

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale**

Tesi di Laurea Magistrale

**Investimenti in banda ultra-larga e resilienza economica: evidenze
dalla pandemia da COVID-19 nei comuni italiani**



Relatori

Professoressa Laura Abrardi

Candidata

Gaia Venditti

Anno Accademico 2021-2022

Indice

Abstract.....	5
Introduzione.....	6
Capitolo I.....	8
1.1 La banda ultra-larga: definizioni e iniziative politiche in Europa.....	8
1.2 Iniziative politiche in Italia.....	12
1.2.1 Tecnologie e infrastrutture.....	16
1.2.2 Risultati raggiunti: la banda ultra-larga in Italia.....	24
Capitolo II.....	36
Letteratura economica.....	36
2.1 Gli effetti della banda ultra-larga sui maggiori indicatori macroeconomici.....	37
2.2 Gli effetti della banda ultra-larga sullo sviluppo locale e l'attività imprenditoriale.....	42
2.3 Pandemia COVID-19: l'impatto della presenza della rete a banda larga e ultra-larga.....	46
Capitolo III.....	49
Il PIL Italiano.....	49
3.1 Composizione e calcolo.....	49
3.2 Analisi dei dati: il PIL pro-capite in Italia.....	51
3.3 Analisi dei dati: scomposizione del PIL nelle sue componenti.....	58
Capitolo IV.....	65
Analisi econometrica.....	65
4.1 Il metodo OLS.....	66
4.2 Il dataset.....	71
4.3 Il modello.....	72
4.3.1 Variazione del PIL complessivo.....	72
4.3.2 Variazione del reddito da lavoro dipendente.....	88
Conclusioni.....	93
Bibliografia.....	97
Sitografia.....	105

Immagini

Figura 1: Successione temporale delle misure quadro nazionali per lo sviluppo della connettività	15
Figura 2: Tecnologie a banda larga maggiormente utilizzate	17
Figura 3: Le connessioni del Piano Strategico Banda Ultra Larga	22
Figura 4: Livello di copertura NGA e non NGA al 31 marzo 2021 (dati della broadband map AGCOM).	24
Figura 5: Famiglie con abbonamento fisso a banda larga di almeno 100 Mbps (% delle famiglie), 2020	25
Figura 6: Quantificazione dei civici bianchi, grigi e neri NGA al 2026	28
Figura 7: Percentuale dei civici nelle aree bianche oggetto di investimenti privati al 2026 per ciascuna regione.....	29
Figura 8: Diffusione dei servizi a banda ultra-larga a livello nazionale 2019	30
Figura 9: Elaborazione dati Telecom Italia.....	31
Figura 10: Elaborazione dati Telecom Italia.....	31
Figura 11: Elaborazione dati Telecom Italia.....	32
Figura 12: Rete fissa broadband e ultrabroadband.....	33
Figura 13: Quote di mercato % (giugno 2021)	34
Figura 14: Accessi FWA per operatore per regione (in %, dicembre 2020)	35
Figura 15: Elaborazione dati IRPEF 2019	52
Figura 16: Elaborazione dati IRPEF 2020	52
Figura 17: PIL pro-capite per regione 2020, Elaborazione dati IRPEF 2020.....	54
Figura 18: Elaborazione dati IRPEF 2019/2020	55
Figura 19: Variazione PIL a livello regionale 2019/2020, Elaborazione dati IRPEF 2019/2020	56
Figura 20: Composizione PIL 2019. Elaborazione dati IRPEF 2019	58
Figura 21: Composizione PIL 2020. Elaborazione dati IRPEF 2020	59
Figura 22: Variazione reddito da fabbricati per area. Elaborazione dati IRPEF 2019/20	61
Figura 23: Variazione delle fonti di reddito nel biennio 2019/20. Elaborazione dati IRPEF 2019/20	62
Figura 24: Variazione reddito spettanza imprenditore semplificata per area. Elaborazione dati IRPEF 2019/20	64
Figura 25: Elaborazione dati Osservatorio Nazionale sulla salute nelle regioni italiane 2020.	85

Output

Output 1: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)	72
Output 2: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) con effetti fissi spaziali	73
Output 3: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)	74
Output 4: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)	76
Output 5: Matrice di correlazione logaritmo del salario e percentuale di laureati.....	77
Output 6: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)	77
Output 7: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)	79
Output 8: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)	81
Output 9: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) nei comuni con tanti laureati	83
Output 10: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) nei comuni con tanti contagiati.....	84
Output 11: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) nei comuni con tanti contagiati nel Nord Italia	85
Output 12: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) nei comuni distinti per tanti laureati e per contagi.....	87
Output 13: Analisi di regressione OLS sulla variazione del reddito da lavoro dipendente (2019/20) nei comuni distinti per tanti laureati	89
Output 14: Analisi di regressione OLS sulla variazione del reddito da lavoro dipendente (2019/20) nei comuni distinti per numero di contagi.....	90
Output 15: Analisi di regressione OLS sulla variazione del reddito da lavoro dipendente (2019/20) nei comuni distinti per numero di contagi e area geografica	91
Output 16: Analisi di regressione OLS sulla variazione del reddito da lavoro dipendente (2019/20) nei comuni distinti per numero di contagi e percentuale di laureati	92

Abstract

Digital connectivity revealed its decisive role in keeping citizens connected and productive activities functioning during the COVID-19 pandemic. This work investigates the impact of ultra-broadband technologies in making Italian municipalities more resilient to the disastrous economic consequences of the pandemic. The empirical research was conducted using data on the optical network infrastructure as of 2019 provided by Telecom Italia. In contrast, GDP data for the years 2019 and 2020 were obtained from IRPEF tax returns (Ministry of Finance and Economy). Through an econometric model that takes into account demographic, cultural and economic factors, it was possible to estimate the impact of the presence of UBBs in Italian municipalities on the variation of GDP 2019/2020. Two key factors had a predominant influence on the dependent variable: the percentage of university graduates and the number of infections. In addition, the econometric model was used to analyze the various sources of income: the only one affected by UBB was income from employment. These conclusions were further supported by the fact that the North of the country, where the percentage of graduates is higher and the virus has spread more widely, is the area where UBB has provided the greatest benefits.

Introduzione

Le telecomunicazioni giocano un ruolo chiave nella crescita economica di un Paese, già nel secolo scorso Andrew Hardy (1980), Edwin Parker (1984) e Heather Hudson (1981,1984,1987) e molti altri avevano evidenziato la forte correlazione positiva tra gli investimenti in ICT e le misure di sviluppo economico. Gli investimenti in telecomunicazioni generano enormi benefici sulla crescita perché la diffusione delle infrastrutture di rete riduce i costi di comunicazione, allarga i confini del mercato ed espande i flussi di informazione. La costruzione delle moderne reti fisse, l'accesso alle case e alle aziende è stato un processo lungo e costoso in cui l'Unione Europea ha enormemente investito sin dal 2003 e a cui il recente Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza darà un ulteriore impulso.

I Paesi che non promuovono lo sviluppo delle tecnologie per il trasferimento di informazioni rimarranno sempre indietro rispetto all'economia mondiale moderna, soprattutto in un contesto come quello attuale, profondamente sconvolto dalla pandemia da COVID-19 che ha reso la crescita, lo sviluppo economico e la competitività di ciascuna nazione estremamente incerte nel prossimo futuro. Per adattarsi alla nuova realtà e continuare le normali routine, le infrastrutture di telecomunicazione e i loro servizi hanno svolto un ruolo chiave per mantenere gli individui connessi e le aziende produttive. Il lockdown e i contagi hanno messo a dura prova il sistema socioeconomico italiano costringendo il Paese a riesaminare pratiche sociali e sistemi produttivi altrimenti considerati normali fino alla fine del secolo scorso.

Diversi sono gli studiosi che hanno dimostrato l'impatto positivo dell'installazione delle tecnologie a banda ultra-larga sugli indicatori economici ma in pochi hanno incentrato la loro analisi sul biennio pandemico appena trascorso. Lo scopo di questa tesi è quello di stimare l'influenza della UBB sulla crescita economica dei comuni italiani durante il periodo della pandemia da COVID-19. A seguito dell'ondata iniziale di paura e contagi il governo ha adottato misure per contenere la diffusione della malattia e imposto lockdown locali o nazionali. Diverse prove suggeriscono che le tecnologie digitali potrebbero aver contribuito a contrastare l'isolamento sociale e consentito ai sistemi produttivi di continuare a lavorare, almeno in parte. A dare supporto a quanto sopra affermato ci sono delle evidenze fattuali come l'aumento esponenziale del traffico via Internet, la necessità di mantenere funzionanti le catene di fornitura e distribuzione e la dipendenza dallo smart-working. Nel lavoro che segue ci siamo chiesti se la disponibilità di collegamenti in banda ultra-larga abbia aumentato la resilienza dei

comuni italiani alle difficoltà economiche incorse con la pandemia, misurate in termini di variazione negativa del PIL. L'analisi svolta utilizza informazioni sul reddito complessivo per comune ottenuto dalle dichiarazioni dei redditi IRPEF per gli anni 2019 e 2020 e dati, forniti da Telecom Italia, sulla presenza delle reti UBB per ciascun comune. Il primo capitolo è introduttivo e descrive le principali tecnologie a banda ultra-larga e come queste siano state finanziate tramite iniziative di investimento pubblico. Sempre nel capitolo iniziale è presente un sottoparagrafo che si focalizza sulla copertura a livello nazionale della UBB al 2019 distinguendo per tecnologia e per regione. Il Capitolo 2 riporta l'analisi della letteratura mondiale sull'impatto della banda ultra-larga sugli indicatori economici, con focus finale sui pochi studi esistenti che stimano la misura in cui la UBB abbia attutito la diminuzione del PIL durante il periodo della pandemia. Il terzo capitolo ha come obiettivo descrivere la situazione economica italiana a fine 2020, dopo i mesi di distanziamento sociale a cui gli italiani sono stati obbligati e il blocco delle attività produttive. La statistica descrittiva utilizzata è il PIL, calcolato come somma delle diverse componenti di reddito. Infine, l'ultimo capitolo mostra l'analisi econometrica per misurare la resilienza dei comuni italiani dotati di UBB alla riduzione del PIL.

Capitolo I

1.1 La banda ultra-larga: definizioni e iniziative politiche in Europa

Nel campo delle telecomunicazioni, con il termine "banda larga" si intende la trasmissione e la ricezione di dati a velocità di connessione superiori a 2 Mbit/s, mentre con il termine "banda ultra larga" (BUL), noto anche come "ultra-broadband" in inglese, ci si riferisce ad un sistema di telecomunicazioni che consente velocità di download di almeno 30 Mbps. Le reti che possono fornire tali velocità sono denominate reti NGA (Next Generation Access).

Le reti Next Generation Access si basano su tecnologie in fibra ottica che forniscono un migliore accesso a Internet ad alta velocità a clienti residenziali o business. La letteratura in merito (Qiang et al. (2009), Scott (2012), Minges (2016)) ha ampiamente sottolineato l'importanza della banda larga fissa come fattore chiave di successo per lo sviluppo economico. In dettaglio, una rete ultra-broadband diffusa su tutto il territorio è quasi universalmente considerata una condizione necessaria per garantire la competitività in un mercato globale dinamico e in rapida evoluzione (Bresnahan e Trajtenberg, 1995).

Un'infrastruttura a banda larga tecnologicamente avanzata, oltre a generare effetti misurabili sulla ricchezza dei Paesi, innesca nuove opportunità di business, maggiore inclusione sociale, incrementi nella produttività e nell'occupazione, al di là dell'impatto delle reti di telecomunicazioni esistenti (Roller, Lars-Hendrik, e Leonard Waverman. 2001).

Non è un caso quindi che i decisori politici, sia a livello nazionale che sovranazionale, abbiano affrontato ampiamente le questioni del divario digitale, la conversione delle infrastrutture di rete esistenti e la scelta di piattaforme tecnologiche alternative come obiettivi chiave delle politiche pubbliche. Anche se alcuni Stati membri dell'Unione Europea (UE) sono già avanti nella distribuzione della NGA, l'Europa nel complesso è indietro rispetto a un certo numero di nazioni non europee, tra cui Giappone, Corea, Taiwan e Stati Uniti (FTTH Consiglio Europa, 2015; Yoo, 2014; OCSE, 2013; Briglauer e Gugler, 2013).

L'UE ha fornito supporto alla diffusione della banda larga sin dal 2003, e nel 2014 aveva già adottato 132 decisioni in merito a sovvenzioni statali per questo settore. Nel 2010 la

Commissione Europea ha lanciato il piano strategico *Europe 2020*, che prevede una crescita economica intelligente, sostenibile e inclusiva. La *Digital Agenda For Europe* è una delle sette iniziative chiave di questo piano, e prevede obiettivi ambiziosi per la banda larga ultraveloce che gli Stati membri devono raggiungere entro il 2020.

DAE2020 è inquadrata come priorità nell'EU2020 e ne costituisce uno dei principali elementi perché è stato previsto che nei decenni successivi l'economia sarebbe diventata una "network-based knowledge economy "(Commissione Europea, 2010).

L'Europa soffriva al tempo di un forte ritardo rispetto al resto del mondo per quanto riguarda la diffusione delle reti ad elevata velocità, ritardo che aveva effetti negativi anche sulla capacità di innovare, soprattutto nelle aree rurali, sulla trasmissione di informazioni via Internet e sulla commercializzazione online di beni e servizi (Digital Agenda Scoreboard, 2014). Aveva inoltre riconosciuto che solo un quarto del mercato delle tecnologie dell'informazione dal valore complessivo di 8000 miliardi di euro veniva fornito da imprese europee.

Al momento della formulazione del DAE2020 (2010), i cittadini europei accedevano alla rete principale per la maggior parte attraverso servizi Internet di prima generazione (con velocità inferiori a 30 Mbps). Si è quindi proposto entro il 2020 di raggiungere i seguenti obiettivi:

1. Garantire a tutti i cittadini una connessione con una velocità minima di download di 30 Mbps;
2. Ottenere una connessione a 100 Mbps per almeno il 50% delle famiglie;
3. Promuovere la concorrenza, il mercato unico e l'inclusione digitale.

Per poter realizzare infrastrutture capaci di fornire alle famiglie una velocità di trasmissione superiore a 30 Mbit/s sono stati necessari investimenti per 60 miliardi di euro, a cui si sono aggiunti altri 270 miliardi di euro per raggiungere una connessione Internet sopra i 100 Mbit/s. La prima fonte di risorse finanziarie è stata sicuramente rappresentata dagli investitori commerciali, tuttavia, senza l'ausilio di fondi pubblici, gli obiettivi dell'agenda digitale non sarebbero mai stati perseguiti (The EC Communication 2013/C 25/01).

La Commissione Europea, nel 2013, ha codificato l'approccio che le autorità nazionali devono avere quando intendono adottare una determinata misura riguardante gli aiuti di Stato nel

settore della banda larga. Tale approccio viene descritto in dettaglio nell'orientamento sulla banda larga del 2013 (BG 2013), e prevede la distinzione tra tre diverse tipologie di aree geografiche, definite come aree "bianche", "grigie" e "nere". Le autorità che concedono gli aiuti sono invitate a valutare non solo se esistono già infrastrutture a banda ultra-larga a livello locale, ma anche se gli investitori privati hanno piani concreti per realizzare la propria infrastruttura nel prossimo futuro. In questo quadro si opera la seguente distinzione:

- Un'area è considerata un'area NGA bianca se le reti NGA non sono presenti e se non è prevista la loro realizzazione entro 3 anni. Il disinteresse degli investitori privati rende queste aree chiaramente ammissibili agli aiuti di Stato a NGA, a condizione che siano soddisfatte alcune condizioni (condizioni di compatibilità).
- Un'area è considerata un'area NGA grigia se è presente una sola rete NGA o se si prevede che verrà implementata entro 3 anni. Nel caso in cui un'autorità che concede l'aiuto, notifichi alla Commissione una misura relativa a un'area grigia dell'NGA, la Commissione effettua un'analisi dettagliata per verificare se sia necessario un intervento statale, poiché gli aiuti di Stato in questo tipo di aree comportano un rischio elevato di spiazzare gli investitori esistenti e distorcere la concorrenza.
- Un'area è considerata un'area NGA nera se sono presenti almeno due reti NGA di operatori diversi o se si prevede che saranno implementate nei prossimi 3 anni. A prima vista la Commissione riterrà che una misura di aiuto di Stato per queste zone rischi di falsare gravemente la concorrenza e pertanto sarà considerata non compatibile con il mercato interno.

Per allineare il BG 2013 ai target DAE 2020, è stato aggiunto un capitolo specifico dedicato agli NGA “ultra-veloci” (velocità ben oltre i 100 Mbps). In particolare, il BG 2013 stabilisce nuove condizioni per consentire aiuti di Stato anche nelle aree nere NGA. Un'eccezione è infatti prevista nel caso in cui la rete sovvenzionata NGA sia in grado di fornire velocità di molto superiori ai 100 Mbps (Amendola e Battista, 2015).

Gli Stati membri dell'UE devono essere in grado di creare una società dei Gigabit basata su reti ad altissima capacità, in modo che i cittadini possano sfruttare i vantaggi del mercato unico digitale e avere accesso ai maggiori servizi e app. Per raggiungere questo obiettivo, nel 2016 è intervenuta l'iniziativa *Connectivity for a Competitive Digital Single Market - Towards a European Gigabit Society*, che ha fissato una serie di obiettivi per l'installazione di reti entro il 2025 (Commissione europea, 2016).

Entro tale data, si intende disporre di connettività Gigabit in tutte le imprese, gli ospedali, gli hub di transito e i principali fornitori di servizi pubblici.

Nel 2016 dunque, il secondo obiettivo dell'Agenda digitale europea è stato modificato auspicandosi di fornire a tutte le famiglie europee una connessione Internet ad alta velocità (100 Mbps in download, fino ad arrivare all' 1 Gbps) entro il 2025. Questo sarà possibile grazie allo sviluppo delle reti 5G e alla diffusione della fibra ottica (Commissione Europea, 2016). L'obiettivo è quello di favorire la trasformazione digitale dei Paesi europei, rendendo possibile la connettività tra le persone in tutto il mondo e trasformando le filiere industriali e di produzione. L'Unione Europea deve investire adeguatamente per poter connettere tutti i suoi cittadini entro il 2025, ma per farlo mancano all'appello 65 miliardi di EUR di investimento all'anno (BEI, 2016).

La pandemia da COVID-19 ha reso la digitalizzazione cruciale in ogni aspetto del business e della società europea. Le nuove tecnologie hanno permesso alle imprese di operare nel 2019 e nel 2020 e hanno assicurato la continuità dei flussi commerciali (Commissione europea, 2020). Dato che molti importanti servizi sociali ed economici sono ora offerti online, l'accesso a una connessione Internet veloce e affidabile è essenziale.

Il piano di ripresa *Next Generation EU*, approvato nell'estate del 2020, mira a rimediare alle catastrofi sociali ed economiche causate dalla pandemia di coronavirus e a creare un'Europa post-COVID-19 più tecnologicamente avanzata, resiliente e pronta ad affrontare nuove sfide. L'UE investirà 806,7 miliardi di euro per dare ai Paesi le risorse necessarie per riformarsi e modernizzarsi, ponendo l'accento sulla digitalizzazione e sul conseguente lancio di servizi all'avanguardia basati sulla banda larga.

L'iniziativa *NextGenerationEU* prevede che gli Stati dell'Unione dedichino almeno il 20% dei loro piani di ripresa e resilienza alla priorità della transizione digitale. Il 9 marzo 2021 la Commissione europea ha presentato una nuova strategia per la trasformazione digitale dell'Europa entro il 2030. Basata sul piano digitale della Commissione pubblicato nel febbraio 2020, la dichiarazione risponde alla necessità del Consiglio europeo di costruire una "bussola digitale" (Commissione europea, 2020). La modifica della direttiva sulla riduzione dei costi della banda larga è uno dei passi strategici fondamentali per investire nella tecnologia Gigabit in Europa.

L'Europa, attraverso il *Digital Compass*, punta a fornire connessioni a banda larga a velocità minima di 1 Gbps a tutti entro il 2030. Le imprese avranno bisogno di questa velocità di connessione per il cloud computing e l'elaborazione dei dati, mentre le scuole e gli ospedali ne usufruiranno per l'istruzione online e i servizi sanitari in rete (Commissione Europea, 2021).

1.2 Iniziative politiche in Italia

L'Italia nel 2009, già prima che l'Europa formalizzasse il proprio piano strategico "Europe2020", aveva manifestato alla Commissione Europea la volontà di realizzare un progetto nazionale per il dispiegamento di un'infrastruttura a banda larga nelle zone rurali d'Italia o a scarsa densità abitativa tramite *Il Piano Banda Larga nelle aree rurali* (2009) (Aiuto di Stato N 646/2009).

La misura era destinata solo a quei comuni che, secondo la definizione degli orientamenti stabilita dagli *Orientamenti comunitari relativi all'applicazione delle norme in materia di aiuti di Stato in relazione allo sviluppo rapido di reti a banda larga* (Commissione Europea, 2009), rientrano nella categoria di "aree bianche". Le autorità italiane avevano pianificato una serie di misure per portare la velocità di download nelle zone rurali e nei comuni più remoti almeno a 2 Mbps. L'obiettivo era quello di realizzare un'infrastruttura di backhaul in fibra ottica che avrebbe consentito l'uso della rete per almeno 30 anni e fornito una piattaforma tecnologica affidabile per la costruzione della rete d'accesso di nuova generazione ("rete NGA").

L'Italia, in quanto Stato membro, ha poi dovuto tradurre le indicazioni generali del DAE2020 (2010) elaborando una propria strategia nazionale di digitalizzazione. Il governo nel 2012 ha

quindi presentato un piano nazionale banda larga (Aiuto di Stato n. SA.33807 - 2011/N - Italia) per consentire l'accesso alla banda larga ad alta velocità alla totalità della popolazione italiana esclusa dalla network society.

In Italia la connettività a banda larga veniva fornita essenzialmente tramite la rete tradizionale di cablaggio in rame che assicurava la copertura del servizio universale telefonico. Questa rete, essendo basata su sistemi di trasmissione XDSL, teoricamente potrebbe essere utilizzata per servizi di connettività fino a 20 Mbit/s. Tuttavia, queste velocità richiedono un'adeguata rete di backhaul a sostegno dei tratti di accesso.

Il piano nazionale, rispetto al *Il Piano Banda Larga nelle aree rurali (2009)*, estende le aree di intervento oltre che alle "aree bianche" alle aree comunali e sub-comunali in cui gli utenti della banda larga non sono adeguatamente serviti in termini di estensione del servizio e di categorie di utenti raggiunti, oppure i servizi a banda larga sono disponibili solo per gli utenti commerciali (cosiddette "aree grigie").

Il piano nazionale prevede tre tipologie di intervento:

- realizzazione di una rete di backhaul cui si potranno connettere tutti gli operatori di telecomunicazioni (del servizio via cavo e senza fili) a condizioni eque e non discriminatorie.
- il finanziamento diretto degli operatori per la realizzazione di un'adeguata infrastruttura *last mile*.
- sovvenzioni dirette per i dispositivi terminali di accesso alternativi nelle aree più scarsamente popolate con insufficiente connessione a banda larga, dove non sarebbero economicamente sostenibili interventi infrastrutturali.

L'intero progetto è stato realizzato sotto la guida del Ministero dello Sviluppo Economico da parte di una società 100% controllata dallo Stato italiano "Infratel S.p.A" (in seguito "Infratel"). Ad Infratel è stato assegnato il compito di sviluppare l'infrastruttura (cavidotti e fibre ottiche) necessaria per realizzare i servizi di connessione a banda larga e poi assegnare i diritti di utilizzo dell'infrastruttura (IRU) agli operatori interessati. Sono stati quindi gli operatori privati a scegliere le attrezzature attive di loro scelta e la soluzione tecnologica adottata per fornire la connettività a banda larga agli utenti finali.

Approvato nel 2012, quando in Italia erano già in vigore il *Piano per la banda larga nelle aree rurali* e il *Piano nazionale banda larga*; il *Piano Banda Ultra Larga* ha sostenuto interventi nelle aree bianche che hanno utilizzato infrastrutture pubbliche e private preesistenti per sviluppare infrastrutture passive. Questa strategia è stata pensata in risposta al "fallimento del mercato" nelle aree rurali, dove non si prevedevano investimenti privati almeno fino al 2021. La revisione pubblica dei piani di implementazione degli operatori ha consentito di dare priorità alle aree bianche con caratteristiche uniche. Ad esempio, sono elencati in ordine di priorità i seguenti luoghi: luoghi per i data center di nuova generazione; aree più densamente popolate; scuole; distretti industriali vitali e hub logistici; università; centri di ricerca; hub tecnologici; centri di servizi territoriali e tribunali.

Il piano prevede 3 modelli di intervento:

MODELLO A - finalizzato al finanziamento, solo con fondi pubblici, dei collegamenti NGA in aree non di interesse per gli operatori privati;

MODELLO B - Partnership tra l'ente pubblico e uno o più soggetti privati che co-investono per realizzare le infrastrutture di accesso;

MODELLO C - Incentivi da parte dello Stato alla realizzazione di collegamenti NGA ad uno o più operatori privati selezionati tramite gare pubbliche.

Il Ministero dello Sviluppo economico (MISE) ha creato la cosiddetta "cabina di regia", un complesso che gestisce la realizzazione delle varie iniziative per favorire lo sviluppo della banda larga e utilizza a tale scopo uno specifico sito internet¹.

Nel 2014 i dati pubblicati nella *Digital Agenda Scoreboard*, mettevano in evidenza una condizione di rilevante debolezza nell'uso dei servizi di rete da parte della popolazione e delle imprese italiane.

Nel 2015 l'Italia risultava come l'ultima nazione dell'UE per copertura a banda ultra-larga e la distanza rispetto agli obiettivi dell'Agenda Digitale Europea non poteva essere trascurata.

¹ www.agenda-digitale.gov.it

La questione italiana, però, non era circoscritta solamente alla mancanza di infrastrutture adeguate e alle loro performance, ma anche al contesto dell’offerta da parte degli operatori privati che era tale da farne il Paese con la più ampia estensione di aree a fallimento di mercato (aree bianche NGA) d’Europa.

Questa situazione poteva essere spiegata da vari fattori:

- l’orografia e la distribuzione della popolazione nelle città e nelle regioni italiane (il 50% della popolazione italiana vive in centri con meno di 25.000 abitanti)
- la limitata reazione da parte degli operatori privati ai precedenti piani
- altri fattori storici, sociali, culturali ed economici

Nel 2015 l’Italia elabora la propria “*Strategia italiana per la banda ultralarga*”, essendo difatti evidente che il Paese non sarebbe stato capace di raggiungere gli obiettivi DAE2020. Il suddetto Piano si poneva lo scopo di riportare l’Italia nella posizione di riuscire ad avere entro il 2020 una connessione ad almeno 30 Mbps su tutto il territorio e almeno il 50% di aderenti al servizio con connettività superiore a 100 Mbps, incrementando gli investimenti ed estendendo l’azione anche alle “aree nere e grigie” “NGA con connessioni superiori a 30 Mbps ma inferiori a 100 Mbps.

Il Piano è complementare alle precedenti misure quadro nazionali, sintetizzate nella loro successione temporale nella *Figura 1*.

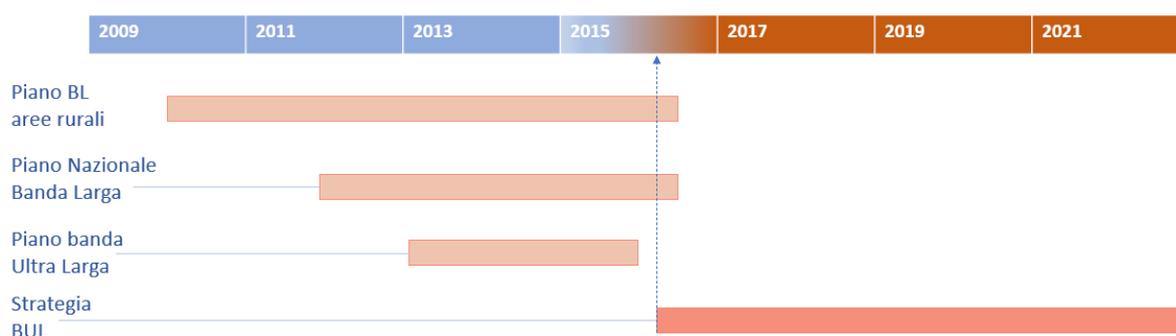


Figura 1: Successione temporale delle misure quadro nazionali per lo sviluppo della connettività

Nel 2015 il *Piano nazionale banda ultralarga* era ormai in una fase terminale. Aveva coinvolto circa 8 milioni di cittadini che alla fine del 2008 si trovavano in condizioni di digital divide,

permettendo loro di avere accesso al servizio a banda larga di base. Il Piano aveva inoltre consentito, grazie ai fondi pubblici, di coprire con la tecnologia a banda larga oltre sei mila comuni in “zone bianche”, comuni situati in aree che non sarebbero mai entrate nell’interesse degli operatori privati in quanto i costi sostenuti per l’installazione non avrebbero reso l’investimento redditizio.

Per meglio comprendere quale siano i connotati dell’infrastruttura BUL e come essa si distribuisca nel territorio nazionale, è conveniente affrontare un excursus sulle reti di telecomunicazione.

1.2.1 Tecnologie e infrastrutture

Gli obiettivi dell’Agenda Digitale Europea in materia di banda ultra-larga sono enunciati in modo breve e conciso, definendo i target di copertura e accesso per le velocità di download ma rimanendo imparziali sulle tecnologie e sulle architetture di rete da impiegare (Commissione Europea, 2010). Sono classificate come NGA, infatti, quelle reti che forniscono servizi in modo affidabile ad un’elevatissima velocità attraverso una rete di backhauling in fibra ottica (o di tecnologia analogica) sufficientemente vicino alle case degli utenti. Ciò permette a ciascun Paese di attuare un piano per il raggiungimento degli obiettivi dell’Agenda Digitale in linea con le caratteristiche del mercato.

In Italia, il traffico dati principale scorre lungo una dorsale con struttura portante in fibra ottica; il traffico è poi smistato in dei nodi principali da cui la linea si dirama verso le centrali telefoniche locali; quelle centrali in cui è presente un convertitore di segnali ottici o *optical line terminal* (OLT) entrano in gioco per servire l’ultimo miglio (*last mile*). Viene detto dunque ultimo miglio il segmento di rete che intercorre tra la centrale e l’edificio in cui risiede il fruitore; in questa parte terminale della rete detta “rete di accesso” si insedia lo scarto tecnologico che permette il passaggio da “Banda Larga” a “Banda Ultra-Larga”. Questo si configura in termini generali come il passaggio da reti di telecomunicazione basate sul doppino ritorto di rame, conosciute tradizionalmente con il nome di ADSL, a reti che sfruttano almeno parzialmente la fibra ottica, il cui nome commerciale generico è FTTx.

La principale differenza tra le due tecnologie consiste nella struttura dell'ultimo miglio. Le connessioni ADSL utilizzano la preesistente linea telefonica in rame per collegare i Central Office (CO)² ai consumatori finali.

Nelle reti FTTx il collegamento in questa tratta avviene con almeno una porzione di fibra ottica, il che implica una velocità di connessione significativamente maggiore. In Italia, sono utilizzate quattro possibili configurazioni, a seconda della proporzione di fibra ottica utilizzata nell'ultimo miglio (*Figura 2*). La lunghezza della porzione dell'ultimo miglio è inversamente proporzionale alle prestazioni di connessione in tutte le tecnologie. Quindi minore è la distanza tra il comune e l'OLT più vicino, maggiore è la copertura UBB dell'area comunale.

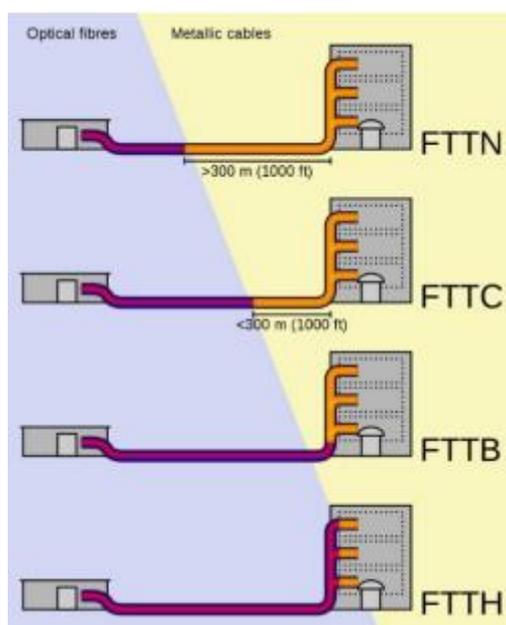


Figura 2: Tecnologie a banda larga maggiormente utilizzate

Scendendo ad un livello di dettaglio maggiore si passano in rassegna DSL, FTTx e FWA.

² I CO rappresentano il livello intermedio dell'infrastruttura di telecomunicazioni. Il loro scopo è convertire il segnale ottico e reindirizzarlo ai consumatori finali. La distanza con l'ubicazione del cittadino è definita "ultimo miglio".

1.2.1.1 Digital Subscriber Lines DSL

La Digital Subscriber Line è una connessione Internet ad alta velocità che sfrutta le linee telefoniche standard. DSL utilizza le linee telefoniche a doppino intrecciato in rame che entrano in ogni casa per il normale servizio telefonico. Queste linee, poiché sono state sviluppate solo per segnali vocali, sono limitate in larghezza di banda e velocità di trasmissione dati. Tuttavia, sono state sviluppate tecniche speciali per consentire trasmissioni di dati ad altissima velocità su di essi (Louis E. Frenzel Jr, 2018). Attraverso un filtro per le frequenze, il modem del sistema DSL evita che il traffico di dati vada ad intaccare il traffico telefonico come avveniva nel precedente meccanismo *dial-up*.

Esistono varie versioni di DSL (indicate anche come xDSL) ma hanno tutte una caratteristica universale: maggiore è la velocità dei dati, minore deve essere la distanza tra casa e stazione di commutazione. Inoltre, tutte sono dotate di coppie di modem, con un modem situato presso un ufficio centrale e l'altro presso la sede del cliente. Prima di dare un elenco dei vari tipi di DSL, definiamo alcuni termini.

- Simmetrico: un servizio in cui i dati viaggiano alla stessa velocità in entrambe le direzioni. Download e upload hanno la stessa larghezza di banda.
- Asimmetrico: un servizio che trasmette a velocità diverse in direzioni diverse. I download avvengono più velocemente dei caricamenti.

I tipi disponibili di DSL sono:

- Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) ha velocità in download maggiore di quella in upload, per una media che va dai 256 kbps a 24 Mbps;
- Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL) funziona in maniera simmetrica per upload e download ad una velocità massima di 3 Mbps;
- Very High bit rate Digital Subscriber Line (VDSL): è l'evoluzione di ADSL e SDSL che permette di raggiungere velocità di 52 Mbps in download e 16 Mbps massimi in upload (Eriksson e Odenhammar, 2006).

Il rame è soggetto a dispersioni che sono tanto maggiori all'aumentare della distanza, questo fa sì che le DSL abbiano una velocità media non solo inferiore in generale a quelle della fibra ma anche inversamente proporzionale alla distanza dalla centrale. Questo aspetto non ha ripercussioni solo a livello tecnico ma anche a livello di servizio che gli operatori sono in grado di garantire ai cittadini. Le regioni che si trovano distanti dalle centrali degli operatori telefonici non hanno in alcun modo possibilità di accedere ad una rete più performante.

La richiesta di maggiore capacità di rete, o larghezza di banda, più vicina al cliente domestico, sta spingendo le compagnie telefoniche a implementare DSL, ma sta anche causando un aumento di installazioni in fibra ottica in tutto il Paese, aumentando la capacità della dorsale della rete e avvicinandola ai quartieri. Questo è importante per DSL che è una linea telefonica in rame, un servizio ad alta velocità ma a breve distanza in cui il cliente non può trovarsi a più di poche miglia da una stazione di commutazione telefonica. Al momento, portare linee in fibra ottica a banda larga nelle case è costoso, quindi il collegamento in filo di rame dell'"ultimo miglio" tra l'ufficio centrale della compagnia telefonica e la casa rimane attivo (Plonus, 2020).

1.2.1.2 Conessioni in fibra ottica FTTx

Rispetto al tradizionale sistema di doppini in rame usato per la tecnologia ADSL, la fibra sfrutta materiali più complessi, come ad esempio i filamenti in fibra di vetro o di polimeri plastici. Questi ultimi, grazie a una protezione composta da una guaina in gomma, riescono a trasportare i dati attraverso segnali di luce. Ogni cavo è formato da un numero variabile di fibre ottiche, che possono arrivare a un massimo di 7. La fibra ottica funziona inviando impulsi luminosi e non trasferendo segnali elettrici e permette velocità di un ordine di grandezza superiore alle tecnologie del rame (dai 100 Mbit/sec ad 1 Gbit/sec). Le performance variano in base al punto in cui arriva la fibra ottica.

Le connessioni ultraveloci FTTx sono caratterizzate, infatti, dalla sostituzione integrale o parziale del rame nell'ultimo miglio con cavi in fibra ottica.

Di seguito le quattro possibili configurazioni previste dalla strategia BUL:

- *Fiber-to-the cabinet* (FTTC): in tale soluzione la fibra ottica termina presso un armadio riparti linea (ARL), posizionato in media a poche centinaia di metri dalle abitazioni.

L'ARL è spesso indicato semplicemente come armadio o cabinet, e in Italia viene anche usato sia per le reti telefoniche e che per l'ADSL.

Dal cabinet vengono ridiretti centinaia di doppini (coppie di cavi intrecciati), che collegano le case degli utenti finali. La tratta primaria è quella che collega la centrale e l'armadio, la tratta secondaria è quella tra l'armadio e le abitazioni. Il principale vantaggio della FTTC è che consente di ridurre la lunghezza della tratta secondaria in rame. La FTTC è una soluzione utilizzata frequentemente in nazioni che, come la nostra, dispongono di una rete in rame consolidata, perché permette il raggiungimento di prestazioni di solito discrete con bassi costi di realizzazione (Park, Lee et al. 2001).

- *Fiber-to-the-building (FTTB)*: tale soluzione prevede che i cavi in fibra arrivino alla base dell'edificio che la linea deve servire, aumentando ulteriormente le prestazioni. Non si adatta particolarmente al contesto italiano, la cui conformazione urbana favorisce la presenza delle centraline, che generalmente si trovano entro 300 metri dagli edifici (Chatzi, Lazaro et al. 2013).
- *Fiber-to-the-home (FTTH)*: l'architettura prevede di portare la fibra ottica all'interno delle case/appartamenti degli utenti finali; per farlo usa un mezzo di trasmissione (la fibra ottica) che soffre molto lievemente di dispersione, consentendo quindi di coprire lunghe distanze senza bisogno di rigenerare il segnale. Supporta inoltre velocità di trasmissione estremamente elevate (anche superiori a 1 Gbps) e latenze generalmente molto basse assicurando gli ambiziosi obiettivi della *Gigabit Society* ma implicando un investimento più ingente e lavori più articolati (Llorente et al. 2008).
- *Fiber To The Node (FTTN)*: il collegamento in fibra ottica arriva a una cabina esterna, distante diversi chilometri dall'abitazione dell'utente finale.

1.2.1.3 Fixed Wired Access FWA

FWA indica una connessione per l'accesso a Internet ottenuta tramite tecnologie wireless (senza fili). Altresì detto *Broadband Wireless Access* è un sistema di trasmissione dati misto che sfrutta una rete cablata in fibra in combinazione con un sistema ad onde radio (Hart, 1998). Viene spesso definita "Fiber to the tower" (FTTT) o "fibra fino all'antenna", poiché il cavo si estende fino alla stazione radio base, o BTS, da cui il segnale wireless viene emesso e distribuito alle case dei consumatori da un terminale (un'antenna ricevente). Il motivo per cui viene definita "permanente" è che, a differenza di altre connessioni wireless, utilizza solo le onde radio per creare un ponte tra due infrastrutture fisse.

Questa tecnologia utilizza un sistema di connessione senza fili (cablata e wireless) per fornire servizi di connessione a banda larga e ultra-larga. È un'alternativa di alta qualità alla tecnologia convenzionale e, poiché è più accessibile e adattabile, può raggiungere luoghi remoti, montani e a bassa densità abitativa dove sarebbe impossibile costruire un'infrastruttura di cablaggio (Compagnucci, Massaro et al. 2021).

Il primo obiettivo dell'Agenda Digitale europea è stato raggiunto in gran parte grazie alla tecnologia Fixed Wireless Access (FWA). Sebbene il contributo all'obiettivo 3 dell'Agenda Digitale europea (100 Mbps) sia ancora minimo, è ragionevole ritenere che sia essenziale per l'obiettivo 2 (30 Mbps), che intende raggiungere le aree suburbane attualmente servite solo da cellulari.

Nei tre bandi BUL, pubblicati da Infratel e vinti da Open Fiber, è previsto che su un totale di 9,2 milioni di abitazioni da dotare di connessione, circa 1,5 milioni verranno coperte utilizzando la tecnologia FWA. Tutto ciò mette in evidenza l'importanza di tale tecnologia che, viene specificato sempre nei bandi sopracitati, permetterà il rilegamento delle antenne in fibra ottica, aumentando la capacità di banda della rete di backhaul e rendendo più performanti i servizi Internet in banda ultra-larga offerti ai consumatori (business e consumer).

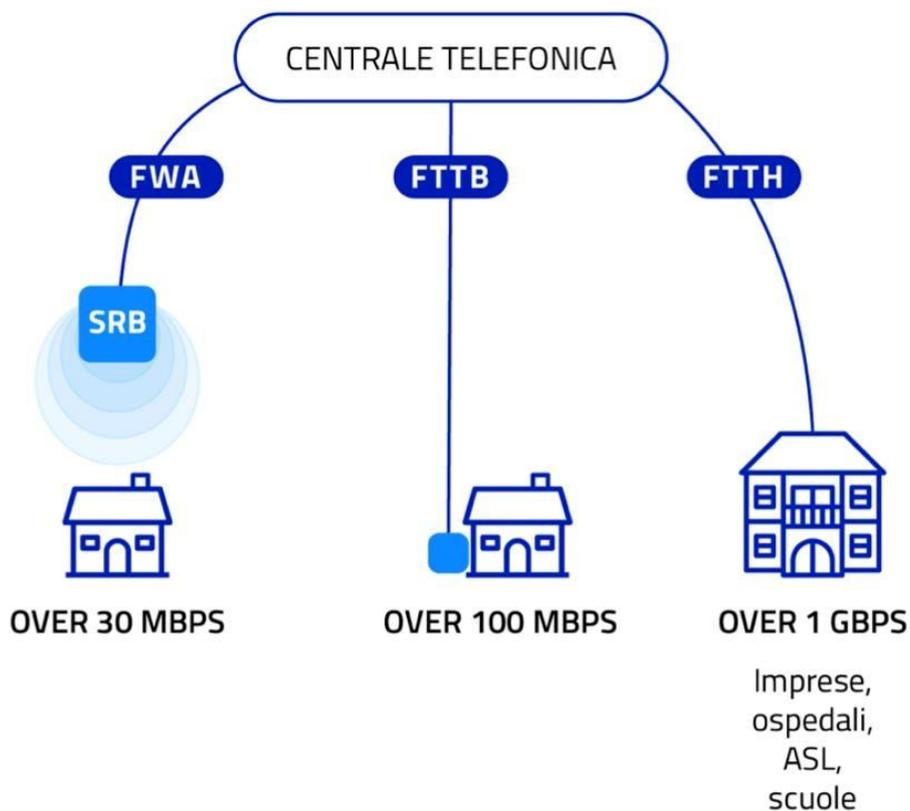


Figura 3: Le connessioni del Piano Strategico Banda Ultra Larga

Per consentire l'accessibilità dei 100 Mbps di velocità ad ogni cittadino, la soluzione strategica ottimale sarebbe quella di realizzare impianti in fibra ottica che siano in grado di avvicinarsi il più possibile alle case degli utenti. Tuttavia, dato che la maggior parte dei piani a banda ultra-larga hanno come obiettivo reale un veloce Return On Investment (ROI), puntano ad ottenere la massima capacità sfruttando l'ultimo segmento di doppino (Mazzenga, Petracca et al. 2016). Le soluzioni FTTH, infatti, sono la migliore scelta in termini di performance, ma comportano ingenti spese in conto capitale (CAPEX) e molto tempo per essere realizzate. Alternative come FTTC e FTTB stanno assumendo sempre più un ruolo centrale grazie al loro compromesso performance-vs-CAPEX (Attanasio, Valenti et al. 2020).

La soluzione FTTC consente di implementare il piano di distribuzione della fibra in modo graduale, facilitando così la creazione di opportunità di investimento per le reti a banda ultra-larga. Poiché l'intervento è limitato al tratto che va dalla centrale all'armadio di distribuzione, questa soluzione consente di fatto la successiva realizzazione di impianti in fibra più profondi

di tipo FTTB/H, riducendo gli elevati costi richiesti dalle opere civili per la distribuzione della fibra fino agli edifici e alle unità abitative (tratto di rete in fibra primaria).

Nelle prime fasi di applicazione della strategia BUL le operazioni di cablaggio della nuova rete sono state portate avanti dalla sola TIM. TIM ha iniziato a investire in infrastrutture UBB in tutta Italia dal 2015, e copre la stragrande maggioranza dei comuni con un mix di connessioni FTTH e fibra ottica-rame (FTTx).

Tuttavia, al fine di rendere fornite anche tutte quelle aree a bassa densità demografica, troppo poco remunerative per giustificare gli investimenti dell'operatore, sono stati indetti dei bandi per la costruzione e gestione della rete pubblica a banda Ultra-Larga, aggiudicati da Open Fiber. Open Fiber è un operatore appartenente alla Cassa Depositi e Prestiti e ad Enel; è entrata nel mercato nel 2017 e da allora ha investito in connessioni FTTH principalmente nelle grandi città e nei piccoli comuni vicini alle aree metropolitane.

L'evoluzione più recente della strategia BUL è datata a maggio 2021. In concordanza con le disposizioni europee *Gigabit Society* e *Digital Compass*, guidata dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), la *Strategia nazionale per la Banda Ultra-Larga* "Verso la Gigabit Society" amplia gli obiettivi posti inizialmente dal piano e si prefigge di portare la connettività ad 1 Gbps su tutto il territorio nazionale entro il 2026, anticipando gli obiettivi europei fissati al 2030 (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021). Il Governo italiano ha approvato il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) il 29 aprile 2021, destinando il 27% delle risorse alla transizione digitale, tra cui 6,7 miliardi di euro per i progetti costitutivi della *Strategia per la banda ultralarga*.

Tra le 7 azioni previste, il Piano "Italia a 1 Giga" è quella dedicata a fornire connettività a 1 Gbps in download e 200 Mbps in upload nelle aree grigie e nere NGA, in particolare alle unità immobiliari che, a seguito della mappatura, realizzata dagli operatori di mercato, delle infrastrutture presenti o pianificate al 2026, sono risultate non coperte da almeno una rete in grado di fornire in maniera affidabile velocità di connessione in download 300 Mbps.

La soglia minima di intervento viene dunque aumentata a 300 Mbps (in download), tale soglia prestazionale è ritenuta necessaria per raggiungere l'obiettivo di connettività ad almeno 1 Gbps

definito nel *Digital Compass*, sviluppando reti “a prova di futuro” (Compagnucci, Massaro et al. 2021).

1.2.2 Risultati raggiunti: la banda ultra-larga in Italia

La *Figura 4* mostra, in dettaglio, il livello di copertura delle abitazioni che le reti di accesso di nuova generazione (NGA) hanno (e non hanno) servito al 31 marzo 2021.

Rete	Percentuale di famiglie raggiunte
Non NGA (velocità effettiva di <i>download</i> < 30 Mbit/s)	6,0%
NGA (velocità effettiva di <i>download</i> ≥ 30 Mbit/s)	89,6%
<i>30-100 Mbit/s</i>	<i>34,2%</i>
<i>100-300 Mbit/s</i>	<i>32,5%</i>
<i>300-1000 Mbit/s</i>	<i>22,9%</i>
TOTALE (NGA + non NGA)	95,6%

Figura 4: Livello di copertura NGA e non NGA al 31 marzo 2021 (dati della broadband map AGCOM).

Pertanto, al 31 marzo 2021 solo il 55% delle abitazioni ha accesso a reti con velocità di download superiori a 100 Mbit/s e solo il 23% a reti con velocità di download fino a 1 Gbit/s.

La questione della mancanza di abbonati alla banda ultra-larga spicca in modo chiaro anche dall'indice DESI 2021³: in termini percentuali l'Italia risulta avere il 26% di famiglie con abbonamento alla rete fissa ad almeno 100 Mbit/s, ancora ben lontani da Svezia, Spagna, Portogallo, Ungheria, Belgio, Lussemburgo e Romania per i quali l'indicatore supera il 50% (Figura 5) (Digital Economy and Society Index (DESI) 2021).

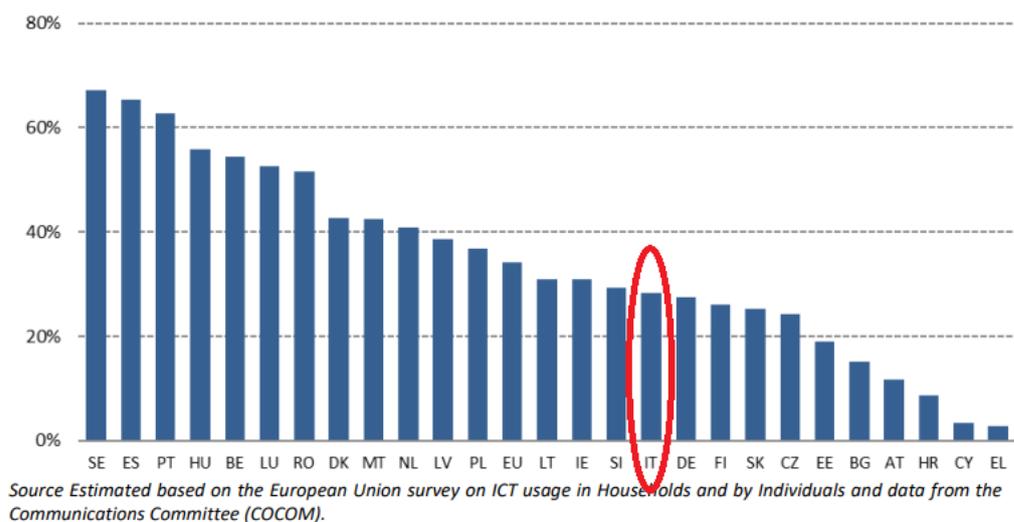


Figura 5: Famiglie con abbonamento fisso a banda larga di almeno 100 Mbps (% delle famiglie), 2020

Il 30 aprile 2021 il Ministero dello Sviluppo Economico ha incaricato Infratel di avviare l'aggiornamento della mappatura delle reti nell'ambito del Piano "Italia a 1 Giga", richiedendo agli operatori informazioni sui dettagli tecnici delle loro reti NGA e VHCN (Very High Capacity Network), per ogni indirizzo civico, insieme all'evidenza dei nuovi interventi realizzati o pianificati dal 2021 al 2026 (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021).

I risultati della prima fase della mappatura sono stati pubblicati il 6 agosto 2021. I dati raccolti hanno riguardato più di 21 milioni di civici e hanno fornito dati di copertura di 47 operatori. Ne risulta una copertura con velocità superiore a 300 Mbps, al 2026, del 71% del territorio nazionale, prevalentemente costituita da rete a velocità superiore a 1 Gbps (68%). Mentre il 29% del territorio resterebbe oggetto di intervento: in particolare, un civico su dieci sarebbe

³ Indice di digitalizzazione dell'economia e della società

raggiunto da una rete a velocità superiore a 100 Mbps ma inferiore a 300 Mbps; poco di più (12%) godrebbe di una velocità inferiore ai 100 Mbps; e resterebbe un 7% di civici non coperti (le cosiddette “aree bianche”) (Compagnucci, Massaro et al. 2021).

Prima regione per copertura ad almeno 1 Gbps è il Friuli-Venezia Giulia (84%), seguita da Sicilia (79%), Trentino-Alto Adige (78%) e Liguria (76%). Bene anche Lazio e Marche (75%) e Veneto (74%), mentre tra le regioni del Sud solo Puglia e Molise figurerebbero al di sopra della media nazionale.

Le rimanenti regioni meridionali compaiono, invece, insieme a Toscana e Valle d’Aosta, nella parte bassa della classifica, con coperture a più di 1 Gbps nettamente inferiori alla media nazionale. Nello specifico in Sardegna e Abruzzo non sarebbe coperto, al 2026, nemmeno la metà del territorio, con una copertura tra i 300 Mbps e 1Gbps del tutto marginale (e pari solo al 2%). Ne consegue che, in queste regioni, la maggior parte dei civici rientrerebbe in quelli oggetto di intervento, ai sensi di quanto stabilito dal *Piano Italia a 1 Giga*.

Nel complesso, emerge una situazione, su base regionale, abbastanza uniforme, con criticità maggiori nelle regioni Sardegna, Calabria, Basilicata e Abruzzo, dove oltre il 40% dei civici sarebbe da ritenersi oggetto di intervento, e regioni virtuose – Lombardia, Trentino-Alto Adige e Friuli-Venezia Giulia – in cui gli interventi riguarderebbero meno di un civico su dieci (Compagnucci, Massaro et al. 2021).

Particolare attenzione è stata posta sulla verifica della coerenza della copertura Fixed Wireless Access (FWA). In particolare:

- si definiscono *Passed* tutti i civici che rientrano nell’area di copertura di un sito radio FWA;
- si definiscono *Served* i civici che possono essere effettivamente serviti, tenendo conto delle limitazioni tecniche e dei requisiti minimi di qualità. Si stima che in media questi civici siano il 10% dei civici *Passed* (secondo quanto riportato nel *Piano Italia a 1 Giga*);
- i civici *Served* non sono determinabili con precisione a priori, anche perché tale valore dipende anche da quanti utenti si abboneranno e utilizzeranno effettivamente la rete nel corso del quinquennio in esame;

Per quanto riguarda la copertura Next Generation Access (almeno 30 Mbps in download), al 2026 Infratel stima la seguente copertura da parte di operatori privati:

- aree nere: 39% senza FWA, 52% con FWA *Served*
- aree grigie: 54% senza FWA, 43% con FWA *Served*

Tali dati, più dettagliati e distinti per regione, sono disponibili in *Figura 6* che mostra l'incidenza dei civici bianchi, grigi e neri al 2026 considerando esclusivamente i civici coperti dalle reti NGA (Infratel Italia, 2021).

		GRIGIO		BIANCO		NERO	
REGIONI	TOTALI civici mappatura 2021	SENZA FWA	CON FWA SERVED	SENZA FWA	CON FWA SERVED	SENZA FWA	CON FWA SERVED
ABRUZZO	646.334	59%	48%	17%	13%	24%	39%
BASILICATA	297.784	83%	68%	7%	6%	10%	25%
CALABRIA	1.669.114	84%	72%	6%	5%	10%	24%
CAMPANIA	1.357.191	56%	43%	3%	2%	41%	54%
EMILIA-ROMAGNA	1.563.860	50%	39%	13%	10%	37%	51%
FRIULI-VENEZIA GIULIA	479.397	34%	26%	6%	4%	60%	70%
LAZIO	1.728.220	38%	30%	8%	6%	54%	64%
LIGURIA	602.709	57%	39%	8%	5%	35%	56%
LOMBARDIA	2.185.382	37%	28%	4%	3%	59%	69%
MARCHE	446.628	43%	31%	10%	7%	47%	63%
MOLISE	69.757	42%	33%	5%	3%	53%	63%
PIEMONTE	928.489	50%	33%	14%	9%	36%	58%
PUGLIA	2.302.160	65%	54%	1%	1%	33%	45%
SARDEGNA	985.274	73%	59%	5%	4%	22%	37%

		GRIGIO		BIANCO		NERO	
REGIONI	TOTALI civici mappatura 2021	SENZA FWA	CON FWA SERVED	SENZA FWA	CON FWA SERVED	SENZA FWA	CON FWA SERVED
SICILIA	2.454.755	51%	40%	2%	2%	47%	58%
TOSCANA	1.618.678	59%	46%	12%	9%	28%	46%
BOLZANO	41.523	32%	25%	6%	4%	63%	71%
TRENTO	86.590	32%	26%	8%	6%	61%	68%
UMBRIA	307.060	48%	36%	14%	10%	37%	54%
VALLE D'AOSTA	20.044	46%	33%	25%	18%	28%	50%
VENETO	1.532.929	49%	38%	8%	6%	43%	56%
TOTALE	21.323.878	54%	43%	7%	5%	39%	52%

Figura 6: Quantificazione dei civici bianchi, grigi e neri NGA al 2026

I risultati della seconda fase della mappatura, riguardante le aree bianche, sono stati pubblicati il 24 novembre 2021. Dalla relazione di sintesi (Infratel Italia, 2021) si ricava che al 2026 solo il 30% dei civici non già inclusi nel piano aree bianche sarà coperto in FTTH. L'82% sarà invece coperto in FWA ad almeno 300 Mbps.

L'avanzamento economico del progetto a livello nazionale ha raggiunto attualmente circa il 70% in termine di avanzamento dei lavori, con 1,09 miliardi di euro impiegati su oltre 1,5 miliardi di euro di lavori ordinati a Open Fiber (Compagnucci, Massaro et al. 2021).

A livello regionale, particolarmente bene vanno gli interventi in Sicilia, Umbria, dove circa un impianto in fibra su due risulta pronto per servire i cittadini, ma anche in Abruzzo e Friuli V.G., dove la percentuale è pari al 45%. Percentuali invece bassissime si registrano in Liguria (4%) e Trentino A.A. (8%), ma anche in Puglia, dove si supera appena il 10%.

Per quanto riguarda i siti FWA a discostarsi in maniera relativamente significativa dal dato nazionale (5%) sono Umbria (18%), Friuli V.G. (17%) e Sicilia (15%).

In *Figura 7* è possibile osservare il numero dei civici dichiarati coperti entro il 2026 da reti con velocità di download di 300 Mbit/s in usuali condizioni di picco del traffico, considerando sempre una velocità massima di almeno 300 Mbit/s (Infratel Italia, 2021).

REGIONE	Civici oggetto della mappatura 2021 nelle "aree bianche 2016" esclusi i civici oggetto di intervento da parte del Concessionario pubblico Open Fiber S.p.A.	Civici dichiarati coperti con velocità download \geq 300 Mbit/s nell'ora di picco	
		SENZA FWA	CON FWA PASSED
Abruzzo	77.238	10.684	45.715
Basilicata	51.186	9.063	36.693
Calabria	327.482	124.378	313.051
Campania	212.761	69.864	181.084
Emilia Romagna	125.003	17.753	99.350
Friuli Venezia Giulia	10.714	1.336	8.668
Lazio	184.162	36.266	150.090
Liguria	44.192	12.552	38.145
Lombardia	63.271	17.661	48.268
Marche	57.590	8.064	38.713
Molise	10.017	1.457	3.590
Piemonte	93.640	6.216	61.489
Puglia	169.750	95.543	140.139
Sardegna	159.818	72.477	151.987
Sicilia	231.013	109.313	193.826
Toscana	195.276	47.107	158.661
Bolzano	130.678	10.826	115.698
Trento	16.666	5.808	9.345
Umbria	32.301	6.292	20.787
Valle d'Aosta	8.856	155	2.972
Veneto	73.365	13.722	58.380
TOTALE	2.274.979	676.537	1.876.651

Figura 7: Percentuale dei civici nelle aree bianche oggetto di investimenti privati al 2026 per ciascuna regione

Secondo le informazioni riportate dal Ministero dello Sviluppo Economico, i servizi a banda ultra-larga ad almeno 30 Mbps hanno raggiunto nel 2019 il 66% della popolazione; in particolare all'incirca 2 italiani su 3 sono in grado di utilizzare questa tecnologia. Invece, come

riportato in *Figura 8* la copertura della banda ultra-larga ad almeno 100 Mbps si è fermata al 20%.

La diffusione dei servizi a banda ultra-larga ad almeno 30 Mbps ha raggiunto una copertura complessiva nel 2019 del 66%: circa due italiani su tre possono dunque usufruire di questa tecnologia. Si attesta invece al 20% la copertura per quel che riguarda la banda ultra-larga ad almeno 100 Mbps (*Figura 8*).

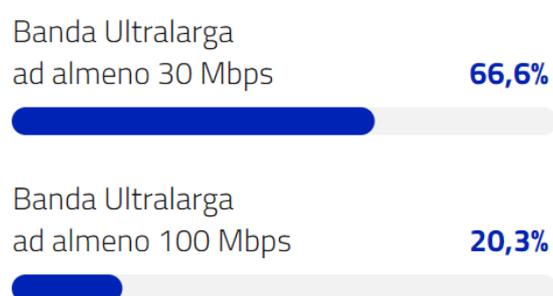


Figura 8: Diffusione dei servizi a banda ultra-larga a livello nazionale 2019⁴

Analizzando il dataset messo a disposizione da parte di Telecom Italia circa la copertura del territorio nazionale, possiamo calcolare la percentuale di comuni con rete UBB al 2019. Il dataset comprende informazioni di 7485 comuni e come possiamo osservare dalla *Figura 9* poco più della metà è raggiunto dalla banda ultra-larga e solamente un'esigua percentuale (il 6%) possiede la tecnologia FTTH. Al contrario invece, quasi la totalità dei comuni possiede una connessione ADSL a 7 Mbit/s e ADSL a 20 Mbit/s. L'ADSL a 7 Mbit/s si è diffusa nel Paese a partire dal 2013, mentre quella a 20 Mbit/s, disponibile dal 2015, è ancora leggermente indietro ma ha raggiunto nel 2019 una copertura totale dell'84% dei comuni.

⁴ dati previsionali di copertura delle UI al 31 dicembre 2019, in base alle dichiarazioni degli operatori in fase di consultazione 2019

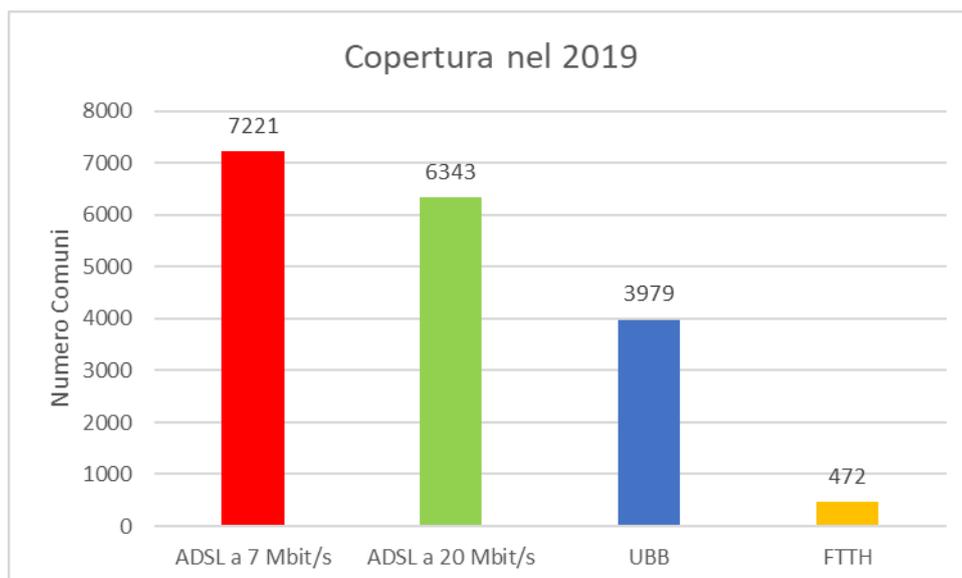


Figura 9: Elaborazione dati Telecom Italia

La copertura tramite la tecnologia FTTH è ancora gravemente insufficiente, in alcune regioni come la Calabria praticamente inesistente. Nella regione del Sud, infatti, solo lo 0,7% dei comuni censiti nel dataset del colosso delle telecomunicazioni possiede una connessione Fiber to the Home. Altrettanto in ritardo rispetto al resto del Paese si trovano alcune regioni del Nord Ovest come il Piemonte o la Liguria con una copertura che non raggiunge il 2% dei comuni.

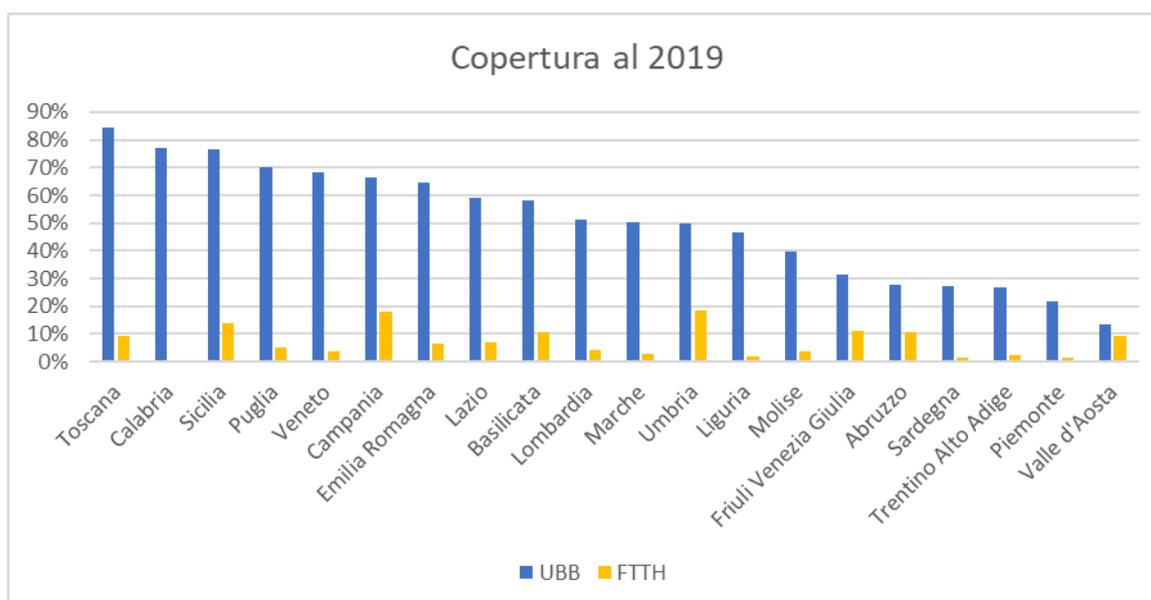


Figura 10: Elaborazione dati Telecom Italia

Concentrando la nostra attenzione sulla diffusione della rete a banda ultra-larga emerge che la Toscana si posiziona come prima classificata. Seguono la Calabria e la Sicilia a parimerito con il 77% dei comuni totali raggiunti. In valore assoluto invece la Lombardia presenta il più alto numero di comuni al 2019 che mettono a disposizione dei cittadini tale tecnologia (775), subito dopo vengono il Veneto (385) e la Campania (311). Le discrepanze tra valori percentuali e valori assoluti evidenziano come le regioni più popolose, ad esempio la Lombardia, con 1506 comuni in totale, o il Piemonte con 1181 comuni, richiedono un maggior numero di interventi da effettuare per garantire una copertura percentuale elevata rispetto ad altre regioni con un numero notevolmente minore di siti da coprire. La regione con il triste primato di ultima classificata è la Valle d'Aosta che presenta una copertura percentuale del 14% e solo 10 comuni coperti su un totale di 74.

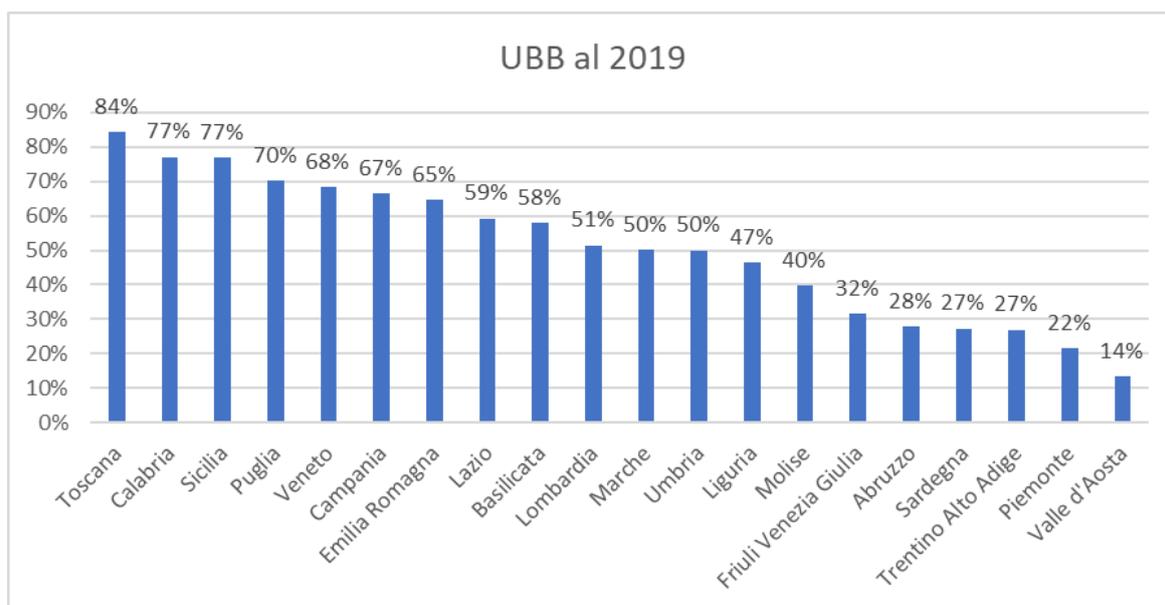


Figura 11: Elaborazione dati Telecom Italia

Secondo i dati dell'Osservatorio AGCOM 2021, a dicembre 2020 si contavano complessivamente 18,1 milioni di linee di accesso, di cui 5,6 milioni (pari a circa il 31%) a banda larga (con velocità inferiori a 30 Mbit/s) e 12,5 milioni (pari a circa il 69%) a banda ultra-larga. Solo 1,82 milioni di queste ultime sono linee Fiber to the Home (FTTH) che operano a 1 Gbit/s.



Figura 12: Rete fissa broadband e ultrabroadband⁵

Nel corso del 2021 sono cresciuti gli accessi da rete fissa da connessioni in fibra ottica FTTC ed FTTH, mentre sono diminuiti ancora quelli provenienti da ADSL "solo Rame" che si attestano al 27,1% (-8,8% rispetto a dicembre 2020). In particolare, le connessioni Internet basate su tecnologia FTTC (fibra misto rame) hanno caratterizzato il 51,1% delle linee (+4,2% rispetto allo stesso periodo del 2020). Anche gli accessi in fibra ottica FTTH sono aumentati passando all'13,3% del totale (+0,4% rispetto a dicembre 2020) (Osservatorio AGCOM 1/2022).

Sono aumentati anche gli accessi FWA (fibra misto radio), usati soprattutto nelle zone bianche, che a fine dicembre 2021 sono passati all'8,5% (+4,2% rispetto all'anno precedente) con oltre 1,6 milioni di sottoscrizioni.

A livello di copertura, i dati riportati nell'AGCOM BroadbandMap indicano che gli operatori FWA coprono circa il 74% delle famiglie italiane. È interessante notare come le regioni maggiormente raggiunte siano situate prevalentemente nel Nord Italia.

⁵ Fonte: AGCOM, Autorità per le garanzie delle comunicazioni

Gli operatori che offrono accessi broadband e ultrabroadband in Italia sono: TIM (ex Telecom Italia), Fastweb, Vodafone, Wind Tre, Linkem, Eolo e Tiscali, ma le loro reti non sono estese a tutto il territorio nazionale, molti di essi garantiscono la copertura in fibra solo in alcune grandi città (perlopiù nel Nord Italia). Il grafico in *Figura 13* mostra nel dettaglio le quote di mercato dei principali operatori a giugno 2021 e la corrispondente variazione percentuale rispetto a giugno dell'anno precedente.

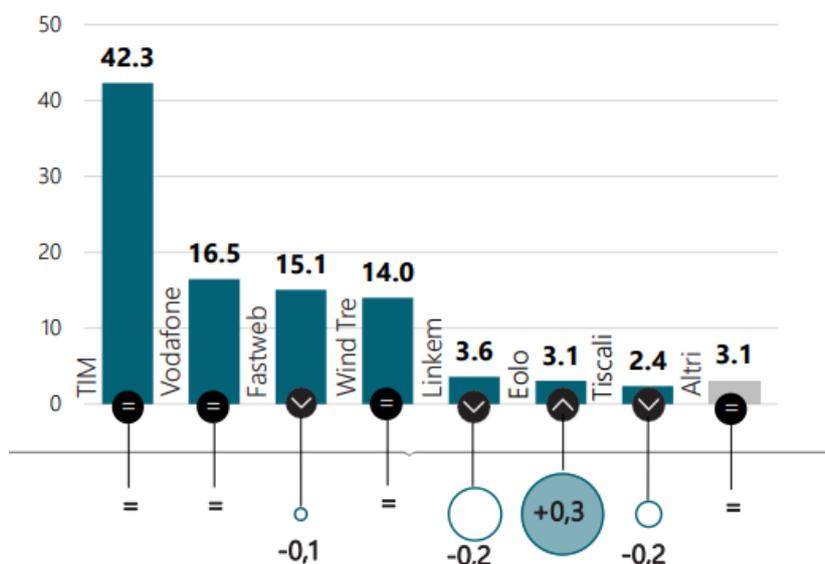


Figura 13: Quote di mercato % (giugno 2021)

Specificatamente nel segmento FWA i principali operatori risultano attualmente Linkem ed Eolo, rispettivamente con 680.000 e circa 540.000 utenti. Molto più staccati Tiscali (42.000), BBBell (25.000) e Go Internet (22.000), mentre Tim e Vodafone, anch'essi attivi nel settore, presentano rispettivamente 91.000 e 22.000 utenti attivi. Non trascurabile, quindi, la quota di tutti gli altri piccoli operatori, che arrivano complessivamente a circa 120.000 utenti (*Figura 14*).

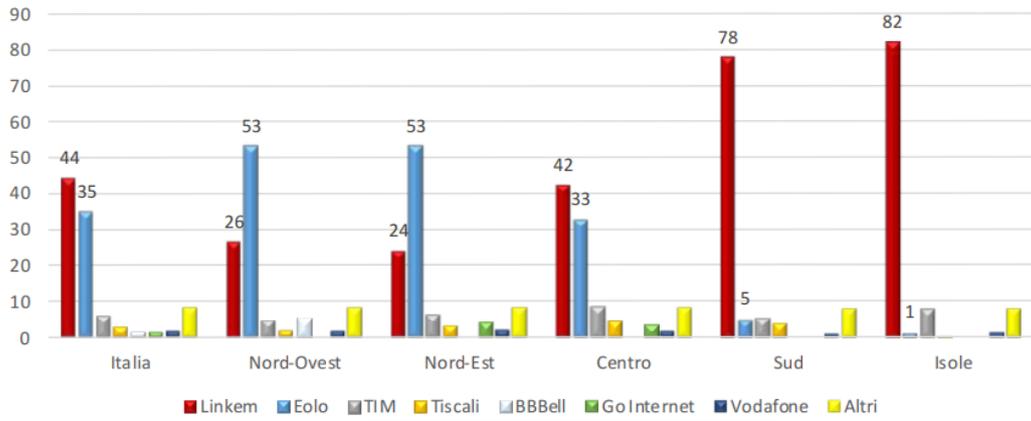


Figura 14: Accessi FWA per operatore per regione (in %, dicembre 2020)

Capitolo II

Letteratura economica

Alla fine degli anni '90 i mercati della banda larga hanno sperimentato la loro prima innovazione dirompente quando si è passati dalla banda stretta alla banda larga “di base” tramite il modem DSL e via cavo basati rispettivamente su infrastrutture di accesso in filo di rame e cavo coassiale. Sulla base di presunte enormi esternalità positive gli economisti hanno analizzato gli effetti degli investimenti in infrastrutture di telecomunicazione sulla crescita macroeconomica riscontrando una forte correlazione (Waverman e Roeller (2001) e Czernich et al. (2011)). Attualmente questi mercati sono di nuovo soggetti a innovazioni dirompenti con il passaggio alla banda larga ad altissima velocità che si prospetta essere un fattore chiave per lo sviluppo socioeconomico. Il lancio di queste tecnologie, infatti, si accompagna allo sviluppo di servizi digitali avanzati in tutte le aree della società. Allo stesso tempo però anche i costi di implementazione aumentano in modo sproporzionato quando si passa dalle tecnologie in fibra veloci a quelle ultraveloci. Pertanto, è importante valutare i vantaggi economici incrementali delle tecnologie in fibra (ultra) veloci rispetto a quelle di banda larga di base e se tali vantaggi incrementali giustificano gli scenari di investimento ad alto costo.

In generale, l'installazione di un'infrastruttura di comunicazione ultraveloce comporta vantaggi diretti e indiretti per l'economia. In primo luogo, la fornitura di una nuova infrastruttura di rete ha un impatto diretto sulla produzione e sui posti di lavoro. I vantaggi economici indiretti della banda larga sono invece correlati all'adozione di servizi o applicazioni lato domanda. L'adozione nelle imprese genera potenziali guadagni di produttività dei fattori produttivi grazie a processi aziendali più efficienti, l'uso delle nuove tecnologie digitali e l'accelerazione dell'innovazione consentita dalle reti UFB⁶. Ad esempio, le connessioni UFB consentono il trasferimento, l'analisi e l'archiviazione digitale di quantità maggiori di dati di migliore qualità ed a un costo inferiore (Benassi et al., 2021). L'effetto sulla dimensione aziendale dell'adozione di UFB è ambiguo, poiché può premiare la crescita delle aziende adottanti o può ridurre i costi di transazione nel dare in outsourcing le attività operative, riducendo così la forza lavoro dell'azienda. Inoltre, l'UFB è un fattore chiave abilitante per modelli di lavoro flessibili, come

⁶ UFB: Ultra Fast Broadband

il telelavoro e lo smart-working, che possono essere associati a una maggiore produttività (e alla partecipazione alla forza lavoro, Akerman et al., 2015). Come visto dall'inizio della pandemia di COVID-19, UFB offre alle aziende un enorme potenziale di trasformazione del business attraverso il lavoro a distanza del personale e il contatto con clienti e fornitori, che è meno fattibile con la banda larga ADSL. Durante la pandemia le tecnologie digitali sono diventate un fattore fondamentale per la connettività, consentendo alle famiglie, alle imprese e ai governi di continuare a funzionare. Le perdite economiche non sono state uguali per tutti i Paesi colpiti, tuttavia, controllando una serie di variabili, i Paesi con una migliore infrastruttura a banda larga sono stati in grado di mitigare parte dell'impatto economico negativo (Raul Katz e Juan Jung, 2021).

La letteratura economica esistente sugli effetti della banda ultra-larga è particolarmente scarsa e l'entità di questi effetti non è stata quantificata in modo chiaro e univoco. Lo scopo di questa sezione è esplorare gli impatti socioeconomici sopra menzionati di Internet a banda larga ad alta velocità. In particolare, il paragrafo 2.1 indaga gli effetti della banda ultra-larga sulla crescita economica in termini di PIL e occupazione. Il paragrafo 2.2 si concentra sullo sviluppo regionale e sugli effetti sulla produttività e sull'attività imprenditoriale. Infine, il 2.3 analizza la letteratura esistente sulla mitigazione della presenza della banda ultra-larga sugli effetti economici negativi della pandemia di COVID-19.

2.1 Gli effetti della banda ultra-larga sui maggiori indicatori macroeconomici

Ad oggi, sono ancora pochi gli studi che si concentrano sui vantaggi economici incrementali delle tecnologie in fibra (ultra)veloci. Probabilmente ciò deriva dal fatto che molti Paesi sviluppati da quasi due decenni (inizio degli anni 90') hanno disponibilità di tecnologie a banda larga, mentre l'installazione di servizi "superveloci" o "ultraveloci" nel mercato è avvenuta solo negli ultimi anni grazie alle decisioni politiche sopracitate (Capitolo 1). La prima variabile economica che permette di valutare gli impatti incrementali di questi investimenti è la crescita economica ma i risultati ottenuti sono alquanto contraddittori. Non è chiaro, infatti, se esista una relazione lineare tra velocità della banda e impatto economico. Diversi studi come Kongaut

e Bohlin (2017), e Stocker e Whalley (2016) ipotizzano che una maggiore larghezza di banda possa essere associata a rendimenti di scala decrescenti. Tuttavia, evidenze aneddotiche indicano il contrario: la banda larga Gigabit consentirà lo sviluppo e l'implementazione di applicazioni di alto valore che non possono essere fornite con altri strumenti, suggerendo che un aumento della larghezza di banda comporti ritorni economici notevoli.

Nel 2015 Sosa è uno dei primi ricercatori a considerare in maniera esplicita nelle proprie analisi i dati sulle reti ad alta velocità basate su fibra. In particolare, i suoi studi utilizzano un modello di regressione con effetti fissi per calcolare l'impatto differenziale della disponibilità di banda larga Gigabit per gli anni 2011 e 2012 in nove Stati americani. Secondo l'indagine, gli Stati con una penetrazione Gigabit superiore al 50% hanno un PIL pro capite superiore dell'1,1%. Anche Briglauer e Gugler (2018) stimano l'impatto dell'adozione della banda larga di base, veloce e ultraveloce sulla crescita del PIL. Il set di dati utilizzato comprende informazioni sull'adozione della banda larga per 27 Paesi dell'Unione Europea per il periodo 2003-2015 e mette in evidenza un effetto piccolo ma significativo della banda larga ultraveloce basata su fibra sul PIL: un aumento dell'1% nell'adozione della banda larga ultraveloce porterebbe ad un incremento di circa 0,004-0,005% del PIL. Gli autori richiamano l'attenzione su molti fattori di endogeneità, evidenziando in particolare come l'introduzione delle tecnologie a banda larga e la successiva adozione possano essere influenzate dal livello di crescita economica di una determinata nazione. La domanda di servizi a banda larga ultraveloci sarà condizionata dal reddito e dalla ricchezza dei consumatori, poiché si tratta di un'offerta tipicamente premium. Un'altra fonte di endogeneità è correlata a variabili omesse come i sussidi alla banda larga derivanti da normative volte a ridurre il "divario digitale" nelle aree rurali. Lo studio tiene conto di questa potenziale endogeneità utilizzando stimatori econometrici panel con variabili strumentali basate su regolamentazione, concorrenza e geografia. Grazie all'analisi costi-benefici è dimostrato che i vantaggi incrementali della banda larga (ultra) veloce sono statisticamente significativi e maggiori di quelli della banda larga veloce, ma i maggiori effetti di crescita si hanno post adozione della banda larga di base. Non solo, viene anche evidenziato che solo un livello di copertura del territorio moderata, intorno al 50% della banda larga veloce o ultraveloce giustifichi i costi di implementazione. Al contrario una copertura completa (100% del territorio) comporterebbe delle perdite nette per la società. Sembra dunque che, almeno per il momento, i maggiori benefici economici vengano raggiunti tramite una combinazione di

banda larga di base, veloce e ultraveloce. Una spiegazione potrebbe essere che c'è molta eterogeneità nelle esigenze dei consumatori e delle imprese così come nei costi di implementazione. Ciò rafforza il principio della “neutralità tecnologica” (Commissione Europea 2009) secondo cui nessuna infrastruttura di rete dovrebbe essere favorita a priori, dovrebbero invece essere i mercati a identificare le tecnologie vincenti.

Alcuni autori, inoltre, non si sono concentrati solo sugli effetti dell'adozione della banda larga bensì sulle variazioni della velocità stessa al fine di accertare i guadagni marginali dei diversi collegamenti di velocità. Briglaue, Durr e Gugler nel 2020, studiando i dati panel di 401 contee della vicina Germania dal 2010 al 2015, hanno rilevato che un aumento della velocità media della larghezza di banda di un'unità (1 Mbit/s) induce un aumento del PIL regionale dello 0,18%. Questo effetto quasi raddoppia se si considerano anche le esternalità regionali (0,31%). Tenendo conto dei rendimenti decrescenti della velocità media della larghezza di banda, le stime individuano inoltre una copertura ottimale della larghezza di banda di 37,4 Mbit/s. Infine, lo studio risponde tramite un'analisi costi-benefici, alla cruciale questione dei guadagni di efficienza conseguenti alle sovvenzioni pubbliche. I programmi tedeschi per incoraggiare l'espansione della banda larga ad alta velocità e aumentare la velocità media della banda larga hanno generato benefici economici pro capite totali per €164, superando così i costi pro capite associati (€114).

Al contrario, Ford (2018) non ha trovato prove che le contee degli Stati Uniti con una velocità di banda larga di 25 Mbps nel 2013 abbiano avuto performance superiori rispetto a quelle con una velocità di soli 10 Mbps in termini di crescita media di posti di lavoro, reddito personale e reddito da lavoro (dal 2013 al 2015). L'analisi empirica rileva gravi bias di selezione in quanto i servizi a banda larga non sono distribuiti casualmente, ma vengono piuttosto utilizzati in aree in cui il rapporto tra domanda e costi è favorevole. Per ovviare a tale problematica Ford (2018) ha utilizzato una tecnica Coarsened Exact Matching (CEM) rendendo i dati confrontabili su popolazione, densità di popolazione, percentuale di adulti con un'istruzione universitaria, e dimensione della famiglia. In particolare, considera gli effetti della velocità incrementale, ma limita l'analisi a un singolo incremento di 15 Mbps (ovvero passando da 10 a 25 Mbps). Sebbene possa fare poca differenza passare da 10 Mbps a 25 Mbps, potrebbe invece fare una differenza significativa passare a 100 Mbps o velocità superiori, un punto di vista riflesso in

Mack (2014). Lo confermano i risultati di Lobo B., Alam M., Whitacre B. (2019) che mostrano come l'accesso a una maggiore velocità si traduca in una diminuzione di 0,2 - 0,3 punti percentuali della disoccupazione. Gli studiosi analizzano gli effetti incrementali della velocità della banda larga sui tassi di disoccupazione dello stato del Tennessee utilizzando dati panel delle 95 contee sulla percentuale di popolazione servita da diverse velocità di banda larga nel periodo 2011-2015. La variabile indipendente di interesse nello studio è la percentuale della popolazione con accesso a particolari velocità di banda larga (con qualsiasi tecnologia wireline o wireless fissa, escluso il satellite). Viene utilizzata la disponibilità della banda larga piuttosto che i dati sull'adozione della stessa per due motivi. Sebbene i dati sulla disponibilità abbiano dei limiti, come indicato da Ford (2011) e altri, Kolko (2012) sottolinea che i tassi di adozione possono essere influenzati dalla crescita economica più che dalla disponibilità, aggravando così il problema dell'endogeneità. Quest'ultimo viene alleviato nel modello tramite la strategia di ritardare le variabili esplicative di un periodo. Anche Bai (2016) ha condotto una prima analisi di regressione differenziata per indagare se l'aumento della velocità di banda aumenti l'occupazione. L'analisi mostra una relazione positiva tra disponibilità di banda larga e occupazione a livello di contea per otto Stati (USA) tra il 2011 e il 2014. Tuttavia, rispetto alla banda larga a velocità normale, una banda larga più veloce non ha generato maggiori effetti positivi sull'occupazione. Questo risultato suggerisce un ritorno decrescente della velocità di Internet sull'occupazione. Tuttavia, Whitacre et al. (2018) hanno riscontrato un errore econometrico nello studio, che ha annullato questo risultato. Hanno suggerito che fosse necessario più lavoro per perfezionare i modelli e le unità di analisi esistenti per scoprire la relazione tra velocità della banda larga e occupazione. Gli impatti di diversi livelli di velocità della banda larga sulla disoccupazione risultano alquanto contraddittori in letteratura. Fabling e Grimes (2016) in uno studio effettuato sui dati della Nuova Zelanda non trovano alcun effetto significativo della banda larga ultraveloce sull'occupazione in media, se non per le imprese che effettuano investimenti complementari in capitale organizzativo.

Al contrario, Hasbi (2017) mostra prove di una relazione positiva tra i comuni francesi con l'accesso a reti a 30 Mbps o superiori e la crescita di nuove aziende e imprenditorialità. Ha inoltre scoperto che tali reti "ad altissima velocità" hanno contribuito a ridurre il tasso di disoccupazione tra il 7% e il 9%.

In uno studio più recente il medesimo ricercatore non ha rilevato alcun impatto significativo della qualità della banda ultra-larga né sul reddito medio né sulla disoccupazione. L'analisi utilizza dati trasversali aggregati a livello micro che coprono circa 700 località in 9 anni, dal 2009 al 2017 in Svezia e suggeriscono effetti eterogenei tra le località a seconda sia del livello di istruzione della popolazione locale che delle dimensioni del comune. I risultati sottolineano una chiara distinzione tra località con un'alta e una bassa percentuale di laureati. La qualità della banda larga sembra avere un effetto negativo sia sul reddito medio che sul tasso di disoccupazione nelle località con abitanti altamente istruiti che si trovano in una piccola città di meno di 19.000 abitanti. Velocità della banda larga inferiori (inferiori a 30 Mbit/s) sono negativamente correlate con la riduzione della disoccupazione nelle località situate in una città di medie dimensioni. A parte i piccoli comuni, le stime non suggeriscono che la qualità della banda larga incida sul reddito della forza lavoro altamente qualificata.

Nel complesso, non viene riscontrata alcuna correlazione tra la qualità della banda larga e il reddito mediano nelle aree caratterizzate da un'elevata percentuale di lavoratori poco qualificati. Lo stesso vale per l'associazione tra qualità della banda larga e tasso di disoccupazione. Hasbi e Bohlin (2022) concludono che l'uso della banda larga ad alta velocità come strumento per ridurre la disoccupazione e migliorare il reddito annuo dei cittadini ha scarso significato economico. Ad influenzare il tasso di occupazione non sono solo le variabili relative alla dimensione del comune e al livello di istruzione della popolazione locale ma anche l'intensità del capitale informatico che genera un effetto negativo sulla forza lavoro necessaria alle imprese. Fabling e Grimes (2021) sostengono che l'occupazione a livello aziendale potrebbe diminuire con l'adozione della fibra se le UFB consentissero alle imprese di esternalizzare una quota maggiore del loro processo produttivo. Dunque, l'adozione della fibra porta le aziende ad aumentare la loro produttività multifattoriale riducendo al contempo la loro occupazione, specialmente nei settori non-computer-intensive.

Nonostante ciò, è stato dimostrato in letteratura che l'accesso alla banda larga ha consentito alle aziende, soprattutto nelle zone rurali, di mantenere il proprio numero di dipendenti. Oltretutto, l'uso della banda larga ad alta velocità come strumento per aumentare l'inclusione digitale e ridurre il digital divide si è dimostrato efficace in termini di creazione di nuove imprese e nel settore istituzionale, soprattutto nelle pubbliche amministrazioni e nel settore medico.

2.2 Gli effetti della banda ultra-larga sullo sviluppo locale e l'attività imprenditoriale

L'accessibilità alla banda ultra-larga ha un impatto anche sullo sviluppo locale che può essere valutato in base all'arrivo di nuove imprese nell'area, all'aumento dell'imprenditorialità e della produzione da parte delle imprese esistenti, nonché alle performance di particolari settori industriali come quello dei servizi o delle costruzioni. Secondo la letteratura, la banda larga può aumentare il numero di imprese facilitando la loro sopravvivenza e agevolando il loro ingresso in nuovi segmenti di mercato. Anche in questo caso, sono pochi gli studi che affrontano questo tema includendo informazioni sulle connessioni ad alta (o altissima) velocità. Gli studi esistenti mostrano evidenze di effetti eterogenei delle reti a banda larga ad altissima velocità sulla creazione di imprese a livello locale. In generale tali infrastrutture aumentano l'attrattiva dei comuni per i nuovi stabilimenti operanti nel settore del commercio, dei servizi e dei trasporti, che si affidano maggiormente alle TIC. Inoltre, i comuni con reti a banda larga ad altissima velocità forniscono un ambiente più favorevole all'imprenditorialità, poiché ha un effetto positivo sulla creazione di imprese individuali.

Hasbi (2020) per esempio, analizza fino a che punto la presenza locale di reti a banda larga ad altissima velocità abbia avuto un impatto causale sulla creazione di nuove imprese e ditte individuali. Le stime vengono eseguite utilizzando dati panel di micro-livello che coprono quasi 5000 comuni della Francia metropolitana, dal 2010 al 2015. Per mitigare il problema di endogeneità, messo in evidenza da McCoy et al. (2018), essendo più probabile che questa influisca sullo stock di società esistenti piuttosto che sul flusso di nuove società, gli autori limitano la loro analisi alle nuove imprese e controllano i livelli occupazionali preesistenti per ciascuna area e per ciascun periodo. Inoltre, poiché anche le variabili locali del mercato del lavoro possono soffrire di causalità inversa, vengono utilizzate variabili ritardate di 2 anni. Anche le variabili omesse possono essere una potenziale fonte di endogeneità. Ad esempio, gli operatori potrebbero avere maggiori incentivi a installare reti a banda larga ad altissima velocità in aree in cui possono beneficiare di un regime fiscale più favorevole o in cui vi è una maggiore domanda di servizi a banda larga più veloci. Per mitigare questo problema, vengono utilizzati effetti fissi variabili nel tempo e invarianti nel tempo. Lo studio evidenzia che i comuni in cui è stata implementata una rete a banda larga ad altissima velocità sembrano fornire un ambiente

favorevole per la creazione di società individuali. Tuttavia, nel settore delle costruzioni e nella fornitura di servizi alle famiglie, i benefici della presenza di una rete a banda larga ad altissima velocità sono visibili solo nelle aree con manodopera altamente qualificata. Come previsto dai decisori politici e dagli analisti economici, le reti a banda larga ad altissima velocità hanno in media un impatto positivo sulla creazione di stabilimenti che operano nel settore del commercio, dei servizi e dei trasporti, dove si trovano principalmente posti di lavoro indiretti che richiedono competenze ICT. Questo risultato, al contrario di quello precedente, vale indipendentemente dal livello di istruzione della popolazione.

Risultati contrastanti vengono evidenziati da Sarachuck K. e Mißler-Behr M. (2020) che hanno cercato di scoprire se la fornitura di banda larga ad alta velocità abbia avuto un effetto sui tassi di ingresso delle imprese nel Brandeburgo, in Germania. La fornitura di Internet ad alta velocità non sembra essere statisticamente significativa nei comuni sviluppati o adiacenti a Berlino. Al contrario, nelle aree periferiche hanno osservato un significativo ma sorprendente effetto negativo. Ciò può sembrare sbalorditivo data l'evidenza dell'effetto positivo della disponibilità della banda larga per le regioni "in ritardo" che è stato documentato finora. Conroy T. e Low S. (2021) per esempio, hanno trovato evidenze empiriche che suggeriscono come Internet a banda ultra-larga abbia il potenziale per migliorare l'imprenditorialità aumentando la nascita di piccole imprese nelle zone rurali.

A livello aziendale invece, si riscontra che un accesso migliore ai servizi di banda larga comporta un sostanziale aumento della produttività (Bertschek, Briglauer, Huèschelrath, Kauf e Niebel, 2016). Pochi studiosi, tuttavia, si sono concentrati sugli effetti specifici delle reti ad alta velocità. Cambini C. Grinza E. e Sabatino L. (2021) studiano l'impatto delle infrastrutture a banda larga ultraveloce (UFB) sulla produttività totale dei fattori (TFP) e sulla produttività del lavoro delle imprese. Gli studiosi utilizzano dati panel per il periodo 2013-2019 sulle imprese italiane, abbinando i dati aziendali alle informazioni a livello comunale sulla diffusione delle UFB, iniziata in Italia nel 2015. I risultati mostrano un impatto complessivamente positivo delle UFB sulla produttività. La produttività del lavoro si concentra su un input del processo produttivo (vale a dire, il lavoro), mentre la TFP fornisce un indicatore comunemente utilizzato per la performance produttiva complessiva di un'azienda. Per tenere conto dei problemi di endogeneità, causati dalla non casualità del processo di diffusione delle

UFB, viene utilizzato un approccio a variabili strumentali che sfrutta la variazione esogena della distanza tra ciascun comune e il suo "backbone node" nazionale più vicino.

I risultati suggeriscono un impatto complessivamente positivo delle UFB sulla produttività delle imprese pari al 2,9% per TFP e 3,8% per produttività del lavoro. Tuttavia, tale impatto nasconde sostanziali eterogeneità tra i settori industriali e le posizioni geografiche. Innanzitutto, solo le società di servizi ottengono significativi guadagni di produttività dalle connessioni UFB. Sulla stessa linea, solo le imprese del Nord-Ovest e del Sud Italia registrano significativi incrementi di produttività dai collegamenti UFB. Sebbene le infrastrutture FTTC siano ritenute driver significativi della produttività delle imprese, i risultati mostrano un ulteriore contributo positivo delle reti FTTH più avanzate. Infine, vengono fornite prove che la diffusione delle UFB è associata a cambiamenti sostanziali nella composizione della forza lavoro delle imprese. In particolare, il roll-out dell'UFB è correlato alla riduzione significativa della quota di lavoratori poco qualificati occupati nelle imprese, nonché a un aumento significativo del numero di dipendenti giovani. Questi risultati sono coerenti con l'esistenza di un sostanziale divario digitale generazionale basato sulle competenze per cui le imprese tendono a riconfigurare la propria forza lavoro a favore dei dipendenti maggiormente in grado di sfruttare i vantaggi offerti dalla rivoluzione digitale.

L'investimento in infrastrutture veloci può incidere su altre dimensioni economiche. Ahlfeldt, Koutroumpis e Valletti (2017) studiano gli effetti della banda larga sul mercato immobiliare utilizzando un set di dati dall'Inghilterra nel periodo 1995-2010. Il prezzo dell'immobile venduto viene stimato in funzione della velocità della banda larga di cui dispone, nonché di una serie di caratteristiche interne dell'immobile. Gli studiosi scoprono che l'aumento della velocità di connessione aumenta i prezzi degli immobili, ma a tariffe decrescenti. Infatti, disconnettere un immobile medio da una connessione a banda larga ad alta velocità di prima generazione ne deprezza il valore del 2,8%. Al contrario, l'aggiornamento a una connessione più veloce ne aumenta il valore di non più dell'1%.

Molnar et al. (2019) esaminano l'impatto della banda larga sul valore degli immobili dal 2011 al 2014. Scoprono che passando da velocità di 1 Mbit a velocità di almeno 25 Mbit la disponibilità a pagare degli americani aumenta di circa US \$ 5000, al contempo, diminuisce fortemente per incrementi ulteriori (disponibilità a pagare per 50 Mbit invece di 25 Mbit, circa

US\$ 350). Allo stesso modo, anche Conley e Whitacre (2020) utilizzano la US National Broadband map e studiano l'impatto di Internet a banda larga sul prezzo degli immobili di due regioni rurali americane in un arco temporale più lungo (2011–2017) senza tuttavia trovare sostanziali premi per la banda larga. Inoltre, sottolineano che la loro analisi non tiene conto della diffusione della banda ultra-larga che è diventata più rilevante solo dopo il periodo di tempo osservato. Questa mancanza viene colmata dal recente studio di Gordon J. Klein (2022) in cui l'autore cerca di identificare l'impatto del lancio di Internet a banda larga in fibra sul benessere dei consumatori con un focus sul prezzo degli immobili e sul vantaggio individuale per gli utenti. Analizzando i dati relativi all'implementazione della banda larga in fibra in una particolare contea rurale della Germania occidentale, Klein individua un impatto sostanziale (+ 3%) della presenza della fibra ottica sui valori delle case. Ciò significa che per ogni 100.000 euro di valore immobiliare di un appartamento affittato, si stima un aumento di valore di 3000 euro.

Infine, Grimes e Townsend (2018) studiano i vantaggi della fibra sul rendimento e sull'istruzione degli studenti neozelandesi. I dati utilizzati fanno riferimento al periodo 2012–2016 in cui è stata attuata nel Paese l'"Iniziativa per la banda larga ultra veloce", che ha reso disponibile la fibra nelle scuole e negli ospedali. La presenza della banda larga in fibra ha aumentato dell'1% il numero di studenti con risultati scolastici pari o superiori agli standard nazionali. I risultati mostrano inoltre che gli effetti positivi della fibra sono maggiori nelle scuole caratterizzate da una più alta percentuale di studenti provenienti da contesti socioeconomici inferiori.

2.3 Pandemia COVID-19: l'impatto della presenza della rete a banda larga e ultra-larga

L'epidemia di COVID-19 ha portato a rivedere le previsioni di crescita per l'economia globale. Ogni aspetto della nostra vita è stato colpito dall'epidemia sia dal punto di vista umano che sociale. Il Governo italiano, nel 2020 all'inizio e poi anche nel 2021, ha imposto una serie di lockdown locali o nazionali con l'obiettivo di ridurre i contagi e la pressione sul sistema sanitario ma con effetti disastrosi sull'economia del Paese; una regressione che la relazione annuale 2020 della Banca d'Italia ha definito la peggiore dai tempi della Seconda Guerra Mondiale. Il PIL ha registrato un calo impressionante in termini di volumi dell'8,9%⁷ rispetto al 2019, tornando ai valori di 20 anni fa registrati nel biennio 1997-1998, per un importo pari a €1.651.595 milioni di euro. Nel secondo trimestre del 2020 si è registrato un calo dell'occupazione senza eguali, pari a -456 mila⁸ posti di lavoro. È aumentato anche il numero di inattivi, cioè di coloro che non hanno un'occupazione e non la stanno cercando, per un valore pari a +567 mila (+4,3%)⁹, soprattutto tra persone con età compresa tra i 15 e i 64 anni.

Durante la pandemia globale, le tecnologie digitali sono diventate un fattore fondamentale per frenare la perdita economica. Il distanziamento sociale ha portato l'economia a fare affidamento sull'e-commerce e sul lavoro a distanza più che mai, come è stato riscontrato durante la pandemia di SARS (Katz, Jung e Callordo, 2020). Pertanto, dopo le cure mediche, l'infrastruttura più importante e critica durante la pandemia di COVID-19 sono state le telecomunicazioni.

Il DPCM 22 marzo 2020 (modificato dal DM 25 marzo 2020) ha imposto la sospensione di tutte le attività produttive, industriali e commerciali "non essenziali" ma al contempo ha incentivato all'uso dello smart-working. Nel secondo trimestre del 2020, ovvero i mesi in cui le misure per contenere i contagi sono state più stringenti, il 33%¹⁰ dei lavoratori assunti nella pubblica amministrazione ha svolto i propri compiti da casa almeno una volta a settimana, mentre nel settore privato non agricolo il numero di dipendenti ad usufruire del telelavoro è

⁷ Fonte: RAPPORTO ANNUALE 2021 ISTAT

⁸ ISTAT: NEL 2020 CALO OCCUPAZIONALE «SENZA PRECEDENTI», -456MILA CON IL COVID. Fonte: <https://www.ilsole24ore.com/art/istat-2020-calo-occupazione-senza-precedenti-456mila-il-covid-ADrQKiPB>

⁹ IL MERCATO DEL LAVORO, NOTA INTEGRATA IV TRIMESTRE 2020. Fonte: https://www.istat.it/it/files/2021/03/Mercato_lavoro_IV_trim_2020.pdf

¹⁰ Fonte; Rilevazione delle Forze di Lavoro (RFL) 2021

passato dal'1,5 per cento nel 2019 a oltre il 14 per cento nel secondo trimestre del 2020 (Depaolo e Giorgi, 2021). Anche il settore dell'e-commerce è cresciuto nel mese di marzo 2020 del 140% rispetto allo stesso periodo del 2019 come evidenzia il rapporto "E-commerce in Italia 2020".

Cloudflare, una *content delivery network*, riporta che complessivamente il traffico Internet è aumentato nel giorno medio di circa il 30%. Similarmente, anche un fornitore di servizi *cloud* e *content delivery network* ha effettuato un'analisi sul traffico dati e sulla velocità di download verso i suoi server, riscontrando un aumento del 109,3% e una conseguente diminuzione di velocità del 35,4% (Bergman e Iyengar, 2020). Il ricorso al telelavoro ha determinato il passaggio dall'accesso aziendale a quello residenziale. Il traffico non proviene più principalmente dai quartieri centrali degli affari, ma si sposta invece verso le aree residenziali. Allo stesso modo, in risposta al lockdown, una parte del traffico dati si è spostato dalle reti mobili a quelle fisse/Wi-Fi (ITU Telecommunication Development Bureau, 2021). Tuttavia, i Paesi che dispongono di un livello più elevato di infrastrutture a banda larga ultraveloce implementate (come quelli con una maggiore penetrazione della fibra ottica) hanno saputo gestire meglio l'aumento del traffico. Le correlazioni dimostrano che maggiore è la penetrazione della banda ultra-larga, minore è l'aumento della latenza e il calo della velocità di download rispetto ai livelli precedenti la pandemia (Katz, Jung e Callorda, 2020). In questo contesto, l'esistenza di ricerche che mettono alla prova il legame tra ecosistemi digitali altamente sviluppati e dotati di banda larga e ultra-larga e la preparazione dei Paesi di fronte alle pandemie è ancora limitata.

Interessante è lo studio di Zhang X. (2020) che utilizza i dati economici di marzo e aprile 2020 relativi alla Cina, Paese in cui il COVID-19 è comparso per la prima volta, per mostrare che la banda larga ha alleviato le perdite economiche derivanti dalla pandemia. L'autore effettua un'analisi di regressione per quattro periodi di tempo: marzo 2020, aprile 2020, marzo 2019 e aprile 2019, arrivando alla conclusione che il 10% dell'aumento del tasso di penetrazione della banda larga comporta un tasso di crescita dell'1,30% del PIL durante i primi quattro mesi del 2020. Confrontando i risultati negli stessi periodi del 2019, ne deriva che il contributo della banda larga alla crescita del PIL durante il periodo della pandemia di COVID-19 è maggiore di quello dello stesso periodo dell'anno precedente (Zhang X., 2021). Già nel 2003, il virus noto come SARS-CoV si è diffuso dalla Cina ad altri 26 Paesi, provocando circa 800 morti

(Wilder-Smith et al, 2020). Questi Paesi si sono adoperati per isolare la popolazione che aveva contratto o era stata esposta al virus e hanno stabilito misure di quarantena e distanziamento sociale. Sebbene queste fossero più limitate e meno rigorose di quelle attuali adottate per far fronte al COVID-19, il loro scopo era ridurre le interazioni faccia a faccia con i conseguenti effetti sociali ed economici. Katz, R., Jung, J. e Callorda, F. (2020) hanno evidenziato che i Paesi con le infrastrutture a banda larga più sviluppate sono stati in grado, almeno in parte, di compensare gli effetti negativi della pandemia. Gli autori si sono poi chiesti se i Paesi con uno sviluppo avanzato della digitalizzazione fossero meglio preparati ad affrontare lo sconvolgimento sociale ed economico implicito derivante dal COVID-19. Questo studio si basa su un modello di regressione multivariato di un panel di dati di 170 Paesi e utilizza una funzione di produzione combinata con la penetrazione della banda larga e una variabile fittizia per l'impatto del COVID-19. L'analisi econometrica indica che i Paesi con infrastrutture di connettività sviluppate hanno avuto la capacità di mitigare il 75% delle perdite economiche associate derivanti dalle misure adottate per controllarne la diffusione (quarantena, distanziamento sociale, interruzione del traffico aereo, uso di mascherine, ecc.) (Katz, Jung e Callorda, 2020).

Infine, uno studio condotto da Caterina Isley, Sarah A. Low (2022) esplora la relazione tra banda larga e tassi di occupazione nei mesi di aprile e maggio 2020 nelle contee rurali degli Stati Uniti. Le studiose utilizzano un approccio ai minimi quadrati a due stadi per affrontare il problema dell'endogeneità e del controllo di fattori socioeconomici e demografici correlati alla pandemia. I risultati mostrano che durante il culmine delle interruzioni legate alla pandemia la disponibilità della banda larga e l'adozione della banda larga cablata avevano entrambe relazioni causali statisticamente significative con il tasso di occupazione nelle contee rurali a bassa popolazione. In particolare, un aumento di un punto percentuale del tasso di disponibilità della banda larga avrebbe comportato un aumento di 0,37 punti percentuali del tasso di occupazione. Un aumento di un punto percentuale del tasso di adozione della banda larga cablata avrebbe portato a un aumento di 0,87 punti percentuali del tasso di occupazione. Nel documento le autrici discutono anche su quale indicatore della banda larga fosse più rilevante tra l'adozione e la disponibilità. Già Gallardo et al. (2021) avevano scoperto che le metriche incentrate sull'adozione erano più strettamente associate alla produttività, misurata come PIL per posto di lavoro. La disponibilità da sola non è sufficiente per aiutare le comunità a trarre

benefici economici dalla banda larga; sono quindi necessarie politiche orientate alla domanda, come i sussidi di abbonamento, affinché le comunità possano beneficiare dei vantaggi della banda ultra-larga.

Capitolo III

Il PIL Italiano

In questa sezione verranno prese in considerazione le variabili di interesse per l'analisi statistica del capitolo successivo, primo fra tutti il PIL in quanto indicatore di benessere economico di un Paese. I dati disponibili riguardanti le diverse fonti di reddito provengono dal Ministero dell'Economia e delle Finanze e rappresentano delle elaborazioni sulle dichiarazioni dei redditi IRPEF per comune per il biennio 2019 e 2020. Le variabili esogene invece, quali il tasso di occupazione e disoccupazione, il numero di laureati, la forza lavoro e così via, derivano dal censimento ISTAT 2011, anno antecedente l'installazione della UBB nei comuni italiani e ovviamente alla diffusione del virus COVID-19.

3.1 Composizione e calcolo

Il PIL (prodotto interno lordo), oppure GDP in inglese (Gross Domestic Product), rappresenta il valore finale dei beni e dei servizi prodotti in una specifica area geografica in un determinato periodo di tempo. Solitamente è riferito ad una nazione, ma è possibile misurare il PIL di una zona più piccola, come un comune, una provincia o una regione, allo stesso modo si può calcolare per un gruppo di Stati, come quelli facenti parte dell'UE (Burda et al. 2013).

Esistono tre metodi per calcolare il prodotto interno lordo che sono tra loro equivalenti.

Il PIL viene definito come la somma delle vendite finali ai consumatori, ovvero famiglie e imprese. In questo primo metodo di calcolo la formula utilizzata è la seguente:

$$Y(PIL) = C + I + G + (X - M)$$

dove C sono i consumi, I gli investimenti privati, G la spesa pubblica da parte dello Stato, X il totale delle esportazioni a cui va sottratto M, il totale delle importazioni, così da ottenere $(X - M)$, ovvero le esportazioni nette.

Il secondo metodo mette in evidenza come la vendita finale di un bene o servizio risulti da una successione di attività produttive che generano singolarmente valore aggiunto. Il PIL viene allora calcolato come la somma del valore aggiunto prodotto in un certo arco temporale in una specifica area geografica. Il valore aggiunto viene definito come la differenza tra il ricavo derivante dalla vendita del bene finale e il costo di acquisto delle materie prima e dei semilavorati necessari per produrlo (Burda et al. 2013).

Il terzo e ultimo criterio è quello utilizzato per il calcolo del PIL all'interno del nostro dataset e vede il prodotto interno lordo come la somma dei redditi derivanti dalle attività economiche di residenti e no, in una certa area e per un certo periodo di tempo. Nei dati a nostra disposizione il PIL per comune si ottiene dalla somma dei redditi da fabbricati, da lavoro autonomo, da lavoro dipendente, da partecipazione, il reddito di spettanza dell'imprenditore in contabilità ordinaria e il reddito di spettanza dell'imprenditore in contabilità semplificata.

Il PIL è l'indicatore sintetico da sempre usato sia per definire, misurare e valutare le politiche di un Paese, sia per indicarne il benessere. Permette inoltre un confronto tra diversi sistemi economici, sia a livello geografico che a livello temporale, aiutando i governi a valutare il proprio sviluppo economico in una prospettiva relativa. Tuttavia, sono molti gli studiosi a ritenere reddito nazionale e benessere collettivo non esattamente coincidenti, un aumento della produzione di beni e servizi, infatti, è indice di crescita economica ma non necessariamente di progresso e sviluppo. Il PIL, come indicatore statistico, non tiene conto dell'impovertimento delle risorse ambientali, della qualità della vita e della distribuzione della ricchezza (Mario Draghi, lezione magistrale alla Facoltà di Economia "G. Fuà").

Inoltre, il PIL in quantità assoluta è spesso fuorviante in quanto esistono piccole realtà che per loro natura possiedono un PIL basso ma allo stesso tempo godono di un elevato benessere economico. Per questo motivo è molto più frequente utilizzare il PIL pro capite per il quale molti studi dimostrano una forte correlazione positiva con le variabili fondamentali di benessere di una nazione, in particolare con l'indice di sviluppo umano, il livello di istruzione e l'aspettativa di vita.

La crescita del PIL pro-capite dipende dalla produttività totale dei fattori produttivi ovvero capitale, lavoro e progresso tecnologico. In Italia la crescita di questo indicatore si è notevolmente rallentata a partire dalla metà degli anni '70, seguito dal rallentamento nell'aumento della produttività del lavoro e dell'assorbimento delle innovazioni tecnologiche. Sia Mrabet (2016) che Giordano et al. (2017) indicano i motivi volti a dare una spiegazione alla forte riduzione nella crescita della produttività in Italia.

1. La bassa concorrenza nel settore dei servizi
2. La mancanza di investimenti nell'istruzione
3. Un'inefficiente allocazione dei capitali tra i settori dell'economia
4. Il basso livello di investimenti in ITC

Allo stesso tempo è ad oggi ragionevole ritenere che grazie alla presenza di linee ultra-broadband e alla copertura di servizi di telecomunicazione sia possibile aumentare la produttività del lavoro e la concorrenza e di conseguenza migliorare la crescita economica.

3.2 Analisi dei dati: il PIL pro-capite in Italia

La recessione pandemica ha comportato il declino della domanda aggregata, di fronte alle nuove notizie circa la diffusione del virus i consumatori hanno risposto cancellando prenotazioni di voli aerei, ristoranti viaggi e frequentando meno i negozi al dettaglio. Ciò ha comportato effetti disuguali sulle diverse categorie di lavoratori, alcuni dei quali hanno potuto facilmente passare allo smart-working mentre altri hanno subito gravi danni, sia a causa della mancanza di domanda sia a causa delle chiusure imposte dallo Stato. Ciò ha avuto inevitabilmente effetti negativi sul PIL.

Nell'analisi che segue il PIL pro-capite è stato calcolato come il rapporto tra il reddito imponibile e il numero di contribuenti per ogni comune italiano negli anni 2019 e 2020, con l'obiettivo di mettere in evidenza gli effetti economici della pandemia da COVID-19.

Innanzitutto, sono state individuate cinque fasce di PIL pro-capite e per ciascuna di esse è stata calcolata la percentuale di comuni che vi rientrano, sia per il 2019 *Figura 15* che per il 2020 *Figura 16*.

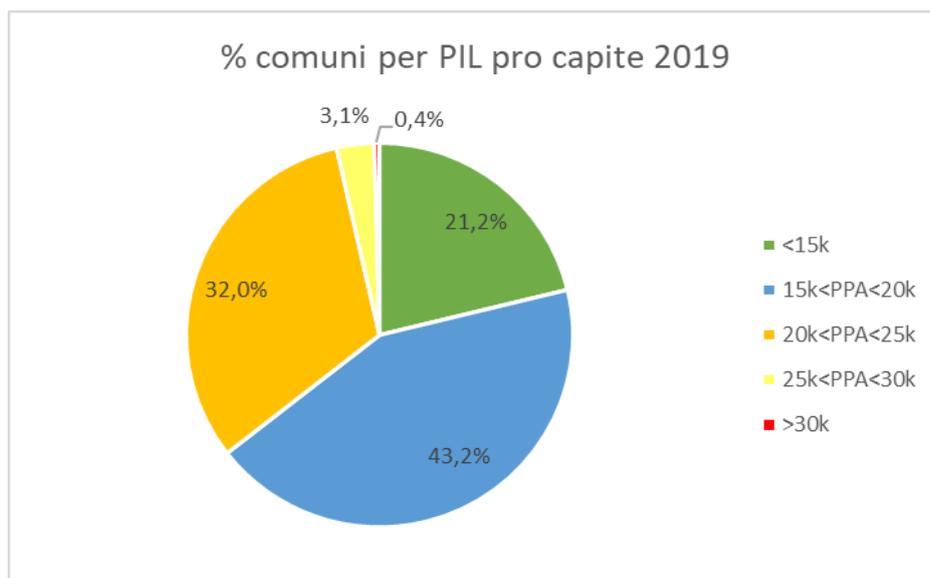


Figura 15: Elaborazione dati IRPEF 2019

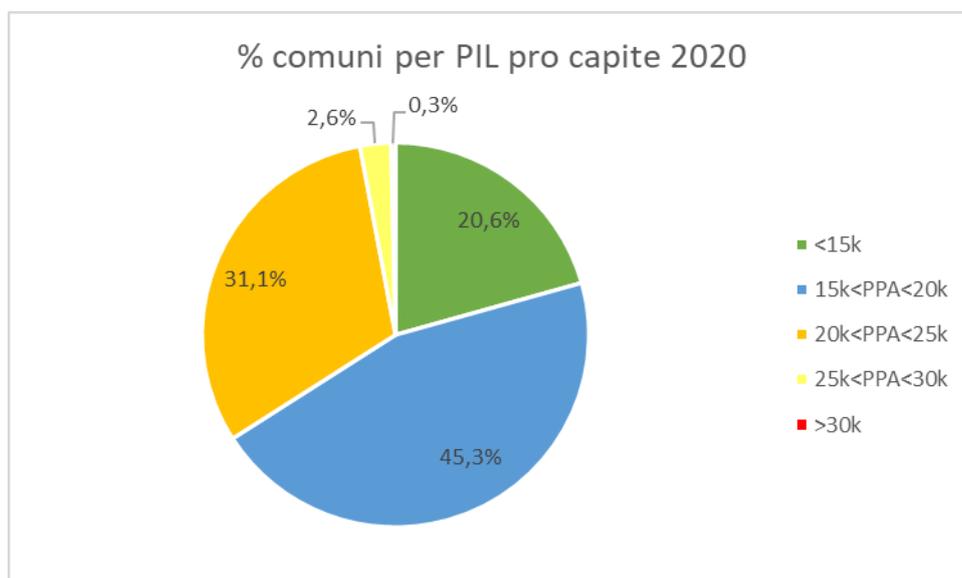


Figura 16: Elaborazione dati IRPEF 2020

È possibile notare come la maggior parte dei comuni possiede un PIL pro-capite compreso tra 15.000€ e 20.000€. Nel 2020 questa percentuale è aumentata rispetto all'anno precedente, essendo notevolmente diminuito il numero di comuni attribuibili a fasce di reddito superiori. Nel 2020, infatti, diminuisce di 0,5 punti percentuale il numero di comuni con un range

25.000€/30.000€. Rimangono invece pressoché invariate le fasce di reddito basso, inferiore ai 15.000€ e quella compresa tra 20.000€ e 25.000€. Ad evidenza di come l'impatto sia maggiore per alti livelli di reddito, il numero di comuni che sfondano i 35.000€ di PIL pro-capite nel 2019 è pari a 8, che si riduce invece a soli 4 comuni per il 2020, mentre quelli con PIL pro-capite inferiore ai 10.000€ sono 10 in entrambi gli anni considerati.

Il comune con il PIL pro-capite maggiore (48.485€ in media) è Basiglio, in provincia di Milano, che mantiene il primato nel biennio e subisce una leggera riduzione in seguito alla pandemia dello 0,1%. Al contrario, i comuni con il PIL pro-capite minore sono Cavargna (6.780€ in media) e Val Rezzo (8.068€ in media), entrambi in regione Lombardia e al secondo posto Gurro (7.565€ in media), in Piemonte. È interessante notare come queste tre località che detengono il triste primato nel biennio, si trovino, seppur in regioni diverse del Nord Italia, molto vicine al confine con la Svizzera. Ne segue che il basso livello di PIL pro-capite è legato al fatto che i cittadini di questi comuni lavorano per la maggior parte nel Paese estero e dunque non rientrano nel computo del PIL locale a livello produttivo seppur sono residenti nel comune. Quindi, il comune con il PIL pro-capite più basso d'Italia, senza considerare l'effetto delle zone a confine con altri Paesi, risulta Roseto Valfortore (FO), in Puglia, con un valore medio di 9.175€ e una riduzione dal 2019 al 2020 dell'1%.

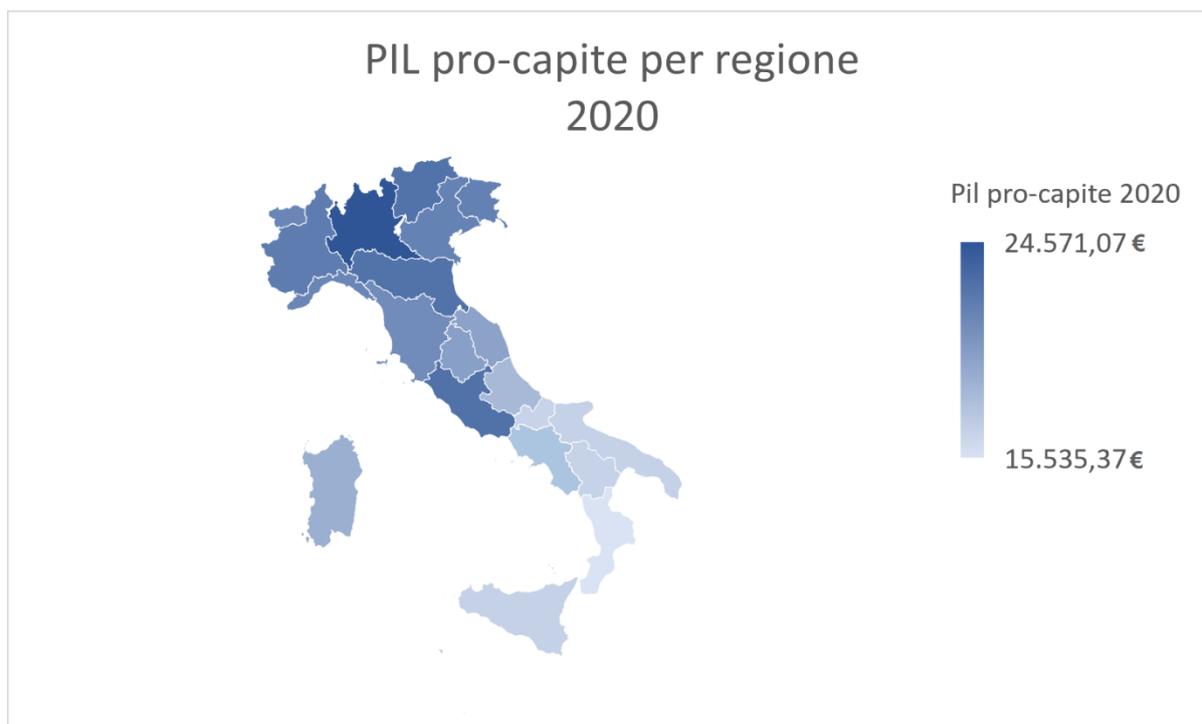


Figura 17: PIL pro-capite per regione 2020, Elaborazione dati IRPEF 2020

Il PIL pro-capite per regione è stato calcolato come la somma del reddito imponibile per ciascun comune di appartenenza diviso la frequenza da reddito imponibile. Come è possibile osservare dal grafico in *Figura 17* la regione con il PIL pro-capite più elevato è la Lombardia, che mantiene il primato sia nel 2019 che nel 2020, nonostante nell'anno della pandemia il PIL pro-capite abbia subito un decremento consistente dell'1,3%, ovvero quasi 315,00€ in meno a persona. A seguire le regioni con il PIL pro-capite più alto sono Lazio, Emilia-Romagna, Trentino-Alto-Adige e Piemonte, tutte con un valore superiore ai 22.000€.

Risulta interessante osservare come ci sia una lieve differenza di PIL pro-capite tra Nord e Centro Italia inferiore ai 1.500€ nel 2019, che si riduce ulteriormente nel 2020 a 500€ in quanto l'area maggiormente colpita dal punto di vista economico dalla pandemia è proprio il Settentrione. Nonostante la differenza tra le due aree del Paese, il Lazio (PIL pro-capite 22.824,90€) si distanzia nettamente dalle altre regioni del Centro, ponendosi in seconda posizione al di sopra di molte altre regioni del Nord.

Le regioni del Sud Italia e le isole Sicilia e Sardegna mostrano un reddito di molto inferiore alla media nazionale. La regione più povera è la Calabria con un PIL pro-capite che non raggiunge neppure i 15.500€. Secondo i dati ISTAT nel 2020 più di 5,6 milioni di persone e poco più di 2 milioni di famiglie si trovavano in condizione di povertà assoluta di cui il 9,4% erano localizzati nel Mezzogiorno, il 7,6% al Nord e il 5,4% al Centro Italia (ISTAT, 2020). Il nostro dataset mette dunque in evidenza la disparità economica tra le due aree del Paese.

Con il passare degli anni e a seguito delle crisi finanziarie, la distanza in termini di PIL per cittadino del Meridione si è ampliata. Nell'area il settore privato è notevolmente sottosviluppato e presenta una composizione sbilanciata verso attività produttive di scarso contenuto tecnologico e a minore valore aggiunto. Nelle regioni del Sud risultano più marcate le caratteristiche tipiche del sistema produttivo italiano, quali la presenza prevalente di imprese di piccole dimensioni e a conduzione familiare. Nel complesso queste mostrano evidenti fragilità e sono in media meno produttive, meno profittevoli e meno capitalizzate rispetto a quelle del Nord e del Centro. A causa della debolezza strutturale del settore privato, l'economia è diventata sempre più dipendente dal ruolo dello Stato nella produzione di servizi ai cittadini. Settori come la sanità, l'istruzione e i servizi delle pubbliche amministrazioni nel 2019 davano lavoro al 23% degli occupati nel Sud Italia e rappresentavano oltre il 24% del valore aggiunto al reddito nazionale di queste regioni. Le debolezze del sistema produttivo meridionale vengono messe in evidenza anche da una scarsa apertura verso i mercati internazionali con ridotte possibilità di innovare.

Dinanzi a questo scenario il 2020 è stato caratterizzato da eventi inaspettati e di portata eccezionale: una pandemia mondiale e la conseguente oscillazione del PIL.

PIL pro capite medio	2019	2020	Variazione
Nord	23.225€	22.186€	-4,5%
Centro	21.757€	21.613€	-0,7%
Sud	16.943€	16.971€	+0,2%

Figura 18: Elaborazione dati IRPEF 2019/2020

Nonostante nel 2020 il numero di famiglie in povertà assoluta si è confermata maggiore nel Mezzogiorno, è stata registrata una crescita più elevata al Nord, dove si passa dal 5,8% nel 2019 al 7,6% nel 2020 (ISTAT, 2020). Anche il PIL pro-capite, come si evince dalla *Figura 18*, subisce al Nord una contrazione considerevole, al contrario si assiste ad un incremento, seppur di soli 30€ in valore assoluto, nelle regioni del Sud.

Il Settentrione è difatti l'area del Paese che ha subito maggiormente gli effetti negativi della crisi economica conseguente la diffusione del virus. Come è possibile osservare dalla *Figura 19* le regioni sottoposte ad una maggiore variazione negativa del PIL sono localizzate al Nord. Nel dettaglio spiccano la Valle d'Aosta con -6%, seguita da Toscana e Liguria con -5,7%.

L'intera area del Settentrione ha subito una diminuzione percentuale del prodotto interno lordo del -4,4%, nessuna delle altre regioni (Trentino, Piemonte, Veneto, Lombardia, Friuli) presenta infatti una variazione che sia inferiore a 4 punti percentuali. Al contrario Sicilia (-2,7%), Abruzzo (-2,6%) e Puglia (-2,7%) appaiono come le regioni che meno, rispetto al resto d'Italia, hanno risentito economicamente del biennio pandemico. Del resto, la crisi sanitaria non ha coinvolto in egual modo le diverse zone.

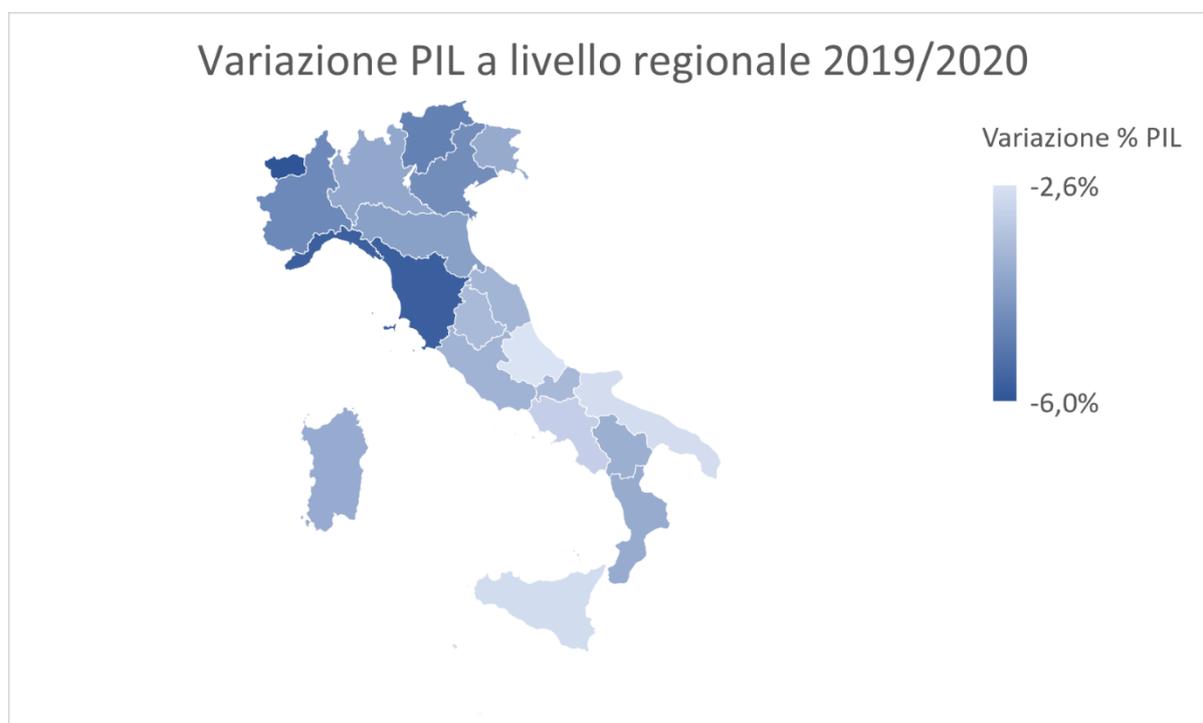


Figura 19: Variazione PIL a livello regionale 2019/2020, Elaborazione dati IRPEF 2019/2020

Tra la fine di febbraio e l'inizio dell'estate 2020 l'ampliarsi dei contagi e l'aumento della mortalità ha coinvolto le sole regioni del Nord, economicamente più integrate con il resto del mondo tramite gli scambi internazionali e di conseguenza più vulnerabili ad un possibile contatto con la Cina, da cui il virus proveniva. Con il passare del tempo il contagio si è esteso a tutta la penisola ma colpendo in misura relativamente maggiore sempre le regioni del Centro Nord. Per arginare l'aumento delle morti e del tasso di occupazione delle terapie intensive il governo è intervenuto con misure di chiusura (lockdown) estese a tutto il territorio nazionale, con conseguenze catastrofiche sull'attività produttiva del Paese. A seguito delle prime misure di contrasto introdotte tra marzo e maggio del 2020 l'attività economica ha subito un brusco rallentamento, seguito da un parziale recupero nel terzo trimestre con il progressivo allentamento delle restrizioni nel periodo estivo. Il PIL è poi tornato nuovamente a flettere nel quarto trimestre con l'istituzione di nuove misure di contenimento per far fronte all'ondata di contagi nei mesi autunnali (Accetturo, Albanese et al. 2022).

La crisi economica ha colpito in modo differente non solo le aree del Paese ma anche i settori economici. Nella prima fase il settore industriale ha subito una notevole riduzione degli scambi internazionali a cui si sono affiancate le difficoltà nel reperimento di materie prime e semilavorati nelle catene mondiali del valore a causa delle misure restrittive imposte anche negli altri Paesi. Dal secondo trimestre del 2020 la crisi si è invece fatta sentire maggiormente sul settore terziario e in particolar modo sui servizi che sono caratterizzati da contatti diretti con il cliente, come il turismo, i trasporti e il commercio (Accetturo, Albanese et al. 2022).

Il Sud del Paese presenta, rispetto alle altre regioni, una prevalente dipendenza dal punto di vista economico dai servizi di ristorazione e di alloggio legati al turismo, un notevole punto di debolezza considerando l'impossibilità di viaggiare imposta ai cittadini dalle misure contenitive del virus. Tuttavia, nei mesi estivi del 2020 il settore turistico ha subito una leggera ripresa grazie all'alleggerirsi delle restrizioni e al fatto che il turismo nelle Isole e nel Meridione ha origine in prevalenza nazionale.

Inoltre, il maggior peso del settore pubblico nel Meridione ha permesso di stabilizzarne l'economia nel periodo pandemico essendo i corrispondenti redditi da lavoro meno sensibili alle oscillazioni del ciclo economico (Accetturo, Albanese et al. 2022).

Le regioni che hanno subito la maggiore riduzione del PIL pro-capite medio sono la Toscana, la Lombardia e la Valle d'Aosta con valori percentuali rispettivamente del -1,4%, -1,3% e -1,2%. Al contrario quelle che hanno riscontrato, nonostante la situazione macroeconomica, un aumento, sono Calabria, Puglia, Sardegna, Umbria e Sicilia, qui elencate in ordine di variazione positiva.

3.3 Analisi dei dati: scomposizione del PIL nelle sue componenti

Il PIL per comune è stato calcolato come somma di diverse tipologie di reddito, in particolare reddito da fabbricati, reddito da lavoro dipendente, reddito da pensioni, reddito da lavoro autonomo, reddito di spettanza dell'imprenditore in contabilità ordinaria, reddito di spettanza dell'imprenditore in contabilità semplificata e infine reddito da partecipazioni.

Come è possibile osservare dai grafici in *Figura 20 e 21* il PIL italiano si compone per più dell'55% da reddito da lavoro dipendente ovvero dalla somma dei redditi che derivano da “... rapporti aventi per oggetto la prestazione di lavoro, con qualsiasi qualifica, alle dipendenze e sotto la direzione di altri, compreso il lavoro a domicilio quando è considerato lavoro dipendente secondo le norme della legislazione sul lavoro” (art. 49, D.P.R. 917/1986).

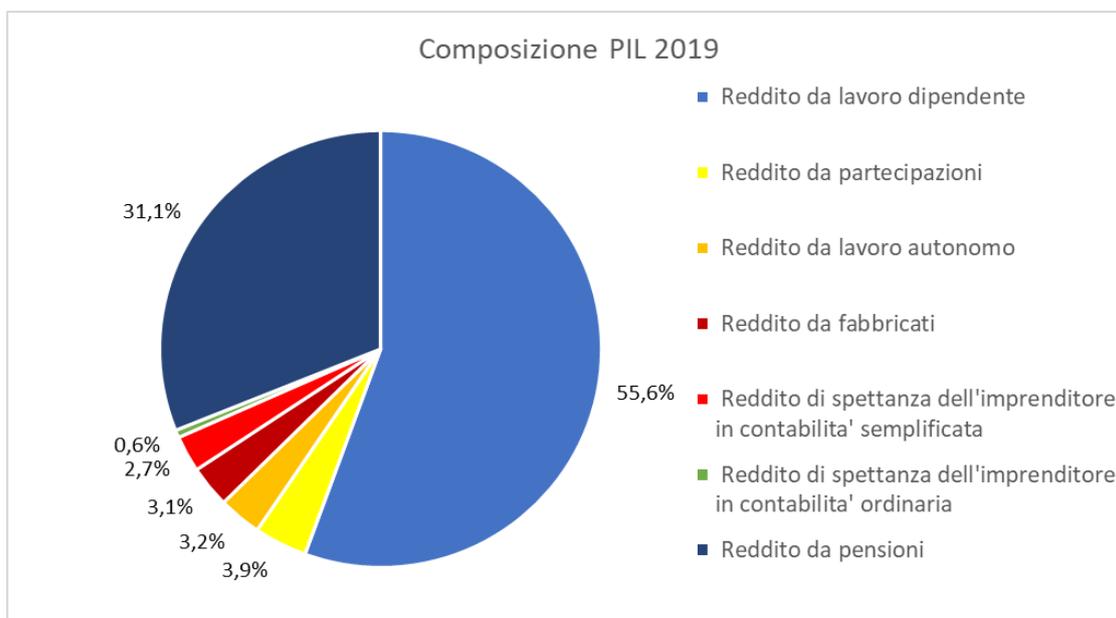


Figura 20: Composizione PIL 2019. Elaborazione dati IRPEF 2019

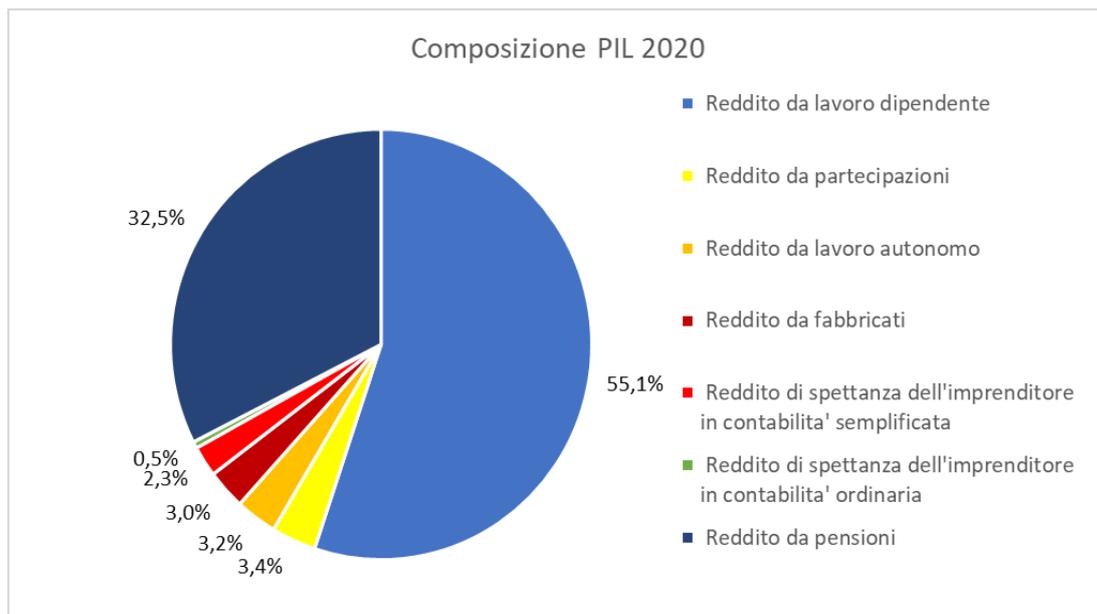


Figura 21: Composizione PIL 2020. Elaborazione dati IRPEF 2020

Secondo la Rilevazione sulle forze di lavoro, nei primi tre trimestri del 2020 c'è stata una riduzione nel numero di occupati di 470 mila unità (riduzione percentuale di -2,0% rispetto allo stesso periodo del 2019) (ISTAT, 2020). Il tasso di inattività è aumentato di 1,8 punti percentuali mentre si è assistito ad una diminuzione del tasso di occupazione di -1,0%.

Tali dati contengono informazioni non solo relative ai lavoratori dipendenti ma anche ai lavori autonomi, il cui reddito corrispondente è definito dall'articolo 53 del TUIR - il Testo unico delle imposte sui redditi di cui al d.p.r. 917/1986 come quello derivante *dall'esercizio di arti e professioni* ovvero *l'esercizio abituale*, anche se *non esclusivo*, di un'attività diversa da quelle di impresa o di lavoro dipendente. Il nostro dataset mette in evidenza una riduzione del reddito da lavoro autonomo pari all'1,1% e una riduzione del reddito da lavoro dipendente del 2,9%, conseguenza del calo dell'occupazione trainato dal lavoro a termine (-394 mila posti di lavoro) e dal lavoro autonomo (-162 mila posti di lavoro). La regione che maggiormente ha subito una riduzione del reddito da lavoro dipendente è la Liguria con -4,3 punti percentuali, al contrario la Puglia subisce la riduzione minore con -1,6 punti percentuali, grazie alla dipendenza della regione dall'occupazione statale. Per il lavoro autonomo il triste primato spetta alla Lombardia mentre le regioni che mostrano una minore riduzione sono le regioni del Sud Italia.

Una misura della capacità di resistenza di una regione davanti alla crisi che ha colpito il Paese nel corso del 2020 è il rapporto tra la variazione regionale annua del numero di occupati e dei

soggetti inattivi nel primo semestre 2020 e del 2019 e la variazione nazionale del numero di occupati e di soggetti inattivi nello stesso periodo.

L'indice di resilienza mostra, nella prima fase della crisi, effetti maggiori sull'occupazione nelle regioni del Nord-Ovest e del Sud come conseguenza della crisi sanitaria della prima ondata che ha colpito la Lombardia e il blocco subito dai settori del turismo e dei servizi privati che ha invece penalizzato le regioni del Sud (Di Caro, 2020).

Tra il 2019 al 2020 il reddito da pensioni ha assunto ulteriore importanza nel computo del PIL nazionale, passando dal rivestire il 31,1% nel 2019 all'32,5% nel 2020. Tale reddito comprende gli importi percepiti per la cessazione dell'attività lavorativa o altri motivi previsti dalla legge (es: pensione di invalidità, di reversibilità, sociale, contribuzione volontaria).

A differenza delle altre tipologie di reddito che rientrano nel computo del PIL nazionale, il reddito da pensioni ha subito nel 2020 un aumento complessivo del +2,4%, soprattutto nei territori del Meridione.

L'aumento delle pensioni è un fattore del tutto esogeno al contesto pandemico, è di fatti una conseguenza del decreto legislativo del 16 novembre 2020 che ha previsto un aumento del tasso di rivalutazione delle pensioni erogate dall'Inps a partire dal 1° gennaio 2020 per adeguarle all'inflazione.

Per questo motivo, nell'analisi econometrica del capitolo successivo la variabile di interesse non terrà conto del reddito da pensioni per i comuni italiani in quanto un valore non da contingenze del mercato del lavoro.

Una fonte di reddito la cui incidenza sul PIL totale è diminuita tra il 2019 e il 2020 è il reddito da fabbricati (*Figura 20 e 21*).

Per reddito da fabbricati si intende il reddito derivante dalla proprietà di unità immobiliari urbane nel territorio italiano che devono essere iscritte, con relativa attribuzione di rendita, nel catasto urbano. Questa tipologia reddituale è stata realizzata con il fine di tassare la proprietà dei fabbricati, indipendentemente dal fatto che questi generino o meno un reddito e dunque contribuiscono alla formazione della base imponibile IRPEF per il solo fatto di essere nelle disponibilità del contribuente. Rientrano nella definizione di "unità immobiliari" gli

appartamenti, le ville, i negozi, i box auto e altro. I cittadini devono dichiarare di possedere redditi da fabbricati se posseggono immobili a titolo di proprietà, usufrutto o altro diritto reale. Nonostante i governi abbiano economicamente assistito i proprietari di immobili durante i periodi di lockdown tramite un abbassamento della tassazione, sospendendo le procedure esecutive immobiliari in tribunale e con sussidi per la casa, nel corso del 2020 il reddito da fabbricati è notevolmente diminuito in tutto il territorio italiano, con maggiore incidenza nelle regioni del Centro (Figura 22).

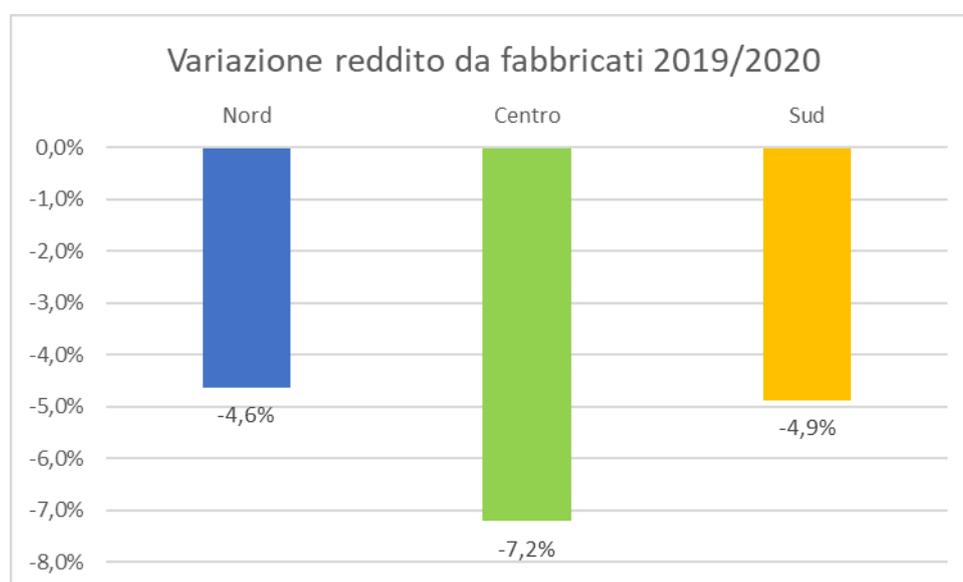


Figura 22: Variazione reddito da fabbricati per area. Elaborazione dati IRPEF 2019/20

Nel complesso la riduzione del reddito da fabbricati si aggira intorno al 5,3%, il Lazio spicca fra tutte le regioni per una riduzione dell'8%, superiore alla media del Centro seguita da Toscana (-7%) e Veneto (-6%). Secondo quanto indicato dal Rapporto sul mercato immobiliare 2020 di Nomisma, le previsioni per il 2020 prospettavano un numero di compravendite di 612mila, nella realtà la diffusione del COVID-19 ha notevolmente eroso la quota di mercato. Il mercato residenziale ha di fatto subito una flessione consistente nei primi sei mesi del 2020 con una variazione nelle attività di scambio contrattuale di immobili nel primo trimestre del -15,5%, a cui è seguita una diminuzione ancor più importante del -27,2% nel secondo trimestre. Le cause sono da ricercarsi nelle restrizioni imposte dal governo che hanno gravemente colpito il settore del turismo e quindi ridotto l'interesse dei cittadini a prenotare affitti di breve termine

per le case vacanza e i B&B. Non solo, sono molti anche i conduttori che hanno richiesto nei confronti della controparte contrattuale una riduzione del canone di locazione a causa dell'impossibilità di godimento del bene dovuta alle restrizioni governative.

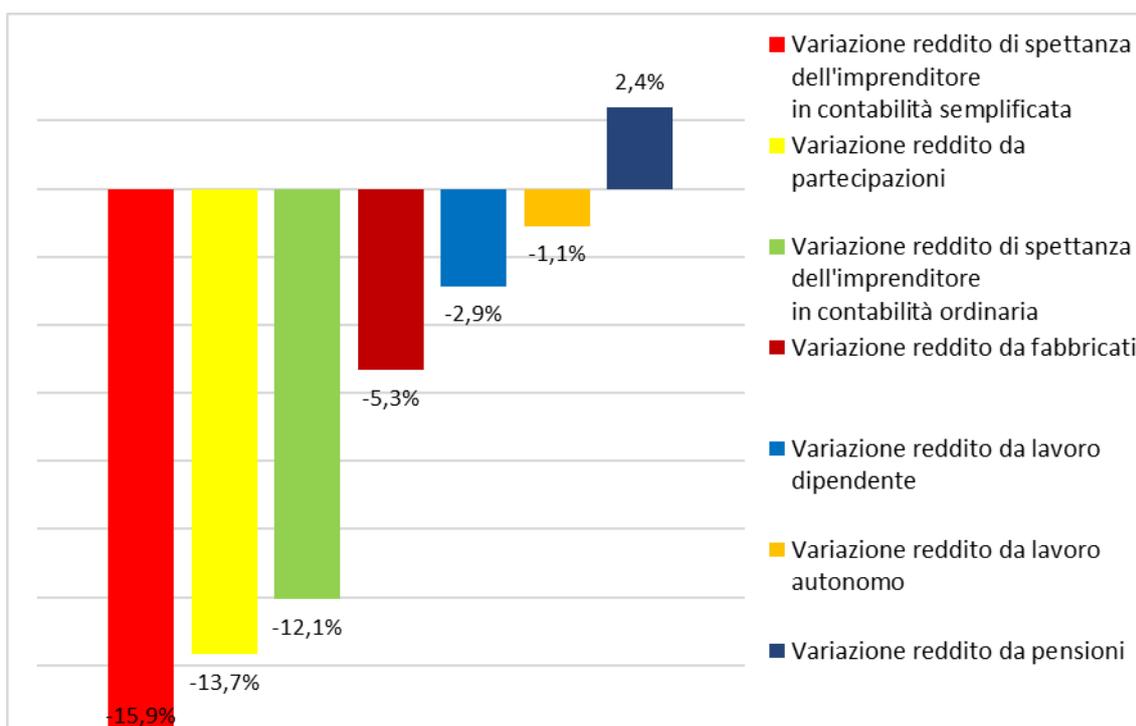


Figura 23: Variazione delle fonti di reddito nel biennio 2019/20. Elaborazione dati IRPEF 2019/20

Come è possibile osservare dal grafico in *Figura 23* ad aver maggiormente risentito delle conseguenze disastrose delle restrizioni sono le imprese, specialmente quelle di minori dimensioni. Il reddito di impresa è definito come il profitto economico derivante dall'esercizio di imprese commerciali, ovvero dall'esercizio professionale ed abituale delle attività indicate nell'art. 2195 del Codice civile (attività industriali di produzione di beni e servizi, attività di trasporto, attività assicurative e bancarie, attività sussidiarie nella circolazione dei beni, altre attività sussidiarie alle precedenti) e delle attività agricole indicate dall'art. 32, c.2, lett.b) e c) del TUIR.

Le modalità di determinazione del reddito di impresa variano a seconda che il soggetto sia sottoposto ad un regime di contabilità ordinaria o semplificata. Il secondo si applica ai contribuenti minori, ovvero le persone fisiche che esercitano imprese commerciali se i ricavi

dell'anno precedente sono inferiori a soglie prestabilite. Il regime ordinario invece si applica alle società di capitali o alle imprese che superano i suddetti limiti di fatturato annuo (Basilavecchia, 2020).

Questo è il motivo per cui nel dataset a disposizione, derivante dalle dichiarazioni dei redditi IRPEF, vengono chiaramente distinti i redditi di spettanza dell'imprenditore in contabilità ordinaria e i redditi di spettanza dell'imprenditore in contabilità semplificata.

Nel corso del 2020 l'ISTAT ha effettuato una serie di rilevazioni su un campione di circa 90 mila imprese che nel loro complesso generano l'89,8% del valore aggiunto nazionale. La maggior parte delle imprese considerate è situata nel Nord Italia, il 21,5% al Centro e il 25,9% nel Meridione. L'indagine ha rilevato che nella prima fase dell'emergenza sanitaria (tra il 9 marzo 2020 e il 4 maggio 2020) gli effetti delle chiusure delle attività economiche ha interessato soprattutto le imprese di minori dimensioni che in Italia rappresentano la principale quota del sistema produttivo nazionale. Il 45% delle società con 3 e più addetti ha interrotto nel suddetto periodo lo svolgimento delle proprie mansioni mettendo a dura prova la capacità di risposta del sistema economico. Le imprese occupate nel settore delle costruzioni e dei servizi hanno prolungato, più delle altre, il tempo di chiusura mentre l'unico ambito rimasto attivo è quello del commercio, soprattutto al dettaglio. Le regioni del Centro e del Mezzogiorno evidenziano un maggior numero di attività chiuse nel corso del lockdown con percentuali pari rispettivamente al 47,8% e del 48,7% (ISTAT, 2021). Quanto rilevato dall'ISTAT viene messo in evidenza anche dai nostri dati, in cui la maggiore riduzione di reddito da imprese in contabilità semplificata (e dunque di minori dimensioni) si riscontra al Centro e al Sud (*Figura 24*).

Nel Centro la Toscana (-18,9%) evidenzia la maggior riduzione di reddito da imprese, seguita dal Lazio (-17,5%) e dall'Umbria (-16,2%). A livello nazionale il triste primato spetta al Trentino-Alto Adige con una diminuzione del 19,5%.

La maggior parte delle imprese ha dichiarato un forte calo nel fatturato nel periodo di marzo-aprile 2020, mentre il 14,6% di non aver per nulla registrato alcun fatturato. In linea con i nostri dati, la provincia autonoma di Trento è risultata il territorio con il maggior numero di imprese che non ha fatturato o che ha subito un crollo maggiore del 50% (ISTAT, 2021).

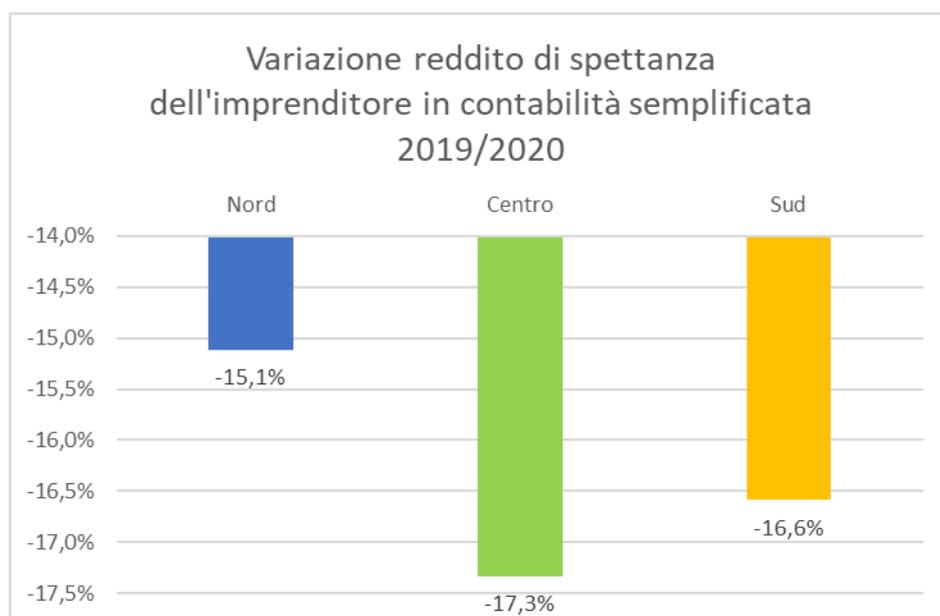


Figura 24: Variazione reddito spettanza imprenditore semplificata per area. Elaborazione dati IRPEF 2019/20

La riapertura del 4 maggio ha coinvolto in maniera eterogenea i diversi territori riguardando in misura prevalente le regioni del Nord-Ovest e del Nord-Est mentre nel Meridione i tassi di riapertura sono più bassi.

La dimensione dell'azienda ha influenzato ritardi nell'apertura quando il 4 maggio 2020 il governo ha dato avvio alla "Fase 2" e ammorbidito le restrizioni. A riprendere tempestivamente le proprie attività economiche sono state le imprese di medie (86%) e grandi dimensioni (86,8%). Spicca immediatamente all'occhio anche osservando la *Figura 23*, la riduzione di reddito da imprese in contabilità ordinaria è inferiore è quella delle imprese in contabilità semplificata, tale principio si applica alle sole imprese che registrano livelli di ricavi inferiori a soglie stabilite dalla legge. Ne segue dunque che le imprese di maggiori dimensioni hanno subito perdite inferiori nell'anno della pandemia da quelle più piccole e questo è particolarmente grave considerando che queste ultime, come si evince dal grafico in *Figura 21*, contribuiscono per una percentuale maggiore al prodotto interno lordo nazionale.

Al secondo posto per variazione negativa nel biennio della pandemia, si posiziona il reddito da partecipazioni con il quale si intende l'utile e somme di analoga natura distribuite da società e incassate dai soci. Nel corso del 2020 a causa dell'incertezza sulle prospettive economiche globali il mercato azionario ha subito un notevole aumento della volatilità e ampi cali. A

seconda delle aree e dei settori dell'economia, le conseguenze sono state diverse, influenzate dalle misure restrittive del governo e dal diffondersi del virus.

I dati Irpef mostrano un decremento del reddito da partecipazione del 13,7%, per un valore di 4,372 miliardi di euro. L'area che ne ha maggiormente risentito è il Centro Italia, tra cui spicca la Toscana con una riduzione percentuale del -17,4%. La regione che ha, più delle altre, subito una riduzione del reddito da partecipazioni è la Valle d'Aosta, seguita dal Trentino-Alto Adige, con una diminuzione delle entrate superiore al 20%. Completamente controcorrente sembra essere invece l'Abruzzo, in cui si registra un aumento del 2,6% di questa componente del PIL.

Capitolo IV

Analisi econometrica

All'interno di questo capitolo ci chiediamo se la presenza della banda ultra-larga nei comuni italiani abbia o meno attutito l'oscillazione negativa del PIL nel biennio 2019-2020. Per poter ottenere risposta al nostro quesito ci avvaliamo del modello econometrico OLS che ci permette di verificare l'esistenza di un effetto causale tra la variazione del PIL e la banda ultra-larga e, semmai, di determinarne l'entità.

L'analisi è stata condotta tramite un approccio incrementale, partendo da un modello molto semplice con un'equazione lineare ad un'unica variabile indipendente per poi includere in maniera progressiva effetti fissi sulla regione in cui il comune è locato e diversi controlli.

Inoltre, l'analisi prende prima in considerazione la variazione del PIL complessivo, per poi entrare maggiormente nel dettaglio e considerare come variabile dipendente la variazione delle singole componenti di reddito.

Le regressioni presenti nell'elaborato sono state realizzate tramite l'ausilio del software statistico STATA.

4.1 Il metodo OLS

Utilizziamo il modello dei minimi quadrati ordinari (Ordinary Least Square) per ottenere una stima dei parametri della retta di regressione che interpola i nostri dati.

Il modello di regressione lineare semplice utilizza la pendenza della retta di regressione per stimare l'effetto di una variazione unitaria della variabile indipendente X sulla variabile dipendente Y:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i,$$

$i = 1, \dots, n$ è l' i -esima osservazione delle variabili X e Y. β_0 e β_1 sono, rispettivamente, l'intercetta della retta di regressione e il suo coefficiente angolare e sono i parametri che il metodo OLS ci permette di stimare. Infine, u_i rappresenta il termine di errore (o residuo) di regressione, è una variabile casuale che contiene tutti i fattori omessi, ovvero tutti gli elementi che contribuiscono a spiegare la variabilità della Y ma che non sono contenuti nel modello.

Il metodo dei minimi quadrati ordinari ci permette di stimare i parametri β_0 e β_1 individuando la coppia $(b_0$ e $b_1)$ che minimizza la somma dei quadrati delle differenze tra i valori reali, effettivamente osservati, della variabile dipendente Y_i e i valori stimati tramite la retta di regressione $(b_0 + b_1 X_i)$:

$$\min \sum_{i=1}^n u_i^2 = \min \sum_{i=1}^n [Y_i - (b_0 + b_1 X_i)]^2$$

Risolvendo tale problema di minimizzazione tramite il calcolo differenziale si ottiene che gli stimatori OLS della retta di regressione si calcolano come segue:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} = \frac{s_{xy}}{s_x^2}$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X}$$

I valori predetti \hat{Y}_i e i residui u_i sono:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{X}$$

$$u_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

Gli stimatori OLS $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ ci permettono di stimare i parametri veri ma sconosciuti della popolazione. Affinché tali stimatori siano corretti è necessario rispettare le seguenti assunzioni:

1. La distribuzione dello scarto u condizionato a X ha media nulla, ovvero per qualsiasi valore di X il valore atteso dell'errore di regressione è pari a zero $E(u|X = x) = 0$. Dato che u tiene conto dei fattori omessi nel modello, rispettare la prima assunzione dei minimi quadrati significa che la variabile X non è correlata ai fattori omessi.
2. Le osservazioni che compongono il dataset oggetto di analisi devono essere indipendenti e identicamente distribuite (i.i.d)
3. Gli outlier in X e/o Y sono rari

Se le tre assunzioni dei minimi quadrati sono valide allora $\hat{\beta}_1$ è uno stimatore non distorto, ovvero $E(\hat{\beta}_1) = \beta_1$ (il valore atteso dello stimatore del parametro β_1 è pari al parametro stesso), e segue una distribuzione campionaria normale per campioni di grandi dimensioni.

Per determinare la presenza o meno di un effetto causale tra la X e la Y bisogna risolvere una serie di test di ipotesi sul valore assunto dagli stimatori.

Si stabilisce a priori un livello α di significatività e si sottopone la variabile X di interesse a un test d'ipotesi che il parametro β assuma un valore diverso da zero:

$$\begin{cases} H_0: \beta = 0 \\ H_1: \beta \neq 0 \end{cases}$$

Nel caso in cui non sia possibile rifiutare l'ipotesi nulla con un livello di significatività pari a α , si esclude l'esistenza di un effetto causale tra la variabile dipendente e la variabile indipendente.

Per decidere se rifiutare o meno H_0 si può procedere in tre modi diversi: costruendo la statistica-t del test, calcolando il p-value oppure valutando gli intervalli di confidenza.

La statistica- t è definita in generale come:

$$t = \frac{\text{stimatore} - \text{valore ipotizzato}}{\text{errore standard dello stimatore}}$$

Nel metodo OLS per poter verificare β_1 :

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

dove $SE(\hat{\beta}_1)$ è la radice quadrata di uno stimatore della varianza di $\hat{\beta}_1$ e $\beta_{1,0}$ nel nostro caso è pari a 0.

A questo punto si confronta la t così ottenuta con il valore della distribuzione t di Student con n-1 gradi di libertà per un livello di significatività α e se $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$ si può rifiutare l'ipotesi nulla (esiste dunque un effetto causale tra la X e la Y).

Allo stesso modo, il software statistico utilizzato ci permette di ottenere in maniera immediata il valore di p-value, ovvero la probabilità di estrarre una statistica che porti a rifiutare erroneamente l'ipotesi nulla quando in realtà questa è vera. Per tanto si rifiuta H_0 se il p-value è inferiore al livello di significatività scelto a priori per il modello. Nell'analisi effettuata sono stati scelti tre livelli di α pari all'1%, 5% e 10%.

Infine, è possibile costruire un intervallo di confidenza al 95%, ovvero quell'intervallo di valori che nel 95% dei casi contiene il valore reale del parametro β stimato. Per poter rifiutare l'ipotesi nulla con un livello di significatività del 5% il valore 0 non deve essere compreso in questo intervallo.

$$\{\hat{\beta} \pm 1,96 \times SE(\hat{\beta})\}$$

Tutte le regressioni presentate nell'elaborato presentano errori standard robusti all'eteroschedasticità, infatti, a seconda di come gli errori si distribuiscono, possiamo trovarci in situazione di:

- Omoschedasticità se $\text{var}(u | X = x)$ è costante, ovvero la dispersione degli errori u non dipende da X.
- Eteroschedasticità in caso contrario

Se valgono le tre assunzioni dei minimi quadrati e gli errori sono omoschedastici, lo stimatore $\hat{\beta}_1$ non solo è uno stimatore corretto, ma è anche il più efficiente (minore dispersione tra tutti gli stimatori lineari del parametro β_1).

Ipotizzare che gli errori siano omoschedastici e quindi utilizzare la formula dell'omoschedasticità pura potrebbe condurci in errore. Infatti, nel caso in cui gli errori non siano omoschedastici, tale formula darebbe come risultato degli standard error troppo piccoli e dunque una statistica-t troppo grande che potrebbe portare a rifiutare l'ipotesi nulla quando in realtà è vera. Questo è il motivo per cui si è scelto nelle regressioni che seguono di utilizzare la formula per gli errori standard robusti all'eteroschedasticità che è corretta sia quando gli errori sono omoschedastici, che quando non lo sono.

Per poter valutare la bontà di adattamento della retta di regressione stimata ai dati a disposizione si utilizza il valore di R^2 , che misura la frazione della varianza di Y spiegata tramite la X. Tanto più questo valore è vicino all'unità tanto maggiore è la capacità del modello di spiegare il comportamento di Y.

$$R^2 = \frac{ESS}{TSS} = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{\text{varianza spiegata}}{\text{varianza osservata}}$$

Lo scopo della nostra analisi è ottenere delle stime che siano il più possibile veritiere, è dunque necessario cercare di individuare tutti quei fattori compresi nell'errore u che fanno sì che lo stimatore OLS che stiamo utilizzando sia distorto e porvi rimedio. La distorsione dello stimatore è legata alla presenza di variabili omesse che sono determinanti di Y e correlate con la variabile di interesse X (di cui vogliamo stimare l'effetto causale). Ovviando a tale problematica inserendo nel modello una serie di variabili di controllo che siano efficaci, cioè una volta inserite nella regressione rendono l'errore non più correlato alla variabile X.

Dato che i dati a nostra disposizione fanno riferimento ai redditi dei comuni italiani per il biennio 2019/2020, per rendere maggiormente affidabili le stime del nostro modello sono stati inseriti effetti fissi spaziali relativi alle regioni. Per tenere conto delle peculiarità di ciascuna area del Paese e dei diversi gradi di implementazione delle tecnologie UBB è necessario filtrare questi effetti differenziati a livello geografico. A tale scopo è introdotto un effetto fisso di

regione, che cambia tra regioni ma non nel tempo, con una variabile binaria che assume valore 1 per la regione *i-esima* e valore 0 per le altre, omettendo una sola regione per evitare la collinearità perfetta. L'idea alla base di questo modello è che la variabile omessa (*Z* non osservata) di cui si vuole eliminare la distorsione è costante per un gruppo di osservazioni (le regioni), il che significa che ciascun gruppo possiede la propria intercetta.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 Z_i + u_i$$

con $i = 1, \dots, n$ e identifica la regione.

Regressione per il Piemonte ($i = \text{PIE}$)

$$Y_{\text{PIE}} = \beta_0 + \beta_1 X_{\text{PIE}} + \beta_2 Z_{\text{PIE}} + u_{\text{PIE}} = (\beta_0 + \beta_2 Z_{\text{PIE}}) + \beta_1 X_{\text{PIE}} + u_{\text{PIE}}$$

$$Y_{\text{PIE}} = \alpha_{\text{PIE}} + \beta_1 X_{\text{PIE}} + u_{\text{PIE}}$$

α_{PIE} è l'intercetta specifica per il Piemonte, mentre β_1 è la pendenza che è la stessa per tutte le regioni, siamo davanti dunque a delle rette parallele i cui spostamenti di intercetta possono essere riprodotti tramite dei regressori binari.

$$Y_i = \beta_0 + \gamma_{\text{PIE}} \text{DPIE}_i + \gamma_{\text{LO}} \text{DLO}_i + \gamma_{\text{LIG}} \text{DLIG}_i + \dots + \beta_1 X_i + u_i$$

Dove $\text{DPIE}_i = 1$ se la regione è il Piemonte, = 0 altrimenti e così via.

Il modello riscritto nella forma degli effetti fissi diventa:

$$Y_i = \beta_1 X_i + \alpha_i + u_i$$

Dove α_i è l'effetto fisso spaziale di trovarsi nella regione i .

4.2 Il dataset

Il dataset a nostra disposizione contiene dati riguardanti 7485 comuni italiani. Per ciascuno di questi abbiamo informazioni provenienti da 4 fonti diverse:

- Copertura di rete con specificazione della tipologia di tecnologia che permette il collegamento degli utenti. I dati sono stati forniti da Telecom Italia e si riferiscono all'anno 2019.
- Statistiche demografiche e relative al mondo del lavoro, come la popolazione per comune o il tasso di occupazione. Queste informazioni provengono dal censimento ISTAT della popolazione e delle abitazioni italiane realizzato nel 2011.
- I redditi realizzati dai contribuenti negli anni 2019-2020 e dichiarati nella dichiarazione dei redditi IRPEF al Ministero dell'Economia e delle Finanze. In particolare, le fonti di reddito sono: reddito da lavoro dipendente, reddito da lavoro indipendente, reddito da fabbricati, reddito da pensioni, il reddito di spettanza dell'imprenditore in contabilità ordinaria e il reddito di spettanza dell'imprenditore in contabilità semplificata.
- Il numero di cittadini che hanno contratto il COVID-19 nell'anno 2020, distinti per provincia, ottenuti tramite l'Osservatorio nazionale sulla salute nelle regioni italiane.

Nel modello che segue la variabile di interesse di cui si vuole studiare l'effetto causale è la presenza della banda ultra-larga all'interno del comune, una variabile dummy che assume valore 1 in caso in cui la tecnologia è installata e 0 altrimenti e che negli output è stata indicata come UBB. La variabile dipendente è la variazione percentuale del PIL complessivo per comune, calcolata come $delta_{gdp} = \frac{PIL_{2020} - PIL_{2019}}{PIL_{2019}}$. Il prodotto interno lordo realizzato da ciascun comune, sia per l'anno 2019 che per il 2020, è stato calcolato come somma delle diverse componenti di reddito sopra citate, tutte, fatta eccezione per il reddito da pensioni che è stato escluso dal computo in quanto considerato un valore non da contingenze del mercato del lavoro e il cui aumento nell'anno 2020 (Vedi Capitolo 3, paragrafo 3.3) è del tutto scollegato alla presenza della UBB ed esogeno al contesto pandemico.

4.3 Il modello

4.3.1 Variazione del PIL complessivo

Il nostro studio si configura come un'analisi di dati cross-section in quanto le osservazioni a nostra disposizione riguardano la variazione del PIL (calcolato come somma dei redditi lordi per ogni comune) in un unico periodo, il biennio 2019/2020.

In prima battuta è stata effettuata una regressione lineare:

$$\text{delta_gdp}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{UBB}_i + u_i$$

VARIABLES	(1) delta_gdp
UBB	0.00539*** (0.00117)
Constant	-0.0463*** (0.000980)
Observations	7,485
R-squared	0.003

Robust standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 1: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)

Come è possibile osservare dall' *Output 1* il parametro β_1 risulta significativo all'1%, il che significa che è possibile rifiutare l'ipotesi nulla che β_1 sia nullo. Il modello e la regressione ci suggeriscono un forte effetto causale positivo tra la presenza della banda ultra-larga e la variazione del PIL. Tuttavia, il modello così strutturato è molto impreciso e incompleto e sicuramente afflitto da distorsione da variabile omessa.

Un primo passo per migliorarlo consiste nell'includere gli effetti fissi regionali descritti nel paragrafo precedente:

VARIABLES	(1) delta_gdp
UBB	0.00270** (0.00124)
Constant	-0.0399*** (0.00372)
Observations	7,485
R-squared	0.035
Effetti fissi di regione	SI

Robust standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 2: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) con effetti fissi spaziali

Includendo tali effetti fissi regionali il coefficiente della variabile UBB resta significativo, il modello risulta migliorato ed è possibile affermarlo guardando il coefficiente R-squared che è notevolmente aumentato rispetto alla *Output 1* di un ordine di grandezza. L'effetto causale della presenza della banda ultra-larga nel comune va così interpretato: l'introduzione della tecnologia UBB (variabile dummy UBB che passa da valore 0 a valore 1) nel biennio 2019/2020 ha generato una variazione positiva del PIL dello 0,27%.

Da questo momento in poi tutti gli Output presentati includeranno gli effetti fissi sulle regioni di appartenenza dei comuni.

Per avere una stima più precisa è necessario introdurre delle variabili di controllo che permettano di risolvere il problema della distorsione dello stimatore OLS generato da variabili omesse, ovvero variabili che sono correlate con la UBB e sono delle determinanti della variazione del PIL comunale. Aggiungendo al modello dei controlli la regressione è definita una regressione multipla con la seguente formulazione:

$$\text{delta_gdp}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{UBB}_i + \delta X_i + \gamma D_i + u_i$$

Nel modello è stato aggiunto il vettore X_i delle variabili di controllo con l'obiettivo di rendere lo stimatore OLS di β_1 meno distorto.

Il vettore X_i è così composto:

1. Percentuale di laureati nel comune i ;
2. Logaritmo del salario medio percepito dai contribuenti nel comune i ;
3. Grado di urbanizzazione del comune i ;
4. Tasso di disoccupazione del comune i ;

D_i sono le variabili dummy relative alla regione di appartenenza del comune i -esimo.

Il modello risultante, comprensivo sia degli effetti fissi regionali che di tutte le variabili di controllo è il seguente:

$$\begin{aligned} \text{delta_gdp}_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{UBB}_i + \beta_2 \% \text{laureati}_i + \beta_3 \log_ \text{wage}_i + \beta_4 \text{deg_urb}_i \\ & + \beta_5 \text{tasso_disoccupazione}_i + \gamma D_i + u_i \end{aligned}$$

Le assunzioni del metodo dei minimi quadrati ordinari per la regressione multipla sono le stesse di quella con un singolo regressione ma si aggiunge la condizione dell'assenza di collinearità perfetta che si verifica quando uno dei regressori è una funzione lineare perfetta degli altri.

VARIABLES	(1) delta_gdp	(2) delta_gdp
UBB	0.00270** (0.00124)	0.00196 (0.00132)
%laureati		0.0528** (0.0238)
Constant	-0.0399*** (0.00372)	-0.0437*** (0.00423)
Observations	7,485	7,485
R-squared	0.035	0.036
Effetti fissi di regione	SI	SI

Robust standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 3: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)

La prima variabile di controllo inserita, con l'obiettivo di controllare l'effetto generato da variabili omesse, è la percentuale di laureati presenti all'interno del comune considerato. Tale controllo è sicuramente correlato con la variabile dipendente, in quanto diversi studi hanno dimostrato come possedere un diploma di laurea permetta ai giovani di ottenere più facilmente un'occupazione, dato che 8 persone laureate su 10 di età compresa tra i 30 e i 34 anni hanno un impiego (Maestriperi L., Ranci C., 2022). Non solo, in genere i laureati possiedono una retribuzione media maggiormente elevata rispetto ai soli diplomati (Chiesi M., Girotti C., 2016) da cui si deduce che i comuni con un maggior numero di laureati generino annualmente un reddito lordo più elevato. Inoltre, sono i laureati del gruppo scientifico, specializzati in tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) che possono al meglio sfruttare le opportunità offerte dalla UBB, specie in un periodo di forte crisi del lavoro e di ricorso allo smart-working, come il biennio analizzato dal nostro studio. Nel 2020 i laureati in area Stem¹¹ hanno rappresentato il 27% della totalità delle lauree rilasciate in Italia secondo quanto indicato dal Ministero dell'Università e della Ricerca.

Dalla regressione mostrata nell'*Output 3 Colonna 2* è possibile osservare come l'inserimento di questo controllo abbia impattato il coefficiente β_1 relativo alla variabile dummy UBB rendendolo non più significativo. Non è infatti possibile rifiutare l'ipotesi nulla che l'impatto della presenza della UBB sulla variazione del PIL nel 2019/2020 sia nullo. Al contrario, il coefficiente relativo alla percentuale di laureati risulta significativo con un livello di significatività del 5%, in particolare, una variazione dell'1% della percentuale di laureati nel comune ha generato una variazione positiva del PIL per comune del 5,3%, tenendo costante le altre variabili del modello.

¹¹ Science, Technology, Engineering e Mathematics

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	delta_gdp	delta_gdp	delta_gdp	delta_gdp
UBB	0.00270** (0.00124)	0.00196 (0.00132)	0.00170 (0.00125)	0.00111 (0.00130)
%laureati		0.0528** (0.0238)		0.0449* (0.0240)
log_wage			0.00605** (0.00271)	0.00582** (0.00274)
Constant	-0.0399*** (0.00372)	-0.0437*** (0.00423)	-0.0973*** (0.0258)	-0.0983*** (0.0256)
Observations	7,485	7,485	7,455	7,455
R-squared	0.035	0.036	0.037	0.038
Effetti fissi di regione	SI	SI	SI	SI

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 4: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)

Si è deciso di inserire come ulteriore variabile di controllo il logaritmo del salario medio percepito dagli occupati del comune. Tale variabile di controllo risulta significativa sia se inserita nella regressione insieme alla percentuale di laureati, sia singolarmente e in entrambi i casi con un livello di significatività del 5%. Si potrebbe in questo caso pensare di incorrere nel problema della collinearità imperfetta, in quanto il logaritmo del salario e la percentuale di laureati sono due regressori potenzialmente correlati. Di seguito viene presentata la matrice di correlazione tra le due variabili di controllo con indice di correlazione di Pearson da cui si evince che le due variabili in realtà sono debolmente correlate (*Output 5*). Ci sono molti altri fattori che influenzano lo stipendio dei laureati come la durata degli studi, la votazione finale, il percorso formativo con esperienze di lavoro all'estero (Chiesi M., Girotti C., 2016.) e che fanno sì che all'interno della *Colonna 5* dell'*Output 4* entrambe le variabili siano significative e quindi il salario cambia tenendo costante la percentuale di laureati.

	log_wage	%laureati
log_wage	1.0000	
%laureati	0.0519* 0.0000	1.0000

Output 5: Matrice di correlazione logaritmo del salario e percentuale di laureati

Anche in questo caso l'aggiunta delle variabili di controllo rende non significativo il coefficiente della variabile dummy UBB.

VARIABLES	(1) delta_gdp	(2) delta_gdp	(3) delta_gdp	(4) delta_gdp
UBB	0.00270** (0.00124)	0.00196 (0.00132)	0.00111 (0.00130)	0.000670 (0.00133)
%laureati		0.0528** (0.0238)	0.0449* (0.0240)	0.0520** (0.0251)
log_wage			0.00582** (0.00274)	0.00569** (0.00276)
tasso_disoccupazione				0.0502** (0.0244)
Constant	-0.0399*** (0.00372)	-0.0437*** (0.00423)	-0.0983*** (0.0256)	-0.103*** (0.0254)
Observations	7,485	7,485	7,455	7,455
R-squared	0.035	0.036	0.038	0.039
Effetti fissi di regione	SI	SI	SI	SI

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 6: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)

Inseriamo ora una variabile di controllo relativa al mondo del lavoro, ovvero il tasso di disoccupazione. Questo viene calcolato come il rapporto tra le persone che sono alla ricerca di un impiego e la forza lavoro, data dalla somma delle persone occupate e quelle disoccupate. Questa variabile introduce un concetto importante, ovvero quanti cittadini appartenenti alla popolazione attiva effettivamente contribuiscono al reddito lordo del comune e quanti invece non generano ricchezza. Tale variabile risulta significativa con un livello di significatività del 5%, il coefficiente tuttavia, risulta di difficile interpretazione causale in quanto assume un valore positivo. Ciò potrebbe essere legato all'esistenza di una relazione endogena tra tasso di disoccupazione e crescita. Infatti, i comuni che generano un reddito imponibile maggiore potrebbero fungere da polo di attrazione per la forza lavoro in cerca di impiego. Inoltre, secondo le statistiche ISTAT, nel 2020 si è registrato un aumento significativo del numero di persone inattive tra i 15 e i 64 anni e una considerevole diminuzione del tasso di disoccupazione (-10,5%). Tale riduzione si è verificata perché sono venuti meno i prerequisiti per essere considerati disoccupati durante l'emergenza sanitaria (cioè cercare attivamente un lavoro ed essere immediatamente disponibili a iniziare un'attività lavorativa), il che ha comportato un aumento dell'inattività. Si tratta di un'anomalia dovuta alle circostanze dell'emergenza sanitaria in corso che ha trasformato i cittadini "non occupati" da una condizione di attività (disoccupati) a una di inattività. I motivi vanno ricercati nel dilagare dello sconforto e dello scoraggiamento dei cittadini (aumentato del +2,1%), nei maggiori carichi familiari, specie per la popolazione femminile, nella decisione di molti italiani di riprendere gli studi, nel pensionamento, nelle difficoltà nello spostamento e nell'essere assunti nelle filiere di manifattura (Ufficio di Statistica: I dati ISTAT sulle Forze di Lavoro nel 2020).

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	delta_gdp	delta_gdp	delta_gdp	delta_gdp	delta_gdp
UBB	0.00270** (0.00124)	0.00196 (0.00132)	0.00111 (0.00130)	0.000670 (0.00133)	0.00181 (0.00141)
%laureati		0.0528** (0.0238)	0.0449* (0.0240)	0.0520** (0.0251)	0.0673** (0.0270)
log_wage			0.00582** (0.00274)	0.00569** (0.00276)	0.00630** (0.00277)
tasso_disoccupazione				0.0502** (0.0244)	0.0576** (0.0254)
deg_urb					0.00279** (0.00123)
Constant	-0.0399*** (0.00372)	-0.0437*** (0.00423)	-0.0983*** (0.0256)	-0.103*** (0.0254)	-0.119*** (0.0264)
Observations	7,485	7,485	7,455	7,455	7,455
R-squared	0.035	0.036	0.038	0.039	0.040
Effetti fissi di regione	SI	SI	SI	SI	SI

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 7: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)

In *Colonna 5* dell'Output 7 è stato inserito come ulteriore controllo il grado di urbanizzazione del comune. Nel 2011 l'Eurostat ha classificato i comuni in tre diversi gradi di urbanizzazione: aree scarsamente popolate (aree rurali) con valore della variabile *deg_urb* pari a 3; aree di densità intermedia (città e periferie / piccole aree urbane) con valore della variabile *deg_urb* pari a 2 e aree densamente popolate (città / grandi aree urbane) con valore della variabile *deg_urb* pari a 1. La valutazione è stata effettuata utilizzando uno strumento basato sulla densità demografica e il numero di cittadini calcolati all'interno di griglie regolari della dimensione di 1 chilometro quadrato. Secondo l'Eurostat il 67,9% dei comuni italiani è posizionato nella classe di bassa urbanizzazione, mentre i comuni ad elevata urbanizzazione rappresentano solo il 3,3% del totale. Il restante 28,7% dei comuni sono aree di densità intermedia ed ospitano il 42,4% della popolazione complessiva del Paese.

Il grado di urbanizzazione è sicuramente una variabile di controllo del nostro modello in quanto è correlata con la variazione del PIL e controlla per un fattore causale omissivo nella regressione. Da un'analisi del nostro dataset emerge che i comuni maggiormente abitati presentano un PIL pro-capite superiore, la concentrazione urbana gioca infatti un ruolo importante nel processo di sviluppo economico (Castells-Quintana, 2017); nelle grandi città si concentrano i poli di produzione che creano maggiore valore aggiunto e generano maggiori opportunità di lavoro. La densità abitativa è inoltre uno dei fattori che ha influenzato le politiche di installazione delle tecnologie UBB, nel 2019 solo il 37% dei comuni classificati "rurali" era coperto dalla banda ultra-larga mentre tale percentuale raggiunge l'85% per le piccole città. Analizzando l'*Output 7* emerge che il coefficiente relativo al grado di urbanizzazione è significativo al 5%, in particolare passando da un livello a quello successivo, a parità di tutti gli altri fattori di controllo, emerge una variazione positiva del PIL dello 0,279%. Nel modello così presentato la variabile di interesse UBB non è significativa, mentre lo sono tutti i controlli introdotti che auspicabilmente hanno contribuito a risolvere il problema della distorsione del coefficiente β_1 .

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	delta_gdp	delta_gdp	delta_gdp	delta_gdp	delta_gdp	delta_gdp
UBB	0.00270** (0.00124)	0.00196 (0.00132)	0.00111 (0.00130)	0.000670 (0.00133)	0.00181 (0.00141)	0.00199 (0.00142)
%laureati		0.0528** (0.0238)	0.0449* (0.0240)	0.0520** (0.0251)	0.0673** (0.0270)	0.0680** (0.0270)
log_wage			0.00582** (0.00274)	0.00569** (0.00276)	0.00630** (0.00277)	0.00648** (0.00276)
tasso_disoccupazione				0.0502** (0.0244)	0.0576** (0.0254)	0.0599** (0.0255)
deg_urb					0.00279** (0.00123)	0.00197 (0.00124)
numero_contagi						-5.83e-08*** (1.64e-08)
Constant	-0.0399*** (0.00372)	-0.0437*** (0.00423)	-0.0983*** (0.0256)	-0.103*** (0.0254)	-0.119*** (0.0264)	-0.118*** (0.0264)
Observations	7,485	7,485	7,455	7,455	7,455	7,455
R-squared	0.035	0.036	0.038	0.039	0.040	0.041
Effetti fissi di regione	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 8: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20)

Per cercare di affinare il modello è stata realizzata un'ulteriore specificazione riguardante il numero di contagiati per provincia. I dati, che provengono dall'Osservatorio nazionale sulla salute nelle regioni italiane, sono dati cumulativi che riportano al 31/12/2020 il numero di cittadini che hanno contratto il COVID-19 per ciascuna provincia italiana. Aggiungendo questo ulteriore controllo, che risulta significativo con un livello di significatività dell'1% e con coefficiente negativo (a parità di tutte le altre variabili, all'aumentare dei contagi si assiste ad una variazione negativa del PIL per comune) si conferma che il coefficiente della dummy UBB non è significativo.

4.3.1.1 Variazione del PIL complessivo: ulteriori specificazioni

Nel paragrafo precedente è emerso come la variabile di controllo sulla percentuale di laureati presenti all'interno del comune sia molto significativa. Il prossimo passo sarà dunque quello di differenziare i nostri dati sulla base di tale variabile distinguendo tra comuni con molti e pochi laureati. Per quantificare cosa si intenda con “molti” e “pochi” laureati è stato eseguito il comando di STATA *summarize [varlist] [if] [in] [weight], detail* che permette di produrre un output per analizzare variabili continue e in particolare ci ha permesso di individuare il valore di mediana (pari al 6,8%). L'analisi di regressione successiva è stata eseguita distinguendo tra comuni con una percentuale di laureati sopra la mediana e comuni con una percentuale di laureati sotto la mediana. Viene presentato nelle *Colonna 2* e *Colonna 4* dell'*Output 9* il solo caso dei comuni con una percentuale di residenti laureati superiore al 6,8%, in quanto rende significativa la variabile UBB. Ne segue che l'installazione della tecnologia ultra-broadband nei comuni con molti laureati ha comportato nel biennio della pandemia una minore variazione negativa del PIL. Di fatti, installando la fibra la variazione del reddito lordo comunale sarebbe pari ad un + 0,556% che aumenta a +0,620% se si considera come controllo anche il numero di contagiati per provincia. Quest'analisi di regressione sopra mediana riduce il dataset considerato a 3731 comuni ma allo stesso tempo aumenta l'R-squared. La presenza di un'elevata percentuale di laureati configura come prerogativa necessaria a far sì che l'accesso all'alta velocità di rete impatti il PIL. Del resto, il lavoro a distanza su larga scala, raramente impiegato fino al 2020, è stato introdotto per la prima volta con il lockdown al fine di ridurre gli spostamenti e l'esposizione al virus. Secondo Oksana Tokarchuk, Roberto Gabriele e Giorgio Neglia (2021), il 96% delle aziende italiane ha utilizzato il telelavoro. Tuttavia, per beneficiare appieno dell'adozione di nuove modalità digitali di comunicazione e collaborazione e di nuovi strumenti tecnologici, la forza lavoro deve ricevere una formazione adeguata. Le aziende ad alta intensità tecnologica sono state meno colpite dalla pandemia perché hanno utilizzato lo smart-working come strumento per ridurre i rischi e incrementare l'attività aziendale in termini di fatturato, ore lavorate e nuove assunzioni. Secondo Martial Foucault e Vincenzo Galasso (2020), il 61% dei lavoratori con una laurea era impiegato a distanza, rispetto al 33% di quelli con un diploma di scuola superiore.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	delta_gdp	delta_gdp TANTI LAUREATI	delta_gdp	delta_gdp TANTI LAUREATI
UBB	0.00181 (0.00141)	0.00556** (0.00223)	0.00199 (0.00142)	0.00620*** (0.00223)
%laureati	0.0673** (0.0270)		0.0680** (0.0270)	
log_wage	0.00630** (0.00277)	0.00530 (0.00510)	0.00648** (0.00276)	0.00586 (0.00509)
tasso_disoccupazione	0.0576** (0.0254)	0.0713* (0.0417)	0.0599** (0.0255)	0.0732* (0.0417)
deg_urb	0.00279** (0.00123)	0.00319** (0.00162)	0.00197 (0.00124)	0.00217 (0.00163)
numero_contagi			-5.83e-08*** (1.64e-08)	-8.43e-08*** (2.03e-08)
Constant	-0.119*** (0.0264)	-0.0983** (0.0484)	-0.118*** (0.0264)	-0.101** (0.0484)
Observations	7,455	3,731	7,455	3,731
R-squared	0.040	0.042	0.041	0.045
Effetti fissi di regione	SI	SI	SI	SI

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 9: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) nei comuni con tanti laureati

Così come per la percentuale di laureati anche la variabile *numero_contagi* è stata utilizzata come discriminante per analizzare i nostri dati. Sono stati quindi individuati i valori relativi al primo e al terzo quartile per distinguere comuni appartenenti a province con un numero di contagiati “piccolo”, “medio” e “grande”. In particolare:

- Un numero di contagiati “piccolo” corrisponde a un valore inferiore a 7598.
- Un numero di contagiati “medio” corrisponde a un valore compreso tra 7598 e 31389.
- Un numero di contagiati “grande” corrisponde a un valore superiore a 31389.

VARIABLES	(1) delta_gdp	(2) delta_dgp TANTI CONTAGI
UBB	0.00181 (0.00141)	0.00450* (0.00230)
%laureati	0.0673** (0.0270)	-0.00597 (0.0408)
log_wage	0.00630** (0.00277)	0.00954** (0.00486)
tasso_disoccupazione	0.0576** (0.0254)	0.301*** (0.0833)
deg_urb	0.00279** (0.00123)	-0.00171 (0.00193)
Constant	-0.119*** (0.0264)	-0.216*** (0.0568)
Observations	7,455	1,799
R-squared	0.040	0.088
Effetti fissi di regione	SI	SI

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 10: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) nei comuni con tanti contagiati

Nell'*Output 10* è stata riportata l'analisi di regressione per i soli comuni appartenenti a province con numero elevato di contagi perché è l'unica specificazione per la quale la variabile dummy UBB risulta significativa con un livello di significatività del 10%.

Il numero di contagi sembra dunque influenzare l'efficacia nel ridurre la variazione negativa del PIL nel biennio considerato. Analizzando il dataset è possibile osservare come l'area del Paese maggiormente colpita dalla pandemia è il Nord. Il 59,3% dei comuni di cui disponiamo informazioni sono comuni posizionati nel Settentrione del Paese e con un numero di contagi "medio" o "grande". Al contrario i comuni con bassa percentuale di contagiati sono principalmente locati nelle regioni del Sud Italia.

	NUMERO CONTAGI		
	PICCOLO	MEDIO	GRANDE
Nord	5,7%	29,1%	20,2%
Centro	3,2%	7,3%	2,1%
Sud	16,0%	12,3%	1,8%

Figura 25: Elaborazione dati Osservatorio Nazionale sulla salute nelle regioni italiane 2020

VARIABLES	(1) delta_gdp TANTI CONTAGI	(2) delta_gdp TANTI CONTAGI al "NORD"
UBB	0.00450* (0.00230)	0.00550** (0.00233)
%laureati	-0.00597 (0.0408)	-0.0333 (0.0435)
log_wage	0.00954** (0.00486)	0.00872* (0.00502)
tasso_disoccupazione	0.301*** (0.0833)	0.0445 (0.0935)
deg_urb	-0.00171 (0.00193)	-0.00341* (0.00203)
Constant	-0.216*** (0.0568)	-0.129** (0.0555)
Observations	1,799	1,509
R-squared	0.088	0.033
Effetti fissi di regione	SI	SI

Robust standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 11: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) nei comuni con tanti contagiati nel Nord Italia

Quello che emerge è che nei comuni del Nord Italia, dove il virus ha avuto una maggiore diffusione e comportato una maggior riduzione del reddito, la possibilità di accesso alla banda ultra-larga ha un coefficiente significativo al 5% e ha comportato variazione positiva del PIL del +0,55%. Il Nord è infatti l'area del Paese in cui le misure restrittive sono state più forti e sono state introdotte già con il DPCM del 7 marzo 2020 che prevedeva la chiusura della Lombardia e di 14 province del Centro-Nord. Tali restrizioni hanno spinto le imprese a introdurre, prima che nel resto del Paese, il lavoro agile la cui diffusione ha raggiunto a fine 2020 una distribuzione territoriale pari al 42% per il Nord Ovest, 33% per il Nord Est e 28% per il Centro/Sud (Osservatorio CPI, 2020).

Ricordiamo che attualmente il 46% dei 4492 comuni italiani coperti dall'UBB si trova nella parte settentrionale della penisola, rispetto al 15% della regione centrale e al 39% dei comuni del Sud, il che indica l'assenza di prove che suggeriscano che le regioni meridionali siano in netto svantaggio. L'assenza di divari infrastrutturali tra le regioni italiane è stata rilevata da Benecchi et al. (2021), che hanno replicato l'approccio utilizzato dalla Commissione europea nello sviluppo dell'indicatore DESI (Digital Economy and Society Index) a livello nazionale. Emerge invece dallo studio delle altre componenti dell'indicatore, un forte divario Nord-Sud in termini di competenze digitali, che sembrano indicare una più scarsa disponibilità di capitale umano qualificato nel Meridione (Banca d'Italia, 2022).

Mettendo insieme le informazioni fin qui raccolte, si è quindi deciso di indagare il caso in cui il comune è locato in una zona particolarmente colpita dalla diffusione del virus e al contempo il numero di laureati che possono al meglio sfruttare le opportunità concesse dalla rete UBB è elevato. Il risultato è indubbiamente interessante:

TANTI LAUREATI			
VARIABLES	(1) POCHI CONTAGI	(2) MEDI CONTAGI	(3) TANTI CONTAGI
UBB	0.00434 (0.00469)	0.00766** (0.00309)	0.00875** (0.00411)
log_wage	0.0171** (0.00752)	-0.00854 (0.00861)	0.0210*** (0.00656)
tasso_disoccupazione	-0.0655 (0.0520)	0.128* (0.0705)	0.399*** (0.130)
deg_urb	0.00507 (0.00359)	0.000229 (0.00252)	-0.00151 (0.00232)
Constant	-0.197*** (0.0731)	0.0294 (0.0802)	-0.352*** (0.0725)
Observations	1,006	1,676	953
R-squared	0.088	0.040	0.154
Effetti fissi di regione	SI	SI	SI

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 12: Analisi di regressione OLS sulla variazione del PIL (2019/20) nei comuni distinti per tanti laureati e per contagi

L'Output 12 mostra, infatti, come il coefficiente β_1 sia significativo per i comuni con una elevata percentuale di laureati e in cui i contagi sono stati da noi classificati come “medi” o “alti”. La *Colonna 2* dell'Output 12 ci dice che nei comuni con una percentuale di laureati superiore al 6,8% (valore di mediana) e in cui il numero di contagi nella provincia di appartenenza è compreso tra 7598 e 31389; a parità di tutte le altre variabili, l'installazione della UBB comporterebbe una variazione positiva del PIL dello +0,766%, mentre in caso di “tanti” contagi (> 31389) dello +0,875%. Dal punto di vista quantitativo, il Sud ha una percentuale minore di residenti che hanno conseguito un titolo di studio universitario; la disparità, che si è ampliata nel tempo, nel 2020 era di circa 7 punti percentuali per le persone nella fascia di età 15-64 anni e di circa 9 punti per quelle nella fascia di età 25-34 anni. Inoltre,

una quota elevatissima¹² di giovani laureati del Sud emigra verso le regioni settentrionali del Paese, dove il numero di contagiati è stato molto più elevato (*Figura 25*). Ciò ci permette di spiegare perché la variabile UBB è significativa nelle aree a maggior contagio e con molti laureati, essendo quest'ultima forza lavoro qualificata in grado di sfruttare le nuove tecnologie digitali.

4.3.2 Variazione del reddito da lavoro dipendente

All'interno della nostra analisi il PIL è stato calcolato come somma delle diverse forme di reddito, essendo i dati provenienti dalle dichiarazioni dei redditi IRPEF per comune. Il modello presentato nel paragrafo precedente è stato utilizzato per sottoporre a test di ipotesi che la presenza della banda ultra-larga abbia positivamente giovato all'economia del comune anche per le specifiche forme di reddito che compongono il PIL complessivo.

L'analisi è stata effettuata per tutte le forme di reddito: reddito da lavoro autonomo, reddito da fabbricati, reddito da lavoro dipendente, reddito da imprese in contabilità semplificata, reddito da imprese in contabilità ordinaria e infine, reddito da partecipazioni. Tuttavia, dopo tale scomposizione risulta che l'unica fonte di reddito influenzata dall'installazione della UBB nel biennio pandemico è il reddito da lavoro dipendente. Secondo i dati ISTAT i dipendenti con contratto permanente, grazie al blocco dei licenziamenti, hanno nel corso del 2020 continuato la propria attività. Anche qui le specificazioni sul numero di contagi della provincia e la percentuale di laureati presenti all'interno del comune risultano essenziali per comprendere il fenomeno.

L'*Output 8* mostra i risultati di un modello di regressione sulla variazione complessiva del PIL per cui, aggiungendo tutti i controlli, il coefficiente della dummy UBB risulta non significativo. Discriminando per comuni con tanti laureati tale coefficiente diviene significativo al 5% per i comuni con una percentuale di cittadini che hanno conseguito un diploma di laurea superiore alla mediana del campione (*Output 9*).

Nella regressione che segue si è utilizzata la stessa logica degli output sopra citati, trovando che delle diverse forme di reddito che compongono il PIL complessivo, l'unica davvero

¹² Secondo i dati ISTAT tra il 2007 e il 2019 un laureato su 1.000 residente nel Sud del Paese ha richiesto un trasferimento di residenza. Su 1,8 milioni di cancellazioni dagli uffici anagrafici comunali delle aree meridionali 400.000 erano richieste pervenute da laureati, la maggior parte dei quali diretti verso le regioni del Centro-Nord.

influenzata dalla nostra variabile di interesse è il reddito da lavoro dipendente in presenza di molti laureati:

TANTI LAUREATI		
VARIABLES	(1)	(2)
	delta_gdp	delta_reddito_lavoro_dipendente
UBB	0.00620*** (0.00223)	0.00581*** (0.00199)
log_wage	0.00586 (0.00509)	-0.00599 (0.00660)
tasso_disoccupazione	0.0732* (0.0417)	0.0972** (0.0411)
deg_urb	0.00217 (0.00163)	0.00153 (0.00166)
numero_contagi	-8.43e-08*** (2.03e-08)	-8.52e-08*** (1.97e-08)
Constant	-0.101** (0.0484)	0.0196 (0.0620)
Observations	3,731	3,731
R-squared	0.045	0.027
Effetti fissi di regione	SI	SI

Robust standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 13: Analisi di regressione OLS sulla variazione del reddito da lavoro dipendente (2019/20) nei comuni distinti per tanti laureati

In *Colonna 1* dell'*Output 13* viene presentato il caso in cui la variabile dipendente è la variazione del PIL complessivo in presenza di molti laureati e il coefficiente β_1 relativo alla dummy UBB è significativo al 1%; così come nella *Colonna 2* dell'*Output 13* in cui la variabile dipendente è la variazione del reddito da lavoro dipendente il coefficiente β_1 è sempre significativo all' 1%. Significa che è possibile rifiutare l'ipotesi nulla che β_1 sia zero e dunque vi è un effetto causale tra le due variabili. In particolare, l'installazione della tecnologia UBB

avrebbe attutito la riduzione del reddito da lavoro dipendente dello 0,581% nei comuni italiani con una percentuale di laureati superiore al valore di mediana (6,8% di laureati sulla popolazione del comune).

VARIABLES	(1) delta_reddito_lavoro_dipendente	(2) delta_reddito_lavoro_dipendente TANTI CONTAGI
UBB	0.00147 (0.00116)	0.00472** (0.00213)
%laureati	0.0398 (0.0282)	-0.0434 (0.0392)
log_wage	-0.00174 (0.00319)	-0.00359 (0.00503)
tasso_disoccupazione	0.0529** (0.0227)	0.201*** (0.0619)
deg_urb	0.000883 (0.00124)	-0.00237 (0.00177)
numero_contagi	-6.33e-08*** (1.50e-08)	
Constant	-0.0217 (0.0299)	-0.0487 (0.0523)
Observations	7,455	1,799
R-squared	0.025	0.059
Effetti fissi di regione	SI	SI

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 14: Analisi di regressione OLS sulla variazione del reddito da lavoro dipendente (2019/20) nei comuni distinti per numero di contagi

Anche per il reddito da lavoro dipendente il numero di contagi della provincia di appartenenza del comune influenza l'esito delle nostre regressioni. Discriminando infatti per il numero di infettati cumulati a dicembre 2020 la variabile UBB diviene significativa al 5%. Essendo i comuni con il maggior numero di contagiati situati nel Nord del Paese l'analisi che segue è specifica per i comuni ad alto contagio nelle regioni del Settentrione.

TANTI CONTAGI		
VARIABLES	(1)	(2)
	delta_reddito_lavoro_dipendente	delta_reddito_lavoro_dipendente al "NORD"
UBB	0.00472** (0.00213)	0.00560** (0.00218)
%laureati	-0.0434 (0.0392)	-0.0823** (0.0408)
log_wage	-0.00359 (0.00503)	-0.00230 (0.00476)
tasso_disoccupazione	0.201*** (0.0619)	-0.0539 (0.0792)
deg_urb	-0.00237 (0.00177)	-0.00398** (0.00188)
Constant	-0.0487 (0.0523)	0.00691 (0.0512)
Observations	1,799	1,509
R-squared	0.059	0.026
Effetti fissi di regione	SI	SI

Robust standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 15: Analisi di regressione OLS sulla variazione del reddito da lavoro dipendente (2019/20) nei comuni distinti per numero di contagi e area geografica

Come è possibile osservare rispetto alla sola specificazione dell'alto numero di contagi (*Colonna 1 Output 15*), aggiungendo la discriminante della macroarea di appartenenza il coefficiente della variabile UBB rimane significativo al 5% ma aumenta passando dallo 0,472% allo 0,560%.

TANTI LAUREATI			
delta reddito lavoro dipendente			
VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	POCHI CONTAGI	MEDI CONTAGI	TANTI CONTAGI
UBB	0.00340 (0.00320)	0.00686** (0.00322)	0.0103*** (0.00384)
log_wage	0.00377 (0.00481)	-0.0165 (0.0130)	0.00306 (0.00948)
tasso_disoccupazione	-0.0114 (0.0452)	0.176** (0.0824)	0.300*** (0.0912)
deg_urb	0.00399* (0.00222)	1.67e-05 (0.00287)	-0.00187 (0.00230)
Constant	-0.0726 (0.0480)	0.116 (0.119)	-0.144 (0.0906)
Observations	1,006	1,676	953
R-squared	0.090	0.026	0.102
Effetti fissi di regione	SI	SI	SI

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Output 16: Analisi di regressione OLS sulla variazione del reddito da lavoro dipendente (2019/20) nei comuni distinti per numero di contagi e percentuale di laureati

Infine, l'*Output 16* fa riferimento ad un'analisi di regressione che per i comuni con una percentuale di laureati superiore al valore di mediana distingue tra quelli appartenenti a province con "pochi", "medi" e "tanti" contagiati. Così come per la variabile complessiva che misura la variazione del reddito lordo, anche per la variazione del reddito da lavoro dipendente la percentuale di laureati e la presenza di tanti positivi al COVID-19 sono delle determinanti che ci permettono di spiegare l'effetto della presenza della banda ultra-larga. Il coefficiente β_1 infatti risulta significativo al 5% nelle aree di "medio" contagio e significativo all'1% nelle aree di picco dell'infezione pandemica. Il p-value risulta molto piccolo e l'intervallo di confidenza non contiene il valore 0, si può dunque rifiutare l'ipotesi che non ci sia stato un impatto positivo dell'UBB in questi comuni.

Conclusioni

Il lavoro presentato in questo elaborato di tesi utilizza prove empiriche per evidenziare l'importante ruolo che la tecnologia digitale ha avuto nel mitigare le interruzioni della pandemia, consentendo ai sistemi economici di continuare a funzionare. I risultati suggeriscono che la disponibilità della banda ultra-larga abbia avuto impatti positivi, economicamente e statisticamente significativi sul PIL italiano durante la pandemia da COVID-19. L'analisi è stata effettuata tramite il metodo statistico OLS, e poi affinata aggiungendo degli effetti fissi di regione. I risultati mostrano che nei comuni in cui la percentuale di laureati è superiore al valore di mediana la presenza della rete ad alta velocità ha impattato positivamente la variazione del PIL complessivo, determinando un +0,62%. Ciò non sorprende se si considera che nel corso del 2020, per ridurre l'esposizione al virus e gli spostamenti, sono state imposte misure di lockdown che hanno costretto il 96% delle aziende italiane ad usufruire del telelavoro. Per beneficiare di questa modalità di lavoro che sfrutta le tecnologie digitali e, di conseguenza, l'alta velocità di rete, è necessaria forza lavoro qualificata. Così come per la percentuale di laureati, abbiamo discriminato i nostri dati in base al numero di contagi per provincia, ottenendo come risultato che la variabile UBB è significativa nelle zone in cui il numero di positivi al virus è stato maggiore e quindi nel Nord Italia dove la malattia si è più largamente diffusa. Il risultato così ottenuto conferma lo studio condotto in Cina da Zhang nel 2020 secondo cui, poiché molte più persone hanno utilizzato la banda larga per lavorare da casa durante il periodo della pandemia tale tecnologia ha avuto un'influenza significativa sulla produttività e sulla crescita economica. Il coefficiente UBB individuato suggerisce che la banda ultra-larga ha avuto una maggiore influenza sul PIL nei luoghi in cui la pandemia è stata più grave. Poiché più persone hanno utilizzato la banda ultra-larga per lavorare da casa, rispetto al periodo normale, tale tecnologia ha effettivamente un'influenza significativa sulla produttività e sulla crescita economica. In particolare, la presenza della tecnologia a banda ultra-larga ha attutito la riduzione del PIL dello 0,55% (livello di significatività del 5%). Attualmente il 46% dei 4492 comuni italiani coperti dall'UBB si trova nella parte settentrionale della penisola, rispetto al 15% della regione centrale e al 39% dei comuni del Sud, il che indica l'assenza di prove che suggeriscano che le regioni meridionali siano in netto svantaggio. Tuttavia, diversi studi dimostrano l'esistenza di un forte divario Nord-Sud in termini di competenze digitali che ci permette di spiegare il motivo per cui la UBB non è significativa nel Meridione. Mettendo

assieme le due specificazioni troviamo che la banda ultra-larga ha avuto un maggior effetto positivo sull'economia nei comuni in cui ci sono tanti laureati e molti cittadini hanno contratto il virus da COVID-19. A parità di tutte le altre variabili, l'installazione della UBB comporterebbe una variazione positiva del PIL dello +0,766% in caso di "medi" contagi, mentre in caso di "tanti" contagi (> 31389) dello +0,875% per i comuni con un'elevata percentuale di laureati.

Nella seconda parte dell'analisi il PIL è stato scomposto nelle sue diverse componenti, ciascuna delle quali sottoposta a regressione per verificare l'esistenza di una correlazione con la presenza della banda ultra-larga nei comuni. Il risultato riscontrato, in linea con le politiche di adozione dello smart-working da parte delle aziende italiane, è che il reddito da lavoro dipendente è l'unica componente impattata. Ciò è legato al fatto che fare "lavoro intelligente" implica l'accesso alle infrastrutture materiali e immateriali per consentire l'effettiva attuazione del lavoro a distanza, ad esempio un computer a casa, accesso a Internet e compiti e attività lavorative che possono essere eseguite da casa (ad esempio, imputazione, elaborazione e pubblicazione di dati e informazioni). Tuttavia, un'ampia percentuale di lavoratori europei non soddisfa queste condizioni di fattibilità. Le professioni che possono lavorare da casa sono estremamente concentrate tra le categorie manageriali e dirigenziali, gli accademici, i professionisti tecnici e gli impiegati che rientrano nella definizione di lavoratori dipendenti. Gli addetti alle vendite e ai servizi, gli operatori manuali, artigiani, hanno poche o nessuna opportunità di lavorare da casa (Cetrulo et al. 2020). A dimostrazione di ciò secondo quanto riportato dai dati ISTAT nel rapporto sul mercato del Lavoro del 2020 il calo dell'occupazione è stato trainato dal lavoro a termine e dal lavoro autonomo che ha subito una riduzione del 3% (-162 mila posti di lavoro).

I risultati suggeriscono che il reddito da lavoro dipendente si sia ridotto in minore misura nel biennio 2019/2020 grazie alle reti ad alta velocità soprattutto nelle aree con forza lavoro qualificata (molti laureati), con molti contagi, specialmente nelle regioni del Nord Italia.

Risultati in linea con quanto sostenuto dalla letteratura che dimostra come i lavoratori che più degli altri hanno potuto usufruire del telelavoro appartengono a professioni caratterizzate da livelli reddituali maggiori e dunque che dispongono di un diploma di laurea (Cetrulo et al. 2020).

Il nostro studio concentra la propria attenzione sui dati del 2020, interessante sarebbe riprodurlo tenendo in considerazione anche le informazioni del 2021, anno in cui sono state riprese alcune attività economiche ma che ha enormemente risentito della crisi con l'introduzione di innumerevoli lockdown locali. Inoltre, l'analisi è limitata alla disponibilità di accesso alla tecnologia ultra-broadband, approfondimenti futuri potrebbero riguardare l'adozione della banda ultra-larga che la letteratura passata ha ampiamente dimostrato avere un impatto positivo sulla produttività delle imprese e sulla crescita economica. Quando si parla di banda larga ultraveloce, la differenza tra disponibilità e adozione è cruciale in quanto i tassi di adozione, cioè la percentuale di connessioni adottate rispetto a tutte le connessioni disponibili, sono costantemente bassi nella maggior parte dei Paesi Europei e si attestano in media al di sotto del 30% (Czernich N., 2014).

Nel complesso i risultati dimostrano che la tecnologia ultra-broadband ha aiutato l'economia italiana nel corso della pandemia da COVID-19. Ciò ha profonde implicazioni economiche perché anche se la diffusione del virus è ormai contenuta ed è stata contrastata efficacemente dalla vaccinazione della popolazione, nulla esclude il verificarsi futuro di altre pandemie, che sono sempre più probabili e frequenti. Secondo uno studio di ricercatori internazionali dell'Università di Padova (Marani M., et al., 2021) ad oggi la probabilità annuale che si verifichi una pandemia è del 2%, una percentuale che nei prossimi decenni potrebbe triplicare. Marco Marani, a capo dello studio afferma *“La frequenza con la quale nuove malattie epidemiche emergono da serbatoi animali è aumentata negli ultimi decenni a causa dei cambiamenti ambientali antropogenici”*. Se ciò dovesse realmente accadere “lavorare da casa” sarebbe l'unica modalità di lavoro praticabile per continuare a produrre e, promuovere la banda ultra-larga, necessaria per lo smart-working, aiuterebbe l'Italia ad alleviare i danni economici e a non farsi trovare impreparata. Ad oggi il nostro Paese è uno degli ultimi in Europa per penetrazione della banda ultra-larga e il motivo principale è da ricondurre alla mancanza di domanda da parte dei cittadini che non rende remunerativo per gli enti privati portare la fibra fino alle case degli utenti (FTTH) o fino all'edificio (FTTB). La pandemia ha determinato un incremento nel numero di abbonamenti alla fibra ottica nel 2020 del 43,3% (Fonte: Oecd) e profondamente modificato le loro abitudini. Ciò dovrebbe rendere profittevole cablare anche le zone limitrofe e permettere ai cittadini di fare un upgrade del servizio verso velocità superiori per continuare a lavorare.

La pandemia ha dimostrato l'importanza della connettività digitale per le persone e le economie. È quindi fondamentale che i governi imparino da questa dura lezione e adottino misure concrete e attuabili nel settore delle telecomunicazioni per consentire al settore privato di fornire a tutti l'accesso a reti di infrastrutture digitali di qualità e sostenere lo sviluppo di un'economia digitale.

Bibliografia

Accetturo A., Albanese G., Ballatore R.M., Ropele T., Sestito P., (2022), Banca d'Italia: Questioni di Economia e Finanza, I divari territoriali in Italia tra crisi economiche, ripresa ed emergenza sanitaria

Aituo di Stato SA.34199 (2012/N) Piano digitale – Banda ultra larga

Akerman, A., Gaarder, I., Mogstad, M., (2015). The Skill Complementarity of Broadband Internet. *The Quarterly Journal of Economics*

Amendola, Giovanni Battista, (2015): Ultra-Broadband for All In Europe: Can Access Regulation Hinder Innovation And Welfare Maximisation? 26th European Regional Conference of the International Telecommunications Society (ITS): "What Next for European Telecommunications?", Madrid, Spain, 24th-27th June 2015, International Telecommunications Society (ITS), Calgary

Andrew P. Hardy, (1980). The role of the telephone in economic development. vol. 4, issue 4, 278-286

Artur Bergman and Jana Iyengar. How COVID-19 is affecting internet performance. <https://www.fastly.com/blog/how-covid-19-is-affecting-internet-performance,2020>.

Banca d'Italia, (2022). Il divario Nord-Sud: sviluppo economico e intervento pubblico.

Benassi, M., Grinza, E., Rentocchini, F., Rondi, L., (2021). Patenting in 4IR Technologies and Firm Performance. *Industrial and Corporate Change*

Benecchi A., C. Bottoni, E. Ciapanna, A. Frigo, A. Milan ed E. Scarinzi, (2021). Digitalisation in Italy: evidence from a new regional index.

Bertschek, I., Briglauer, W., Hüschelrath, K., Kauf, B., & Niebel, T., (2016). The economic impacts of telecommunications networks and broadband internet: A survey. *Review of Network Economics*, 14, 201–227.

Briglauer W., Durr N., Gugler K., (2020). A retrospective study on the regional benefits and spillover effects of high-speed broadband networks: Evidence from German counties

Cambini C., Grinza E., Sabatino L., (2021). Ultra-fast broadband access and productivity: evidence from Italian firms

Castells-Quintana, (2017). Malthus living in a slum: Urban concentration, infrastructure and economic growth

Cetrulo A., Guarascio D., Virgilito M.E., 2020. The Privilege of Working From Home at the Time of Social Distancing

Chiesi M., Girotti C., (2016). Le retribuzioni dei laureati e le strategie di offerta sul mercato del lavoro in tempi di crisi. Pays of graduate employees and their strategies on the labour market in time of crisis

Commissione europea, Digital Agenda Scoreboard, 2014.

Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni, Investire nella crescita indotta dalla tecnologia digitale, COM (2010) 472 def.

Conley, K. L., & Whitacre, B. E., (2020). Home is where the internet is? High-speed internet's impact on rural housing values. *International Regional Science Review*

Conroy T., Basso S., (2022). Entrepreneurship, Broadband, and Gender: Evidence from Establishment Births in Rural America

Consob: la crisi da covid-19 -l'impatto sui mercati finanziari

Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., and Woessmann, L., (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *The Economic Journal*

Czernich, N., (2014). Does broadband internet reduce the unemployment rate? Evidence for Germany

Decisione aiuto di Stato N 646/2009 Progetto nazionale "Banda larga nelle aree rurali d'Italia"

Decisione aiuto di Stato n. SA.33807 (2011-N) Piano nazionale banda larga Italia.

Depaolo D., giorgi F., (2021). Il lavoro da remoto in italia durante la pandemia: i lavoratori del settore privato

Digital Economy and Society Index (DESI) 2021

Digital systems. Martin Plonus, in Electronics and Communications for Scientists and Engineers (Second Edition), 2020

Direttiva 2014/61/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 maggio 2014

Economic impact of COVID-19 on digital infrastructure Report of an Economic Experts Roundtable organized by ITU

Edwin B.Parker, (1984). Appropriate telecommunications for economic development

European Commission, 2009. Community Guidelines for the application of State aid rules in relation to rapid deployment of broadband networks Text with EEA relevance

European Commission, 2010. Communication from the commission: Europe 2020- A strategy for smart, sustainable, inclusive growth.

European Commission, 2016. Communication from the commission: Connectivity for a Competitive Digital Single Market- Towards a European Gigabit Society.

European Commission, 2020. Communication from the commission: Europe's time: repairing the damage and preparing the future for the next generation

European Commission, 2020. Communication from the commission: Shaping the digital future of Europe

European Commission, 2021. Communication from the commission: 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade.

F. Mazzenga, M. Petracca, F. Vatalaro, R. Giuliano e G.Ciccarella, (2016) «Coexistence of FTTC and FTTP network architectures indifferent VDSL2 scenarios», Emerging Telecommunication Technologies, Volume 27, Febbraio 2016.

Fabling R., Grimes A., (2016). Picking up speed: Does ultrafast broadband increase firm productivity? Richard Fabling and Arthur Grimes Motu Working Paper 16-22 Motu Economic and Public Policy Research November 2016

Fabling R., Grimes A., (2021). Picking up speed: Does ultrafast broadband increase firm productivity?

Ford, G.S., (2011). Challenges in using the national broadband Map's data

Ford, G.S., (2018). Is faster better? Quantifying the relationship between broadband speed and economic growth.

Gallardo, R., Whitacre, B., Kumar, I., & Upendram, S., (2021). Broadband metrics and job productivity: A look at county-level data.

Gordon J. Klein, (2022). Fiber-broadband-internet and its regional impact—An empirical investigation

Hart, C., (1998). "Fixed wireless access: a market and system overview." Electronics & communication engineering journal 10.5

Hasbi M., (2020). Impact of very high-speed broadband on company creation and entrepreneurship: Empirical Evidence

Hasbi M., Bohlin E., (2022) Impact of broadband quality on median income and unemployment: Evidence from Sweden.

Hasbi, M., (2017). Impact of Very High-Speed Broadband on Local Economic Growth: Empirical Evidence. 14th International Telecommunications Society (ITS) Asia-Pacific Regional Conference: “Mapping ICT into Transformation for the Next Information Society,” Kyoto, Japan, 24-27 June 2017, International Telecommunications Society (ITS), Kyoto

Isley C., Low S., (2022) Broadband adoption and availability: Impacts on rural employment during COVID-19

ISTAO – Facoltà di Economia “G. Fuà” Associazione degli Economisti di Lingua Neolatina. Lezione Magistrale del Governatore della Banca d’Italia Mario Draghi: Crescita, benessere e compiti dell’economia politica

ISTAT: Le statistiche dell’ISTAT sulla povertà | anno 2020 Torna a crescere la povertà assoluta

ISTAT: Situazione e prospettive delle imprese nell’emergenza sanitaria covid-19

Italian Government. Art. 82 - decreto-legge 17 marzo 2020, n. 18 - misure di potenziamento del servizio sanitario nazionale e di sostegno economico per famiglie, lavoratori e imprese connesse all’emergenza epidemiologica da covid-19. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/03/17/20G00034/sg>, 2020.

Katz R. and Jung J., (2021). The Economic impact of broadband and digitization through the COVID-19 pandemic Econometric modelling, June 2021

Katz, R., Jung, J. and Callorda, F., (2020). Can digitization mitigate COVID-19 damages? Evidence from developing countries. SSRN.

Katz, R., Jung, J. and Callorda, F., (2020). Facing the COVID-19 pandemic: digitization and economic resilience in Latin America. CAF Development Bank for Latin America, April.

Katz, R., Jung, J., & Callorda, F., (2020). Can digitization mitigate the economic damage of a pandemic? Evidence from SARS. Telecommunications Policy

Kolko, J., (2012). Broadband and local growth. *Journal of Urban Economics*

Kongaut, C. & Bohlin, E., (2017). Impact of broadband speed on economic outputs: An empirical study of OECD countries. *Economics and Business Review*

Lobo B., Alam M., Whitacre B., (2019) Broadband Speed and Unemployment Rates: Data and Measurement Issues

Maestripieri L., Ranci C., (2022). Non è un paese per laureati. La sovra-qualificazione occupazionale dei lavoratori italiani

Mappatura 2021 delle reti fisse a banda ultra-larga nelle “aree bianche 2016” Infratel Italia

Mappatura reti fisse 2021 Relazione di sintesi Infratel Italia

Marani M., Katul G.G., Pan W.K., Parolari A.J., (2021). Intensity and frequency of extreme novel epidemics

McCoy D., Lyons S., Morgenroth E., Palcic D., Allen L., (2018). The impact of broadband and other infrastructure on the location of new business establishments

Michael C Burda, Prof. f. Volkswirtschaftslehre.; Charles Wyplosz., (2013). *Macroeconomics: a European text*

Ministero dello Sviluppo Economico, 2021. *Strategia Italiana per la Banda Ultralarga “Verso la Gigabit Society”*.

Molnar, G., Savage, S. J., & Sicker, D. C., (2019). High-speed internet access and housing values. *Applied Economics*

Networking: Wired and Wireless. Louis E. Frenzel Jr., in *Electronics Explained (Second Edition)*, 2018

Paolo Di Caro, Università di Catania; Ministero dell’Economia e delle Finanze. *La resilienza delle regioni italiane durante il Covid-19: prime valutazioni.*

R. Llorente et al., (2008), "Ultra-Wideband Radio Signals Distribution in FTTH Networks," in IEEE Photonics Technology Letters, vol. 20

Rapporto il mercato del lavoro 2020 una lettura integrata. Roma, 25 febbraio 2021.

Rapporto osservatorio reti & servizi di nuova generazione

Relazione annuale 2020 in sintesi banca d'italia. Roma, 31 maggio 2021.

BEI, (2016). Restoring EU competitiveness (Recupero della competitività dell'UE).

Röller, L. H., and Waverman, L., (2001). Telecommunications infrastructure and economic development: A simultaneous approach. American Economic Review

Roller, Lars-Hendrik, and Leonard Waverman, (2001). "Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach." American Economic Review.

Sarachuk K., Mißler-Behr M., (2020) Is Ultra-Broadband Enough? The Relationship between High-Speed Internet and Entrepreneurship in Brandenburg

Soo-Jin Park, Sangin Kim, Kil-Ho Song and Jong-Rak Lee, "DWDM-based FTTC access network," in Journal of Lightwave Technology, vol. 19

Sotiria Chatzi, Jose A. Lazaro, Josep Prat & Ioannis Tomkos, (2013) A Techno-Economic Study on the Outside Plant Cost of Current and Next-Generation Fiber-to-the-X Deployments, Fiber and Integrated Optics

Stocker, V., and Whalley, J., (2016). Speed isn't everything: a multi-criteria analysis of broadband access speeds in the UK. Proceeding of the 27th European Regional Conference of the International Telecommunication Society (ITS), September 7-9, Cambridge.

Strategia Italiana per la Banda Ultralarga, Presidenza del Consiglio dei ministri, Roma, 3 marzo 2015.

T. F. Bresnahan and M. Trajtenberg, (1995). General purpose technologies “engines of growth”? Journal of econometrics

The EC Communication 2013/C 25/01, namely “EU Guidelines for the application of State aid rules in relation to the rapid deployment of broadband networks”

Università degli studi di Teramo: Reddito di Impresa. Lezione di diritto tributario del Prof. Massimo Basilavecchia

V. Attanasio, A. Valenti, A. Rufini, S. Penna, G. Verticale, G. Maier e A. S. Michelangeli «FTTx/VDSL2-Vectoring: prestazioni in una rete di accesso a banda ultra larga multi operatore»

Per-Erik Eriksson and Björn Odenhammar, (2006). VDSL2: Next important broadband technology.

Zhang X., (2021). Broadband and economic growth in China: An empirical study during the COVID-19 pandemic period

Sitografia

agendadigitale.eu

bandaultralarga.italia.it

ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_it#nextgenerationeu