0.00500 (0.00381)
Comune litoraneo			0.0308*** (0.00350)
_cons	0.180*** (0.00114)	-0.157*** (0.00165)	-0.0478 (0.0383)
N	565823	558321	445821
R-sq	0.030	0.243	0.247
adj. R-sq	0.030	0.243	0.247

Output di regressione 13. 2012-2018

In questo caso appare evidente la relazione negativa tra la presenza di 4G e le cessazioni: introdurre la rete in un comune fa diminuire le interruzioni di attività del 1,80%. Continua ad essere molto significativa la presenza di altre attività sul territorio nel periodo di tempo considerato (l'anno) precedente e infatti ad un aumento di un punto percentuale sullo stock di imprese attive il numero di cessazioni aumenta dello 0,141%.

4.4 Valutazione del modello ad effetti fissi

Il dataset a disposizione è costituito da dati panel. Questi ultimi, anche chiamati longitudinali, sono caratterizzati da variabilità sia nella dimensione temporale che in quella sezionale. Essi, infatti, contengono una serie di osservazioni su multiple entità, ciascuna osservata in più periodi di tempo (nel nostro caso 7 anni). La variabilità che contraddistingue questo tipo di dati porta a poter scomporre il termine d'errore in una componente "pura" e in un secondo termine non osservabile, costante nel tempo, ma variabile da entità a entità.

Con questo tipo di dati si possono controllare fattori che variano tra le entità ma non nel tempo, fattori che potrebbero creare distorsione da variabile omessa se non inseriti nel modello oppure fattori non misurabili e quindi non inseribili.

Se una variabile omessa non varia nel tempo, allora ogni cambiamento nel tempo della variabile dipendente Y non può essere causato dalla variabile omessa. Grazie a questa intuizione, i dati panel permettono di effettuare la cosiddetta "regressione a effetti fissi" ed eliminare la distorsione da variabili omesse quando queste non cambiano nel tempo per uno specifico stato.

Per poter catturare l'effetto fisso viene quindi inserita nel modello una variabile che identifica il comune e ne cattura tutte le caratteristiche e le influenze delle variabili omesse che non cambiano nel tempo.

Un generico modello di regressione a effetti fissi è costruito come:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 * X_{it} + \beta_2 * Z_i + u_{it}$$

dove Z_i è una variabile inosservata che varia da uno stato a un altro ma non cambia nel tempo. Si vuole stimare β_1 , l'effetto su Y di X tenendo costanti le caratteristiche inosservate dello stato Z . Siccome Z_i varia da uno stato a un altro ma è costante nel tempo, il modello di regressione può essere interpretato come avente n intercette, una per ogni stato. Nello specifico, si definisce $\alpha_i = \beta_0 + \beta_2 * Z_i$ e quindi il modello diventa:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 * X_{it} + u_{it}$$

Dove le α_i sono le intercette incognite da stimare, per ogni stato, mentre la pendenza β_1 è la stessa per tutti gli stati. La fonte della variazione nell'intercetta è la variabile Z_i , che cambia da stato a stato, pur essendo costante nel tempo.

Nel modello a effetti fissi alle quattro ipotesi dei *Minimi Quadrati* ne va aggiunta ancora una: i fattori omessi che rientrano nel termine di errore devono essere non correlati nel tempo all'interno di ciascuno stato.

In questo caso, con stato si intende ogni singolo comune e verrà effettuata una regressione che permetterà di evitare la distorsione da variabile omessa per tutte quelle caratteristiche tipiche e costanti di ogni comune che però non è stato possibile inserire nel modello.

Si potrebbe però pensare che altri fattori possano condurre a distorsione da variabile omessa. Così come gli effetti fissi sul comune consentono di controllare per variabili che sono costanti nel tempo ma differiscono tra gli stati, così gli effetti temporali controllano per variabili che sono costanti tra le entità ma evolvono nel tempo. Ad esempio, negli anni potrebbero essere state avviate delle politiche volte a incentivare la banda larga. Si controlla per gli effetti fissi di tempo inserendo delle variabili logiche relative ad ogni anno considerato.

In un modello a singolo regressore, del tipo $Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \delta_2 B2_t + \dots + \delta TBT_t + u_{it}$, l'intercetta viene inclusa e la prima variabile binaria ($B1_t$) omessa per prevenire la perfetta collinearità. Per lo stesso motivo, inserendo un numero maggiore di regressori, alcune variabili logiche dovranno essere escluse dal modello.

Proseguendo con l'analisi del caso, si ottengono i risultati esposti nell'**Output 14**. Gli effetti fissi sono stati inclusi nel modello iniziale, che prevedeva come variabili indipendenti la presenza di 4G e di 4Gplus, l'effetto del numero di imprese già presenti l'anno precedente e la loro dimensione in termini di organico. Nella colonna (4) sono stati inseriti anche gli effetti fissi temporali e a causa della multi-collinearità sono state omesse le variabili logiche rappresentative degli anni 2012, 2013, 2019.

	(1) log_totlscrizioni	(2) log_totlscrizioni	(3) log_totlscrizioni	(4) log_totlscrizioni
dummy_4g	0.197*** (95.43)	0.100*** (48.75)	-0.00320 (-1.35)	0.00735* (2.25)
dummy_4gplus	0.425*** (104.98)	0.301*** (68.07)	-0.0160** (-3.14)	-0.00562 (-1.04)
Log_Addetti_precedenti		0.00172 (1.52)	-0.0147*** (-13.90)	-0.0147*** (-13.90)
log_attive_precedenti		0.277*** (223.91)	0.198*** (135.06)	0.198*** (135.06)
dummy_anno2014				0.0225*** (5.86)
dummy_anno2015				0.0163*** (4.76)
dummy_anno2016				0.0175*** (5.64)
dummy_anno2017				0.00773* (2.57)
_cons	0.360*** (218.66)	-0.160*** (-62.97)	0.172*** (45.97)	0.150*** (28.74)
Osservazioni	672993	558321	558321	558321
R-sq	0,044	0,28	0,366	0,366
R-sq-adjusted	0,044	0,28	0,357	0,357
Effetti fissi di stato	no	no	si	si
Effetti fissi di tempo	no	no	no	si

Output di regressione 14

Per evitare problemi derivanti dai valori mancanti per l'anno 2019, anno di cui non si conoscevano purtroppo alcune variabili demografiche quali il reddito pro capite o la popolazione dei comuni, si è effettuata l'analisi ad effetti fissi utilizzando come regressori solamente le due variabili logiche indicative della presenza di rete mobile e le variabili rappresentative della presenza e dimensione di imprese negli anni precedenti. Introducendo gli effetti fissi si nota subito come la presenza di 4G e 4Gplus perda in significatività, divenendo addirittura non significativa (e non positiva) la prima. Il coefficiente di determinazione aumenta, a dimostrazione che il metodo degli effetti fissi è comunque riuscito ad arginare la distorsione da variabile omessa. Il problema principale del modello, che forse spiegherebbe il motivo di quel coefficiente negativo, potrebbe dipendere dalla mancanza delle variabili demografiche, le quali, come è stato illustrato nei paragrafi precedenti, sono molto importanti per lo sviluppo economico locale. Per verificare eventuali scostamenti portati dalle variabili demografiche, di seguito è stata impostata la stessa analisi degli effetti fissi ma solo sul dataset relativo agli anni 2012-2018, in modo da poter constatare le differenze tra i due output.

Variabile Dipendente: Log_Tot_Iscrizioni	-1	-2	-3
dummy_4G	0.0495*** (22.32)	0.00255 (0.91)	0.00862* (2.33)
dummy_4GPlus	0.233*** (38.64)	-0.0121 (-1.76)	-0.00489 (-0.68)
Log_Addettiprecedenti	-0.00870*** (-7.22)	-0.0142*** (-11.90)	-0.0142*** (-11.89)
log_attiveprecedenti	0.246*** (167.68)	0.199*** (121.69)	0.199*** (121.69)
log_gdpprocapite	-0.0351*** (-6.20)	-0.101* (-2.23)	-0.0521 (-1.08)
Altitudinedelcentrometri	-0.000127*** (-33.74)	0 (.)	0 (.)
Comunelitoraneo	0.0988*** (19.05)	0 (.)	0 (.)
Gradodiurbanizzazione	-0.173*** (-59.07)	0 (.)	0 (.)
population	0.00000213*** (20.23)	0.00000275 (0.24)	0.00000236 (0.21)
anno ²³ == 2014.0000			0.0143*** (3.40)
anno== 2015.0000			0.00870* (2.47)
anno== 2016.0000			0.0101**
Constant	0.788*** (13.71)	1.118* (2.46)	0.636 (1.33)
Observations	445821	445821	445821
R-squared	0.317	0.367	0.367
Adjusted R-squared	0.317	0.356	0.356
Effetti fissi	no	Si, di comune	Si, di tempo e comune
t statistics in parentheses * p<0.05** p<0.01*** p<0.001"			

Output di regressione 15. 2012-2018

L'introduzione delle variabili demografiche permette di far risaltare in modo migliore l'impatto positivo della rete 4G, la cui presenza porta un aumento pari allo 0.862% controllando i dati 2012-2018. La presenza di 4Gplus continua ad essere non

²³ Le variabili logiche relative agli anni 2012,2013,2018 sono state omesse da Stata per evitare collinearità, così come l'altitudine del centro, il grado di urbanizzazione e la classificazione di comune litoraneo.

significativa in entrambe le analisi e il suo effetto pare essere legato negativamente al numero di nuove iscrizioni.

Allo stesso modo si possono valutare le cessazioni. Aggiungere gli effetti fissi per il comune ha determinato che i coefficienti delle variabili Dummy_4g e Dummy_4gplus diventassero negativi (in linea con le aspettative) e comunque statisticamente significativi. Aggiungendo anche gli effetti fissi di natura temporale entrambe perdono in significatività.

Variabile Dipendente: Log Tot Cessazioni	-1	-2	-3
dummy_4g	-0.0388*** (0.000)	-0.0182*** (0.000)	0.00529 (0.067)
dummy_4gplus	0.125*** (0.000)	-0.0306*** (0.000)	-0.00972 (0.066)
Log_Addett_precedenti	0.0525*** (0.000)	0.0461*** (0.000)	0.0462*** (0.000)
log_attive_precedenti	0.368*** (0.000)	0.360*** (0.000)	0.360*** (0.000)
log_gdp_procapite	-0.0428*** (0.000)	-0.169*** (0.000)	0.147*** (0.000)
log_popolazione	0.101*** (0.000)	0.157** (0.009)	-0.111 (0.084)
altitudine del centro	0.00000506 (0.109)	0 (.)	0 (.)
grado di urbanizzazione	-0.0271*** (0.000)	0 (.)	0 (.)
anno 2014			0.0527*** (0.000)
anno 2015			0.0205*** (0.000)
anno 2016			0.0135*** (0.000)
_cons (0.000)	-0.610*** (0.850)	0.122	-0.801 (0.221)
N	445821	445821	445821
R-sq	0.620	0.645	0.645
adj. R-sq	0.620	0.638	0.639
Effetti fissi di comune	no	si	si
Effetti fissi di tempo	no	no	si
p-values in parentheses * p<0.05** p<0.01*** p<0.001			

Output di regressione 16. 2012-2018

4.5 Analisi con il metodo delle Variabili Strumentali (IV)

In presenza di endogeneità dei regressori la stima con il modello OLS genera stimatori distorti, o eterogeneità inosservata. L'endogeneità può essere causata da diverse condizioni: l'omissione di variabili rilevanti nel modello, la causalità simultanea, l'autocorrelazione nei modelli dinamici o la presenza di errori aleatori nella misurazione delle variabili stesse.

Per risolvere questo problema si è cercato precedentemente di ricorrere alla valutazione degli effetti fissi, assumendo che le variabili omesse non dipendessero dal tempo o dal comune. Quest'ultimo metodo, però, non consente di arginare la distorsione da variabile omessa se questa cambia nel tempo ed è correlata con le variabili esplicative.

Una soluzione al problema dell'inconsistenza dei minimi quadrati ordinari è rappresentata dall'esistenza di una o più variabili che vengono definite *strumentali* e rappresentate convenzionalmente con il vettore $Z_i = [Z_0 \dots Z_R]$. Tali variabili per essere valide come strumenti devono avere la duplice caratteristica di essere asintoticamente correlate con il regressore o i regressori, e allo stesso modo non correlate con l'errore di regressione, e dunque esogene. In altri termini, non devono influenzare direttamente la variabile dipendente Y se non come effetto riflesso per la loro correlazione con i regressori.

Le due caratteristiche possono essere scritte in termini più formali, come:

- Proprietà di esogeneità della variabile strumentale: $Cov(Z, u) = 0$;
- Proprietà di rilevanza della variabile strumentale: $Cov(Z, x) \neq 0$;

Se uno strumento è rilevante, la sua variazione è legata alla variazione in x . Se lo strumento è inoltre esogeno, la parte della variazione in x catturata dalla variabile strumentale è esogena. Per questo motivo, uno strumento che sia rilevante ed esogeno può catturare movimenti nel regressore che sono esogeni.

Più uno strumento è rilevante, più la variazione in x è spiegata dallo strumento e più lo stimatore è accurato. Se gli strumenti sono deboli, ossia spiegano poco della

variazione di x , allora la distribuzione normale fornisce una cattiva approssimazione alla distribuzione campionaria dello stimatore TSLS, il quale risulta distorto. Gli intervalli di confidenza al 95% costruiti come lo stimatore TSLS $\pm 1,96$ volte l'errore standard, possono contenere il vero valore del coefficiente molto meno del 95% delle volte.

Un modo per controllare se gli strumenti sono deboli quando c'è un singolo regressore endogeno è quello di calcolare la statistica F per verificare l'ipotesi che i coefficienti degli strumenti siano tutti nulli nel primo stadio della regressione dei TSLS. Se è presente un solo strumento si calcolerà una statistica su singola restrizione per verificare che il coefficiente sia nullo.

Dato un generico e semplice modello $y = \beta_0 + \beta_1 x + u$ in cui la variabile esplicativa è endogena e la variabile strumentale viene denominata Z_1 , le due proprietà permettono inoltre di identificare il parametro β_1 . Infatti, la covarianza tra la variabile Z_1 e la variabile dipendente può essere scritta come:

$$Cov(Z, y) = \beta_1 * Cov(Z, x) + Cov(Z, u)$$

Vista la proprietà di esogeneità dello strumento e la sua rilevanza²⁴ allora si può scrivere:

$$\beta_1 = \frac{Cov(Z_1, y)}{Cov(Z_1, x)}$$

Dove, lavorando con un campione casuale, le due covarianze saranno sostituite dalle relative covarianze campionarie e il loro rapporto darà origine allo stimatore TSLS.

$$\widehat{\beta}_1 = \frac{s_{yz}}{s_{zx}} = \text{stimatore TSLS}$$

Il metodo viene anche chiamato *TSLS*²⁵ perché è suddiviso in due principali fasi:

- *Fase I.* Una volta identificata la variabile strumentale idonea (Z_1), si effettua una regressione OLS della variabile sospettata endogena utilizzando come regressori Z_1 e altre variabili esogene. Si trova lo stimatore (\hat{X}) come valore predetto dal modello.

²⁴ La rilevanza assicura di dividere per un valore non nullo

²⁵ Two Stages Least Squares o, in italiano, Metodo dei minimi quadrati a due passi

- *Fase II.* Si sostituisce il valore predetto (\hat{X}) nel modello iniziale, effettuando una seconda regressione.

In questo caso di studio esistono dei fattori che non è stato possibile osservare ma che influenzano l'introduzione del 4G e 4Gplus così come l'entrata o uscita delle imprese. Il livello e la dinamicità dell'attività imprenditoriale in una località dipende da così tanti fattori, che siano fisici, economici o culturali, che è immediato pensare di averne tralasciato qualcuno nei modelli precedenti. Questo rende le stime ottenute scorrette, o per lo meno deviate. Si procede, quindi, inserendo nel modello una variabile che sia correlata solo alla presenza di 4G e non all'entrata delle imprese sul mercato e di conseguenza non sia compresa nel termine d'errore del modello.

In particolare, come strumentale è stata scelta la distanza tra il comune considerato e i nodi della rete nazionale OPB (*Optical Packet Backbone*), ossia la dorsale di trasporto nazionale della rete TIM costituita da 32 nodi PoP (*Point of Presence*) e dai collegamenti che legano i punti tra di loro. Questa scelta è motivata dal fatto che la rete OPB è sicuramente esogena alla rete mobile. Infatti, essa è stata implementata esclusivamente in funzione dell'ottimizzazione dei flussi di dati della rete fissa ma la rete mobile è costretta ad utilizzarla egualmente come rete di *backhaul*.

Nel primo passo del metodo verrà effettuata la regressione:

$$\begin{aligned}
 Dummy_{4g} = & \beta_0 + \beta_1 * \log(Addetti_{tot})_{t-1} + \beta_2 * \log(Attive_{tot} + 1)_{c,s,t-1} + \beta_3 \\
 & * PostXopb_c + \beta_4 * \log(GDPprocapite)_{c,t} + \beta_5 * \log(popolazione)_{c,t} \\
 & + \beta_6 * altitudine_c + \beta_7 * gradourbanizzazione_{c,t} + \beta_8 \\
 & * Mindistance_c + u
 \end{aligned}$$

Una volta predetto il valore \widehat{Dummy}_{4g} in base al modello sopra illustrato, verrà valutato il secondo passo²⁶ inserendo come variabile dipendente il *Log_Tot_Iscrizioni* (e in seguito il *Log_Tot_Cessazioni*) e come regressori quelli indicati nei capitoli precedenti. L'intera analisi verrà ripetuta per valutare l'effetto consistente del 4Gplus.

²⁶ Nel software STATA la regressione a variabili strumentali è facilmente riassunta in un unico passaggio. È inoltre possibile effettuarla seguendo i due step, ma il software nel secondo step non riconosce di star utilizzando dei valori predetti al posto dei dati attuali e genera errori standard devianti.

4.5.a Valutazione dell'endogeneità della presenza di 4G e sua possibile soluzione

I risultati riportati in **Output di Regressione 17** mostrano i tre metodi di analisi condotti. È evidente come la presenza di 4G acquisisca un posto sempre più significativo per lo sviluppo di nuove imprese man mano che si argina il problema dell'endogeneità delle variabili esplicative. Infatti, non solo acquisisce significatività ma il suo effetto diventa anche positivo: l'introduzione del 4g permette di vedere un aumento di iscrizioni totali, senza distinzione per natura giuridica, pari al 6%. Questo risultato, così diverso da quello ottenuto con la stima OLS, dimostra anche che l'ipotesi di endogeneità della variabile era vera e utilizzare come strumento la distanza tra il comune e il nodo della rete nazionale è stata una operazione necessaria e di successo.

Variabile Dipendente: Log_Tot_Iscrizioni	Linear Regression	Fixed Effects	Instrumental Variable
dummy_4g	-0.0125*** (0.000)	0.00408 (0.195)	0.0600*** (0.000)
Log_Addett_precedenti	0.0680*** (0.000)	0.0597*** (0.000)	0.0683*** (0.000)
log_attive_precedenti	0.166*** (0.000)	0.154*** (0.000)	0.166*** (0.000)
log_gdp_procapite	-0.0361*** (0.000)	-0.0983* (0.035)	-0.0497*** (0.000)
log_popolazione	0.196*** (0.000)	-0.0604 (0.413)	0.190*** (0.000)
Altitudine del centro	0.0000494*** (0.000)	0 (.)	0.0000508*** (0.000)
Grado di urbanizzazione	-0.0442*** (0.000)	0 (.)	-0.0421*** (0.000)
min_distance	-0.0000188 (0.690)	0.000103 (0.068)	0.000334*** (0.000)
_cons	-1.063*** (0.000)	1.567* (0.047)	-0.947*** (0.000)
N	445821	445821	440981
R-sq	0.340	0.372	0.340
R-sq adj.	0.340	0.361	0.340
p-values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001			

Output di regressione 17. 2012-2018

Nelle analisi svolte, a differenza di quanto fatto nei paragrafi precedenti, è stato utilizzato il logaritmo naturale della variabile *popolazione* per poter condurre valutazioni percentuali immediate. È stato inoltre introdotto un ulteriore controllo, la variabile *min_distance* che rappresenta la distanza presente con il nodo della Optical Packet Backbone più vicino al comune.

Per rafforzare ancora di più l'assunzione è stato effettuato un test di endogeneità della variabile *Dummy_4g* secondo il quale si testa l'ipotesi nulla che tale variabile sia esogena e che qualsiasi forma di endogeneità non porterebbe distorsione sulla stima OLS. Rifiutare l'ipotesi nulla indica invece che l'effetto del regressore endogeno ha un impatto significativo sulla stima ed è quindi richiesto l'utilizzo delle variabili strumentali.

La verifica è suddivisa in due componenti:

- Test di *Durbin*: fornisce una statistica distribuita secondo una Chi-quadro con m gradi di libertà, dove con m si intende il numero di variabili supposte endogene nel modello di regressione IV.
- Test di *Wu-Hausman*: fornisce una seconda statistica che segue invece una distribuzione di Fisher.

I risultati dei due test mostrano dei valori per cui si rifiuta l'ipotesi nulla senza esitazione: la presenza di 4G è una variabile endogena e l'utilizzo di uno strumento ha permesso di ottenere degli stimatori più consistenti.

$$\begin{cases} \text{Test di Durbin: chi - quadro (1)} \rightarrow 30.1013, p_{value} = 0.0000 \\ \text{Test di Wu - Hausman: } F(1,440792) \rightarrow 30.1028, p_{value} = 0.000 \end{cases}$$

Inoltre, per verificare la bontà e la forza dello strumento, intesa come la capacità di quest'ultimo di spiegare buona parte della varianza della variabile endogena, è possibile visualizzare l'output del primo stadio della regressione e verificare che:

- La variabile strumentale abbia un coefficiente statisticamente significativo
- La statistica F, che verifica se i coefficienti²⁷ delle variabili strumentali sono uguali a zero nel primo stadio della regressione. Per la *rule of thumb*, nel caso di un

²⁷ In questo caso la variabile strumentale è unica, quindi testerà un singolo coefficiente.

singolo regressore endogeno, un valore di questa statistica minore di 10 indica debolezza dello strumento.

Effettuando il primo stadio del metodo TSLS, considerando come variabili esogene tutte quelle incluse anche nell'analisi precedente, e come endogena la presenza di 4G, si nota che lo strumento ha un coefficiente altamente significativo. Considerando questo fattore, il valore di R^2 – partial e la statistica F, si dimostra che la variabile scelta come strumento non è debole.

Variabile dipendente dummy_4g	
Log_Addett_precedenti	-0.000973* (0.041)
log_attive_precedenti	-0.00152** (0.003)
log_gdp_procapite	0.326*** (0.000)
log_popolazione	0.0941*** (0.000)
Altitudine del centro	-0.0000606*** (0.000)
Grado di urbanizzazione	-0.0453*** (0.000)
PostXopb	0.00325*** (0.000)
min_distance	-0.00368*** (0.000)
_cons	-3.103*** (0.000)
N	440981
R-sq	0.266
R-sq adj.	0.266
R-sq partial	0.0436
F(1,440972)	20124.2
p-values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001	

Output di regressione 18

Per quanto riguarda la valutazione delle cessazioni, si può notare come in ciascun tipo di analisi condotta il legame con la disponibilità di 4G sia negativo: avere la possibilità di usufruire della rete mobile non influisce sulla chiusura delle attività, anzi

potrebbe esserne un deterrente. Infatti, sembra che l'introduzione di 4G potrebbe inibire la desertificazione delle imprese del 3.98%. Gli altri predittori continuano ad essere statisticamente significativi e mantengono lo stesso segno della valutazione iniziale.

Variabile Dipendente: Log_Tot_Cessazioni	Linear Regression	Fixed Effects	Instrumental Variable
dummy_4g	-0.0253*** (0.000)	-0.00989*** (0.000)	-0.0398*** (0.000)
Log_Addett_precedenti	0.0535*** (0.000)	0.0461*** (0.000)	0.0537*** (0.000)
log_attive precedenti	0.368*** (0.000)	0.360*** (0.000)	0.369*** (0.000)
log_gdp_procapite	-0.0348*** (0.000)	-0.0813* (0.033)	-0.0317*** (0.000)
log_popolazione	0.109*** (0.000)	0.0291 (0.635)	0.112*** (0.000)
Altitudine del centro	0.0000165*** (0.000)	0 (.)	0.0000162*** (0.000)
Grado di urbanizzazione	-0.0330*** (0.000)	0 (.)	-0.0326*** (0.000)
min_distance	0.000372*** (0.000)	0.000465*** (0.000)	0.000300*** (0.000)
_cons	-0.751*** (0.644)	0.298 (0.000)	-0.789*** (0.000)
N	445821	445821	440981
R-sq	0.619	0.645	0.619
R- sq adj.	0.619	0.638	0.619
p-values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001			

Output di regressione 19. 2012-2018

Anche in questo caso, nonostante la regressione lineare e quella a variabili strumentali risultino molto affini, eseguendo il test di endogeneità i risultati mostrano la validità dell'utilizzo dello strumento. La variabile è endogena forse per una forma di causalità simultanea secondo cui la presenza di 4G e la chiusura di attività economiche si influenzano reciprocamente, oppure per omissione di fattori o per errori aleatori. Stimare il processo con l'intuitivo metodo dei minimi quadrati ordinari non avrebbe portato a risultati consistenti.

4.5.b Valutazione dell'endogeneità della presenza di 4Gplus e sua possibile soluzione

Per la rete 4Gplus, essendo la semplice evoluzione del 4G, valgono le stesse assunzioni di endogeneità. Ripetendo l'analisi di regressione a variabili strumentali si ottengono i risultati esposti nella terza colonna dell'**Output di Regressione 20**, sotto riportato.

Parallelamente al caso precedente, si è ipotizzata l'esogeneità delle variabili rappresentative del numero di imprese attive nell'anno precedente, del relativo numero di addetti, e delle variabili demografiche caratterizzanti il reddito medio pro capite annuo, la popolazione, l'altitudine del comune e il grado di urbanizzazione. Come variabile strumento anche in questo caso è stata scelta la distanza tra il comune e il nodo della rete nazionale OPB.

Variabile dipendente: Log_Tot_Iscrizioni	Linear Regression	Fixed Effects	Instrumental Variable
dummy_4gplus	0.156*** (0.000)	-0.0129 (0.060)	0.307*** (0.000)
Log_Addett_precedenti	0.0666*** (0.000)	0.0597*** (0.000)	0.0655*** (0.000)
log_attive_precedenti	0.165*** (0.000)	0.154*** (0.000)	0.165*** (0.000)
log_gdp_procapite	-0.0405*** (0.000)	-0.0771 (0.097)	-0.0420*** (0.000)
log_popolazione	0.183*** (0.000)	-0.0830 (0.246)	0.173*** (0.000)
Altitudine del centro	0.0000317*** (0.000)	0 (.)	0.0000143 (0.110)
Grado di urbanizzazione	-0.0388*** (0.000)	0 (.)	-0.0331*** (0.000)
min_distance	0.000226*** (0.000)	0.0000701 (0.195)	0.000403*** (0.000)
_cons	-0.948*** (0.000)	1.550* (0.047)	-0.871*** (0.000)
N	445821	445821	440981
R-sq	0.343	0.372	0.341
R-sq adj.	0.343	0.361	0.341
p-values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001			

Output di regressione 20. 2012-2018

L'analisi di regressione lineare e quella a variabili strumentali conducono a risultati quasi equivalenti, mentre appaiono molto diversi quelli generati con il metodo degli effetti fissi. Conducendo il test di endogeneità si ottengono come valori:

$$\begin{cases} \text{Durbin Test: } \chi_1 = 0.037236 \text{ (} p = 0.8470 \text{)} \\ \text{Wu - Hausman Test: } F_{(1,440792)} = 0.037235 \text{ (} p = 0.8470 \text{)} \end{cases}$$

Il valore molto alto del p-value suggerisce di accettare l'ipotesi nulla secondo cui la variabile *Dummy_4Gplus* è esogena. In questo caso, quindi, effettuare la regressione con il metodo OLS non dovrebbe generare stimatori distorti.

Analogamente, per le cessazioni si può osservare l'analisi riportata in **Output di Regressione 21**.

Variabile dipendente Log_Tot_Cessazioni	Linear Regression	Fixed Effects	Instrumental Variable
dummy_4gplus	0.128*** (0.000)	-0.0251*** (0.000)	-0.204*** (0.000)
Log_Addett_precedenti	0.0524*** (0.000)	0.0461*** (0.000)	0.0555*** (0.000)
log_attive precedenti	0.368*** (0.000)	0.360*** (0.000)	0.369*** (0.000)
log_gdp_procapite	-0.0414*** (0.000)	-0.0867* (0.022)	-0.0368*** (0.000)
log_popolazione	0.0973*** (0.000)	0.103 (0.084)	0.123*** (0.000)
altitudine del centro	0.00000216 (0.495)	0 (.)	0.0000404*** (0.000)
grado di urbanizzazione	-0.0283*** (0.000)	0 (.)	-0.0386*** (0.000)
min_distance	0.000648*** (0.000)	0.000473*** (0.000)	0.000254*** (0.000)
_cons	-0.629*** (0.000)	-0.255 (0.690)	-0.839*** (0.000)
N	445821	445821	440981
R-sq	0.620	0.645	0.611
adj.	0.620	0.638	0.611
p-values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001			

Output di regressione 21. 2012-2018

In questo caso si può notare come il passaggio dalla regressione lineare ai due metodi più accurati faccia sì che il coefficiente della variabile *Dummy_4gplus* diventi prima negativo (*Fixed Effects*) e poi acquisisca maggiore significatività (*IV*).

Osservando la prima e la terza colonna si vede anche che il coefficiente di determinazione R^2 non solo diminuisce rispetto alla valutazione con gli effetti fissi, ma addirittura scende al di sotto del valore individuato con la regressione OLS. Questo non deve però preoccupare perché con la stima a variabili strumentali R^2 non è un indicatore utile come per i minimi quadrati. Infatti, nel caso semplice di singolo regressore, quando il termine d'errore u è correlato ad una variabile non è possibile scomporre la varianza di y nei termini $\beta_1^2 Var(x) + Var(u)$, e quindi il coefficiente di determinazione non ha una interpretazione naturale.

Il fatto che la presenza di 4Gplus ostacoli per un quota pari al 20% la chiusura delle imprese, invece di favorire questo fenomeno, è un risultato in linea con le analisi descrittive effettuate nel capitolo III. Sempre in accordo con le aspettative sono i segni dei coefficienti relativi all'altitudine del centro (maggiore è, minore è la probabilità che un'impresa decida di collocarsi lì), al grado di urbanizzazione e alla distanza minima dal nodo (più aumenta la distanza, più l'area potrebbe essere soggetta a connessione lenta e le imprese non incentivate a rimanervi).

In generale si può affermare, alla luce dei risultati ottenuti, che tra le due tipologie di rete il 4Gplus assuma un impatto più determinante sullo sviluppo locale economico. Questa differenza è legata al fatto che la rete 4G, essendo stata introdotta da più tempo, è ormai presente in tutta Italia con una copertura nazionale pari al 96.17% nel 2019. È evidente che una rete come il 4Gplus, la cui copertura nel 2019 era invece solamente il 26.09%, possa offrire un valore aggiunto superiore, se adottata.

Appurata l'importanza di questa rete, che gioca un ruolo decisivo nell'avvicinare la rete mobile alla banda ultra larga, è stata condotta una analisi per verificare se esistono differenze a livello regionale sul suo contributo alla crescita economica. Suddividendo le osservazioni presenti nei dataset in base alle tre macro-aree territoriali, - Nord, Centro e Sud – si ottengono i valori esposti in **Output di Regressione 22**.

Variabile Dipendente: Log_Tot_Iscrizioni	Nord Italia	Centro Italia	Sud Italia
dummy_4gplus	0.147 (0.188)	0.226 (0.221)	0.530** (0.005)
Log_Addett_precedenti	0.0370*** (0.000)	0.0931*** (0.000)	0.106*** (0.000)
log_attive_precedenti	0.172*** (0.000)	0.158*** (0.000)	0.153*** (0.000)
log_gdp_procapite	-0.132*** (0.000)	-0.0506* (0.035)	-0.142*** (0.001)
log_popolazione	0.194*** (0.000)	0.167*** (0.000)	0.141*** (0.000)
Altitudine del centro	0.0000359 (0.074)	0.0000271 (0.224)	-0.00000311 (0.776)
Grado di urbanizzazione	-0.0447*** (0.000)	-0.141*** (0.000)	-0.0109 (0.085)
min_distance	0.0000978 (0.636)	0.000539 (0.070)	0.000556** (0.007)
_cons	-0.0721 (0.627)	-0.442* (0.040)	0.192 (0.685)
N	236169	73629	121958
R-sq	0.345	0.386	0.303
R-sq adj.	0.345	0.386	0.303
p-values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001			

Output di regressione 22. Distinzione geografica

Il risultato ottenuto a livello complessivo nazionale (30.7%) è essenzialmente la media dei valori ottenuti nelle tre macro-aree. È evidente come il contributo della connessione veloce, non solo diventi sempre più significativo, ma anche aumenti gradualmente spostandosi verso le regioni meridionali.

L'introduzione di 4Gplus nel Mezzogiorno potrebbe generare un aumento del numero di imprese iscritte a registro per un valore pari al 53%. Ancora una volta il risultato conferma l'importanza strategica della banda larga nella creazione di nuovi posti di lavoro e di nuove opportunità per il futuro.

In parallelo, si può osservare come ostacoli la chiusura delle attività d'impresa. Anche in questo caso, nelle regioni del Centro-Sud il coefficiente della variabile *Dummy_4gplus* risulta essere molto più statisticamente significativo rispetto alle relative regioni settentrionali. In queste ultime, per il maggiore tasso di concentrazione delle imprese, la presenza di 4G plus non influisce così tanto perché sulla solidità e operatività di una società agiscono molti altri fattori più rilevanti.

Nel centro-sud, complice anche la morfologia del territorio, potrebbe accadere che un'impresa non disponga dell'accesso alla rete fissa a banda larga. In mancanza di quest'ultima, il 4Gplus potrebbe operare da sostituto e riuscire a sostenere il normale avanzamento delle attività, garantendo una connessione ad una velocità adeguata.

Variabile dipendente: Log_Tot_Cessazioni	Nord Italia	Centro	Sud
dummy_4gplus	-0.0319 (0.717)	-0.531*** (0.000)	-0.623*** (0.000)
Log_Addett_precedenti	0.0310*** (0.000)	0.0804*** (0.000)	0.0903*** (0.000)
log_attive_precedenti	0.380*** (0.000)	0.365*** (0.000)	0.353*** (0.000)
log_gdp_procapite	-0.160*** (0.000)	-0.0952*** (0.000)	0.103** (0.000)
log_popolazione	0.107*** (0.000)	0.145*** (0.000)	0.160*** (0.000)
Altitudine del centro	0.00000800 (0.613)	0.000120*** (0.000)	-0.0000144 (0.094)
Grado di urbanizzazione	-0.0302*** (0.000)	-0.211*** (0.000)	-0.0345*** (0.000)
min_distance	0.0000494 (0.762)	-0.000242 (0.305)	-0.0000459 (0.779)
_cons	0.496*** (0.000)	0.0342 (0.841)	-2.465*** (0.000)
N	236169	73629	121958
R-sq	0.619	0.622	0.559
R-sq adj.	0.619	0.622	0.559
p-values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001			

Output di regressione 23. Distinzione geografica

Come ultima analisi, sempre soffermandosi sulla rete 4Gplus per la sua maggiore importanza strategica, sono stati analizzati i settori in cui tale strumento potrebbe portare i maggiori benefici. È stata quindi effettuata una nuova analisi di regressione a variabili strumentali, considerando sempre gli stessi regressori esogeni e utilizzando come strumento la variabile *PostXopb*. Questa volta, però, la variabile dipendente è costituita da *Log_tot_attive* e si guarda quindi al livello di imprese già operativo al momento dell'analisi per determinare l'effetto del 4Gplus sul settore scelto.

Variabile Dipendente: log_attive	Agricoltura, silvicoltura, pesca	Attività manifatturiere	Costruzioni	Trasporto e magazzinaggio
dummy_4gplus	0.482*** (8.12)	-0.00322 (-0.08)	0.0350 (0.85)	0.0971 (1.86)
Log_Addett_prec	-0.00285*** (-4.00)	0.00164*** (3.34)	-0.0000179 (-0.03)	0.00123 (1.01)
log_attive prec.	0.995*** (886.11)	0.985*** (735.17)	0.971*** (666.49)	0.973*** (375.64)
log_gdp_procap.	-0.0250*** (-6.02)	0.00147 (0.47)	0.00550 (1.92)	-0.0140*** (-3.31)
log_popolazione	-0.0242*** (-5.83)	0.0158*** (4.37)	0.0274*** (9.22)	0.0171*** (6.65)
Altitudine del centro	-0.0000355*** (-5.25)	0.00000517 (1.09)	0.00000503 (1.07)	-0.0000108 (-1.66)
Grado di urban.	0.0249*** (8.22)	-0.000224 (-0.11)	-0.00163 (-0.78)	-0.000286 (-0.11)
min_distance	0.000293*** (4.33)	-0.0000570 (-1.17)	-0.0000465 (-0.97)	-0.00000655 (-0.01)
_cons	0.355*** (7.26)	-0.114** (-2.63)	-0.185*** (-5.06)	0.0321 (0.68)
N	31063	30332	30992	27246
R-sq	0.988	0.995	0.995	0.986
R-se adj.	0.988	0.995	0.995	0.986
P- values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001				

Output di regressione 24. Analisi settoriale

	Attività immobiliari	Attività Professionali	Attività di noleggio	Istruzione	Sanità
dummy_4gplus	0.213*** (0.000)	0.331*** (0.000)	0.162 (0.085)	0.0502 (0.467)	0.326*** (0.000)
Log_Addetti precedenti	0.00105 (0.336)	-0.00162 (0.422)	-0.000513 (0.797)	0.00703*** (0.000)	0.00164 (0.182)
log_active precedenti	0.968*** (0.000)	0.918*** (0.000)	0.925*** (0.000)	0.950*** (0.000)	0.928*** (0.000)
log_gdp_procapite	0.0262*** (0.000)	0.0579*** (0.000)	0.0645*** (0.000)	-0.00338 (0.639)	- 0.0478** *
log_popolazione	0.0130*** (0.000)	0.0511*** (0.000)	0.0578*** (0.000)	0.0348*** (0.000)	0.0269** *
Altitudine del centro	-0.0000221** (0.004)	-0.0000100 (0.272)	-0.00000349 (0.723)	0.00000988 (0.230)	- 0.00000988
Grado di urban.	0.000701 (0.784)	0.00360 (0.250)	-0.0111*** (0.000)	-0.00456 (0.123)	88 (0.308)
min_distance	-0.0000267 (0.743)	0.000247* (0.020)	0.000119 (0.306)	-0.0000442 (0.704)	-0.00264 (0.408)
_cons	-0.311*** (0.000)	-0.848*** (0.000)	-0.908*** (0.000)	-0.210* (0.013)	0.000421 ** (0.002)
N	23695	24829	26338	14440	17852
R-sq	0.988	0.972	0.975	0.964	0.958
R-sq adj.	0.988	0.972	0.975	0.964	0,958
P- values in parentheses *p<0,5 **p<0,01 ***p<0,001					

Output di regressione 25. Analisi settoriale

Si nota come nella maggioranza dei settori analizzati la disponibilità di 4Gplus influenzi positivamente il livello di operosità delle imprese.

Nell'agricoltura, sorprendentemente, permetterebbe di innalzare il numero di attive del 48,2%. In un settore in cui la digitalizzazione porterebbe enormi benefici, basti pensare alla *Precision Farming* e alla *Smart Agricolture*²⁸, il 4Gplus grazie alla maggiore velocità di connessione riveste un ruolo fondamentale.

²⁸ Con Precision Farming e Smart Agricolture si intende una strategia gestionale dell'agricoltura che si avvale del monitoraggio digitale per effettuare interventi agronomici mirati, volti a ridurre i costi, aumentare la produttività e diminuire l'inquinamento.

Significativo è anche il risultato ottenuto per il le attività sanitarie e di assistenza sociale in qui la presenza della suddetta rete porterebbe un beneficio tangibile.

Nelle attività legate all'istruzione il vantaggio sarebbe sicuramente positivo ma il coefficiente stimato dalla regressione non risulta essere statisticamente significativo. Nella scuola, ora che si è resa addirittura necessaria la possibilità di effettuare didattica a distanza, continua a essere maggiormente necessaria una connessione a banda larga fissa piuttosto che una mobile.

L'effetto sarebbe significativo invece per settori riguardanti la compravendita di immobili, in cui il beneficio di una comunicazione rapida e diretta con il cliente potrebbe agevolare entrambe le parti. Stesso discorso vale per le attività professionali, scientifiche e tecniche che, essendo orientate per loro natura verso l'innovazione, non potrebbero che trarre un vantaggio da una infrastruttura affidabile e veloce.

Conclusione

Alla luce dei risultati ottenuti, si può sicuramente affermare che la banda larga mobile, garantita in particolare dalle reti 4G e 4Gplus, ha un impatto positivo sullo sviluppo economico locale. Essa, infatti, influenza in modo significativo l'iscrizione di nuove imprese e il conseguente aumento della domanda di lavoro, e in questo modo contribuisce alla crescita economica del territorio.

L'analisi del modello econometrico è stata sviluppata a partire da una iniziale stima tramite il metodo OLS, e resa poi più accurata tramite il ricorso al modello a effetti fissi e alle variabili strumentali. Il fulcro di questa analisi si può trovare nel tentativo di individuare e arginare l'endogeneità delle variabili. I risultati ottenuti con la stima dei Minimi Quadrati Ordinari mostravano infatti un problema dovuto ad una forma di causalità simultanea e all'omissione di alcuni fattori fondamentali per lo sviluppo delle imprese. La rete mobile influenza sicuramente la crescita della domanda di lavoro in determinate aree di interesse ma, allo stesso tempo, gli investimenti in banda larga presi dalle compagnie di telecomunicazione sono influenzati dal tasso di crescita di tali territori.

Il metodo delle variabili strumentali ha permesso però di ottenere stimatori consistenti e ha condotto verso due principali risultati: l'importanza strategica della rete mobile come driver per la crescita economica e la significativa importanza della velocità di connessione, motivo per cui la rete 4Gplus risulta essere più influente tra le due.

Dal primo risultato si evince che il contributo della rete mobile a banda larga è evidente in settori in cui l'innovazione tecnologica riveste un ruolo strategico fondamentale, ma anche in quelli fino a questo momento considerati sconnessi dalla rete, come l'agricoltura. Infatti, il supporto digitale ad alcuni processi produttivi potrebbe rappresentare un ottimo modo per ridurre i costi ma allo stesso tempo aumentare la produttività e la qualità del prodotto o servizio offerto. Non deve stupire, tuttavia, vedere che in altri settori industriali il beneficio portato dalla rete mobile è limitato. Bisogna sempre considerare che di fronte a ingenti quantità di dati da gestire,

di informazioni da condividere e di processi da monitorare, una rete fissa sicuramente garantisce una migliore soluzione sia per l'affidabilità che per le velocità raggiungibili.

Per questo motivo è stata anche analizzata la differenza tra la tipologia di natura giuridica delle imprese di fronte al cambiamento portato dalla rete mobile. È emerso dalle analisi che il beneficio è superiore per le imprese individuali e per le società di persone, mentre è minore per le società di capitali che si presume debbano gestire situazioni molto più ampie.

La rete mobile, per sua natura, trova maggior utilizzo in territori in cui, per ragioni sia fisiche che politiche, l'infrastruttura della rete fissa incontra maggiore difficoltà nell'essere implementata. Per questo motivo sono state incluse tra le possibili cause fattori esclusivamente legati alla morfologia e demografia dei comuni. Dai risultati ottenuti si è osservato che in questi territori, grazie all'innovazione che ha permesso di far raggiungere anche al mobile velocità di connessione consistenti, questo diventa un valido sostituto dell'infrastruttura fissa tradizionale.

Il secondo risultato emerso dallo studio evidenzia l'importanza della velocità di connessione: la rete 4Gplus esercita una maggiore influenza sullo sviluppo locale rispetto al 4G proprio per la migliore velocità che garantisce. Essa rappresenta lo strumento di rete mobile che più avvicina i suoi utilizzatori verso la banda ultra larga e ai noti benefici, illustrati dalla letteratura economica, che essa può portare sulla società. Oltre a questo aspetto, bisogna anche considerare che essa non è diffusa capillarmente in Italia come il 4G e raggiunge circa solo il 30% di copertura, concentrata maggiormente al centro-nord. È stato infatti illustrato che una sua introduzione nelle regioni meridionali, per ora ancora lontane da una copertura affidabile e completa, potrebbe garantire uno sviluppo industriale molto elevato.

La banda larga mobile, per il ruolo da protagonista che assumerà sempre di più nei prossimi anni, merita di essere oggetto di futuri studi che vadano a ricercare in modo ancora più accurato e dettagliato, considerando fattori che purtroppo in questa analisi non erano disponibili, il valore che gli investimenti in questo settore porteranno sull'intera economia italiana ed estera.

Bibliografia

- [1] Abrardi L., Cambini C., (2018). *Ultra-fast broadband investment and adoption: A survey*. Telecommunications Policy.
- [2] Akerman A., Gaarder I., Mogstad M., (2015). *The skill complementarity of broadband Internet*. Quarterly Journal of Economics, 130(4), 1781–1824.
- [3] Bai J., (2016). *The faster, the better? The impact of internet speed on employment.*, Information Economics and Policy, TPRC 44: The 44th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy 2016.
- [4] Bohlin E., (2007), *Business models and financial impacts of future mobile broadband networks.*, Telematics and Informatics 24 (2007) 217–237.
- [5] Clarke R.N, (2013). *Expanding mobile wireless capacity: The challenges presented by technology and economics.* Telecommunications Policy. <http://dx.doi.org/10.1016/j.telpol.2013.11.006i>
- [6] Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., Woessmann, L., (2011). *Broadband Infrastructure and Economic Growth*. The Economic Journal, 121(552), 505-532.,
- [7] Duan L., Huang J., Walrand J., (2013). *Economic Analysis of 4G Upgrade Timing*, IEEE, Transactions on Mobile Computing.
- [8] Fuggetta A., (2012). *Per la banda larga serve un cambio di passo*, Astrid Rassegna n. 3/2012.
- [9] Ghosh S., (2016). *Broadband penetration and economic growth: Do policies matter?* Telematics Informatics.

- [10] Grimes A., Townsend W., (2018). *Effects of (ultra-fast) fibre broadband on student achievement.*, Information Economics and Policy, 44, 8–15.
- [11] Hasbi, M., (2019). *Impact of very high-speed broadband on company creation and entrepreneurship: Empirical Evidence.*, Telecommunications Policy, 14th international telecommunications society (ITS)Asia-Pacific regional conference. *Mapping ICT into transformation for the next Information Society*, Kyoto, Japan, 24-27 (ITS).
- [12] Koutroumpis, P., (2009). *The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach.* Telecommunications Policy, vol. 33, issue 9, 471-485.
- [13] Kovács I.Z., Mogensen P., (2011). *Mobile Broadband traffic forecast modelling for network evolution studies*, IEEE.
- [14] Mayer W., Madden G. & Wu C., (2019). *Broadband and economic growth: a reassessment*, Information Technology for Development.
- [15] McCoy D., Morgenroth E., Allen L., (2016). *The impact of local infrastructure on new business establishments*, Mimeo.
- [16] Prieger J., (2012). *The broadband digital divide and the economic benefits of mobile broadband for rural areas*, Telecommunications Policy, 483–502.
- [17] *Tim Netbook 2018, 2019 e 2020*
- [18] Thompson H.G., Garbacz C., (2011). *Economic impacts of mobile versus fixed broadband.*, Telecommunications Policy, 999–1009.
- [19] Whitacre, B. et al., (2014). *Broadband's Contribution to Economic Growth in Rural Areas: Moving towards a Causal Relationship.* Telecommunications Policy, 38(11), 1011–1023.
- [20] Wooldridge J. M., (2012). *Introductory Econometrics. A Modern Approach.* 5th edition.

Sitografia

<https://www.agcom.it/>

<https://www.agendadigitale.eu/>

<https://bandaultralarga.italia.it/>

<https://www.camera.it>

<https://www.confindustria.it>

<https://www.ericsson.com/en/mobility-report>

<https://www.flashfiber.it/>

<http://www.internettrafficreport.com>

<https://www.interno.gov.it/it>

<https://www.istat.it>

<https://www.mise.gov.it>

<https://www.opensignal.com/italy>

<https://www.pmi.it/>

<https://www.stata.com/>

www.statalist.org

<https://www.tim.it/>

Indice delle figure

Figura 1. Differenze tra fibra e ADSL. Fonte: TIM Netbook 2018	9
Figura 2. Evoluzione della rete mobile	13
Figura 3. Quote di mercato operatori, 2019.....	14
Figura 4. Spesa media per i servizi mobili. Fonte: AGCOM 2020	15
Figura 5. Diffusione della copertura della rete 4G In Italia	28
Figura 6. Diffusione della copertura 4Gplus nei comuni	29
Figura 7. Descrizione della copertura 4G per le regioni italiane 2019	29
Figura 8. Descrizione della copertura 4G_plus per le regioni italiane 2019.....	30
Figura 9. Diffusione 4G dal 2017 al 2019.....	30
Figura 10. Diffusione 4G dal 2014 al 2016.....	31
Figura 11. Classificazione comuni senza copertura	32
Figura 12. Copertura ADSLplusLTE_7MB.....	34
Figura 13. Copertura ADSLplusLTE_20Mb.....	34
Figura 14. Copertura UBB 2019.....	35
Figura 15. Evoluzione copertura; Fonte TIM Netbook 2019	36
Figura 16. Suddivisione natura giuridica 2019.....	40
Figura 17. Iscrizioni totali per settore 2019	40
Figura 18. Mobilità imprese iscritte.....	41
Figura 19. Mobilità imprese cessate.....	41
Figura 20. Profilo Regionale 2019.....	42
Figura 21. Concentrazione delle nuove iscrizioni	42
Figura 22. Imprese e disponibilità di 4G	43
Figura 23. Imprese e disponibilità di 4G	44
Figura 24. Distribuzione delle cessazioni di impresa, 2019	44
Figura 25. Mobilità delle iscrizioni complessive	45
Figura 26. Popolazione italiana e titolo di studio; Fonte Istat	46
Figura 27. Evoluzione numero laureati.....	47
Figura 28. Rapporto Istat sul divario digitale generazionale	47
Figura 29. Mappa della concentrazione di titoli universitari	49

Indice delle Tabelle

Tabella 1. Coperture percentuali.....	29
Tabella 2. Disponibilità 4G e classificazione comuni.....	31
Tabella 3. Popolazione e copertura 4G 2019.....	33
Tabella 4. Imprese registrate, iscritte, cessate, attive 2019	39

Indice degli Output di Regressione

Output di regressione 1.....	53
Output di regressione 2.....	55
Output di regressione 3. Imprese individuali	56
Output di regressione 4. Imprese individuali	57
Output di regressione 5. Società di persone	57
Output di regressione 6. Società di capitali	58
Output di regressione 7. Altre forme	59
Output di regressione 8.....	60
Output di regressione 9. 2012-2018.....	60
Output di regressione 10.....	61
Output di regressione 11. 2012-2018.....	63
Output di regressione 12. 2012-2018.....	64
Output di regressione 13. 2012-2018.....	67
Output di regressione 14.....	70
Output di regressione 15. 2012-2018.....	71
Output di regressione 16. 2012-2018.....	72
Output di regressione 17. 2012-2018.....	76
Output di regressione 18.....	78
Output di regressione 19. 2012-2018.....	79
Output di regressione 20. 2012-2018.....	80
Output di regressione 21. 2012-2018.....	81
Output di regressione 22. Distinzione geografica.....	83
Output di regressione 23. Distinzione geografica.....	84
Output di regressione 24. Analisi settoriale	85
Output di regressione 25. Analisi settoriale	86

Ringraziamenti

Ringrazio il mio relatore, il Professor Carlo Cambini, per la grandissima disponibilità e motivazione che mi ha sempre dimostrato, sia nella stesura di questo elaborato che precedentemente come insegnante. Ringrazio inoltre il Professor Lorien Sabatino per il supporto nell'elaborazione e organizzazione della parte empirica del lavoro.

Un ringraziamento speciale volevo dedicarlo ai miei genitori per il sostegno che non mi hanno mai fatto mancare in tutti questi anni.