

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Infrastrutture digitali e innovazione: l'impatto della fibra ottica in Italia

Relatore

Prof. Carlo Cambini

Candidato

Cai Nicola Zhou

A.A 2024 - 2025

Sommario

Negli ultimi decenni la diffusione delle tecnologie digitali ha trasformato l'economia e la società, incidendo sulla crescita, sulla produttività e sull'innovazione. Tra le infrastrutture più rilevanti vi è la banda ultralarga, che svolge un ruolo fondamentale per l'adozione di servizi avanzati e per la riduzione dei divari territoriali. Oltre a garantire connessioni veloci e affidabili, essa si configura come una tecnologia ad uso generale, con effetti che coinvolgono imprese, istituzioni e individui.

Un aspetto centrale riguarda il legame tra la diffusione della banda ultralarga e l'innovazione, analizzata attraverso l'attività brevettuale e, in particolare, tramite le citazioni dei brevetti. Queste non sono una misura diretta dell'innovazione, ma rappresentano un indicatore indiretto della rilevanza delle invenzioni e consentono di valutare sia la quantità sia la portata territoriale dei flussi di conoscenza.

Il presente elaborato si propone di esaminare la relazione tra la diffusione della banda ultralarga e l'attività innovativa, con attenzione alla distribuzione geografica delle citazioni brevettuali. A tal fine è stato costruito un dataset a livello comunale per il periodo 2012–2018, che integra le informazioni infrastrutturali, brevettuali e territoriali. L'analisi empirica si basa sull'applicazione di modelli econometrici per dati panel, con l'obiettivo di stimare in modo robusto l'effetto della disponibilità di fibra ottica sull'attività innovativa. Oltre alla stima dell'impatto complessivo, l'analisi considera le differenze territoriali e specifici sottogruppi di comuni, come i capoluoghi di regione. Sono inoltre previsti test di robustezza e specificazioni alternative per verificare la stabilità dei risultati. In questo modo, il lavoro intende contribuire al dibattito sulle politiche di sviluppo digitale e sul loro effetto sui processi di innovazione, offrendo nuove evidenze empiriche sul caso italiano.

Questo elaborato è organizzato come segue: il Capitolo 1 propone una revisione della letteratura empirica esistente, con l'obiettivo di offrire una sintesi delle principali evidenze finora prodotte, il Capitolo 2 è dedicato ai dati e agli indicatori di innovazione utilizzati nell'analisi, con particolare attenzione alle misure basate sulle citazioni brevettuali e alle evidenze preliminari che ne emergono; il Capitolo 3 illustra le specificazioni empiriche e le strategie metodologiche adottate per la stima, soffermandosi in particolare sul funzionamento dei modelli econometrici applicati; infine, il Capitolo 4 presenta e discute i risultati ottenuti dalle analisi.

Indice

Elenco delle tabelle	VII
Elenco delle figure	IX
Acronimi	XII
1 Letteratura	1
1.1 Crescita economica	2
1.2 Altri fattori economici	12
1.3 Internet e disuguaglianze	14
1.4 Altri impatti	16
1.5 Internet e l'innovazione	18
1.5.1 Donne e innovazione	22
2 Analisi dei Dati	25
2.1 Dataset	25
2.2 Statistiche descrittive	28
2.2.1 Diffusione della banda ultralarga (2012–2018)	29
2.2.2 Citazioni brevettuali: andamento e distribuzioni	36
3 Analisi Econometrica	47
3.1 Contesto teorico	47
3.2 Modelli di regressione	49
3.2.1 Modello a effetti fissi	51
3.2.2 Approccio con variabili strumentali (IV)	53
3.3 Test di robustezza	56
4 Risultati	57
4.1 Analisi a effetti fissi	57
4.1.1 Effetto della banda ultralarga sul numero totale di citazioni brevettuali	57

4.1.2	Effetto della banda ultralarga sulla distanza media delle citazioni	59
4.1.3	Effetto della banda ultralarga sulla distanza massima delle citazioni	61
4.1.4	Effetti della banda ultralarga nelle diverse aree geografiche .	63
4.1.5	Effetto della banda ultralarga sull'innovazione nei capoluoghi di regione	67
4.2	Analisi con variabili strumentali (IV)	70
Conclusioni		77
A Costruzione del Dataset		79
A.1	Costruzione e organizzazione del dataset brevettuale	79
A.1.1	Estrazione degli inventori tramite OPS	80
A.1.2	Raccolta degli indirizzi degli inventori	82
A.1.3	Geocodifica degli indirizzi degli inventori	82
B Statistiche e grafici dei dati		85
B.1	Statistiche descrittive	85
B.2	Diffusione banda ultralarga	86
B.3	Citazioni brevettuali: andamento e distribuzione	87
Bibliografia		95

Elenco delle tabelle

1.1	Internet e la crescita economica	6
1.2	Internet e la produttività	8
1.3	Internet e il mercato del lavoro	11
1.4	Internet e le nuove imprese	12
1.5	Altri fattori economici	14
1.6	Internet e disuguaglianze	16
1.7	Altri impatti	17
1.8	Internet e l'innovazione	24
2.1	Lista delle variabili	27
2.2	Statistiche descrittive delle principali variabili del dataset	28
4.1	Regressioni a effetti fissi: impatto della banda ultralarga sul numero totale di citazioni brevettuali (<code>tot_citing</code>)	58
4.2	Regressioni a effetti fissi: impatto della banda ultralarga sulla distanza media delle citazioni (<code>m_dist_citing</code>)	60
4.3	Regressioni a effetti fissi: impatto della banda ultralarga sulla distanza massima delle citazioni (<code>max_dist_citing</code>)	62
4.4	Effetto della banda ultralarga sul numero totale di citazioni brevettuali per macroarea (<code>tot_citing</code>)	64
4.5	Effetto della banda ultralarga sulla distanza media delle citazioni brevettuali per macroarea (<code>m_dist_citing</code>)	65
4.6	Effetto della banda ultralarga sulla distanza massima delle citazioni brevettuali per macroarea (<code>max_dist_citing</code>)	66
4.7	Regressione a effetti fissi sul campione dei comuni italiani, escludendo i capoluoghi di regione (<code>cap_regione=0</code>)	68
4.8	Regressione a effetti fissi sul campione dei soli capoluoghi di regione (<code>cap_regione=1</code>)	69
4.9	Risultati principali delle stime FE e IV per <code>tot_citing</code>	71
4.10	Risultati principali delle stime FE e IV per <code>m_dist_citing</code>	73
4.11	Risultati principali delle stime FE e IV per <code>max_dist_citing</code>	74

4.12 Risultati delle regressioni del primo stadio	75
A.1 Tipologia dei brevetti in base al prefisso	80
B.1 Statistiche descrittive delle variabili	85

Elenco delle figure

1.1	Impatto economico della banda larga	3
2.1	Numero di comuni italiani coperti da banda ultralarga nel periodo 2012–2018	31
2.2	Diffusione della banda ultralarga nelle regioni italiane, dal 2012 al 2018	32
2.3	Evoluzione annuale della percentuale di comuni coperti dalla banda ultralarga nelle regioni italiane, nel periodo 2012–2018	32
2.4	Distribuzione della copertura della banda ultralarga nei comuni italiani nel 2015	34
2.5	Distribuzione della copertura della banda ultralarga nei comuni italiani nel 2018	35
2.6	Distribuzione percentuale dei comuni presenti nel dataset	36
2.7	Serie temporale di <code>tot_citing</code> dal 2012 al 2018	37
2.8	Relazione tra distanza media delle citazioni (<code>m_dist_citing</code>) e numero totale di citazioni ricevute (<code>tot_citing</code>) nei comuni italiani, periodo 2012–2018	39
2.9	Distribuzione <code>tot_citing</code> per comune (2012–2018)	41
2.10	Distribuzione <code>m_dist_citing</code> per comune (2012–2018)	42
2.11	Evoluzione della media delle citazioni (<code>m_citing</code>) a livello comunale nei comuni connessi alla banda ultralarga in fibra ottica e in quelli non connessi, periodo 2012–2018	43
2.12	Andamento della distanza massima delle citazioni <code>max_dist_citing</code> a livello regione nel periodo 2012–2018	44
A.1	Pagina di un brevetto rilasciato dall’European Patent Office	83
B.1	Distribuzione della copertura della banda ultralarga nei comuni italiani nel 2016	86
B.2	Distribuzione della copertura della banda ultralarga nei comuni italiani nel 2017	87

B.3	Serie temporale di <code>m_citing</code> dal 2012 al 2018	88
B.4	Relazione tra distanza media delle citazioni (<code>m_dist_citing</code>) e numero totale di citazioni ricevute (<code>tot_citing</code>) nei comuni italiani, anno 2012	88
B.5	Relazione tra distanza media delle citazioni (<code>m_dist_citing</code>) e numero totale di citazioni ricevute (<code>tot_citing</code>) nei comuni italiani, anno 2013	89
B.6	Relazione tra distanza media delle citazioni (<code>m_dist_citing</code>) e numero totale di citazioni ricevute (<code>tot_citing</code>) nei comuni italiani, anno 2014	89
B.7	Relazione tra distanza media delle citazioni (<code>m_dist_citing</code>) e numero totale di citazioni ricevute (<code>tot_citing</code>) nei comuni italiani, anno 2015	90
B.8	Relazione tra distanza media delle citazioni (<code>m_dist_citing</code>) e numero totale di citazioni ricevute (<code>tot_citing</code>) nei comuni italiani, anno 2016	90
B.9	Relazione tra distanza media delle citazioni (<code>m_dist_citing</code>) e numero totale di citazioni ricevute (<code>tot_citing</code>) nei comuni italiani, anno 2017	91
B.10	Relazione tra distanza media delle citazioni (<code>m_dist_citing</code>) e numero totale di citazioni ricevute (<code>tot_citing</code>) nei comuni italiani, anno 2018	91
B.11	Distribuzione <code>max_dist_citing</code> per comune (2012–2018)	92
B.12	Andamento della distanza massima delle citazioni <code>m_dist_citing</code> a livello regione nel periodo 2012–2018	93

Acronimi

ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line

AI Artificial Intelligence

API Application Programming Interface

ASEAN Association of South-East Asian Nations

DiD Difference-in-Differences

DSL Digital Subscriber Line

EPO European Patent Office

FCC Federal Communications Commission

FE Fixed Effects

FTTC Fiber-To-The-Cabinet

FTTH Fiber-To-The-Home

GPT General Purpose Technology

ICT Information and Communications Technology

IoT Internet of Things

ISTAT Istituto Nazionale di Statistica

ITU International Telecommunications Union

IV Instrumental Variables

NFE Non Farming household Enterprise

NGA Next Generation Access

OCSE Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico

OLS Ordinary Least Squares

OPS Open Patent Services

PIL Prodotto Interno Lordo

R&D Research & Development

TFP Total Factor Productivity

UBB Ultra Fast Broadband

UE Unione Europea

UFB Ultra-Fast Broadband

USPTO United States Patent and Trademark Office

Capitolo 1

Letteratura

Negli ultimi anni, le **infrastrutture digitali** sono diventate un elemento indispensabile della vita quotidiana e del funzionamento delle economie moderne. Esse consentono agli individui di restare connessi, di comunicare e di accedere a una vasta gamma di servizi. In particolare, le reti di telecomunicazione rappresentano la base sulla quale si sviluppano una serie di applicazioni e servizi fondamentali, che spaziano dal trasferimento di dati, voce e video, fino all'impiego di soluzioni avanzate come l'Internet of Things (IoT) e l'intelligenza artificiale (AI, Artificial Intelligence). Tali potenzialità trovano effettiva attuazione grazie al progresso tecnologico, in particolare grazie dalla diffusione della fibra ottica e delle reti mobili di ultima generazione (4G e 5G).

Oltre a garantire la connettività, queste infrastrutture fungono da motore per l'**innovazione tecnologica** e l'evoluzione dei modelli economici. Non si limitano a facilitare l'introduzione di nuovi prodotti e servizi, ma influenzano anche la produzione e la diffusione della conoscenza, stimolando l'attività di ricerca e sviluppo (R&D, Research & Development). Un indicatore chiave di questo processo è rappresentato dai brevetti (*patents*), che misurano la novità e il valore tecnologico di un'invenzione, fornendo una valutazione quantitativa e qualitativa del livello di innovazione raggiunto in un determinato settore o Paese. Diversi studi empirici hanno evidenziato una correlazione positiva tra la diffusione della banda larga e l'aumento dell'attività brevettuale (Chen e Wang, 2023; Yang et al., 2022), suggerendo un legame diretto tra la digitalizzazione e l'innovazione, con effetti particolarmente rilevanti nei settori ad alta intensità tecnologica.

In questo contesto, la banda larga¹ merita un'attenzione particolare, soprattutto perché è una tecnologia ad uso generale (GPT, General Purpose Technology). Questo significa che i suoi effetti si estendono oltre il settore delle telecomunicazioni,

¹**Banda larga** (in inglese *broadband*): connessione dati con una velocità superiore a 2 Mbit/s.

influenzando vari ambiti dell'economia. Potenziare le infrastrutture di rete ad alta velocità non si limita solo a migliorare le prestazioni in termini di capacità e affidabilità, ma anche ridurre il divario digitale, ampliare la copertura territoriale e offrire servizi di qualità in aree che prima non ne avevano. Inoltre, questi investimenti creano posti di lavoro e generano reddito durante la fase di realizzazione delle infrastrutture, ma hanno anche effetti positivi sull'intero sistema economico e sociale, stimolando la produttività, l'innovazione e la crescita nel lungo periodo (Rohman e Bohlin, 2012).

L'obiettivo di questo capitolo è esaminare la letteratura che, nel corso degli anni, ha studiato l'impatto economico degli investimenti nelle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT, Information and Communications Technology) e, in particolare, degli investimenti nella banda larga, su vari aspetti: il mercato del lavoro, la crescita economica, la produttività delle imprese, l'innovazione, la violenza delle donne, il prezzo degli immobili, l'istruzione e le disuguaglianze di reddito.

Il capitolo è suddiviso nelle seguenti sezioni: nella sezione 1.1 si analizzano gli effetti dell'espansione della banda larga e dell'accesso a internet ad alta velocità sulla crescita economica, sulla produttività e sull'occupazione, prestando attenzione alle differenze legate al contesto territoriale, alle competenze della forza lavoro e alla qualità delle pratiche manageriali; nella sezione 1.2 si approfondiscono altri impatti, come la partecipazione al mercato del lavoro, le dinamiche del mercato finanziario e il commercio internazionale; nella sezione 1.3 si esplora il legame tra internet e le disuguaglianze, evidenziando il ruolo della connettività digitale nel ridurre (e in alcuni casi ampliare) i divari socio-economici; la sezione 1.4 raccoglie ulteriori effetti individuati dalla letteratura non riconducibili alle categorie precedenti; infine la sezione 1.5 si concentra sulla relazione tra internet e l'innovazione, che rappresenta il tema centrale dell'elaborato.

1.1 Crescita economica

La letteratura recente riconosce la diffusione della banda larga come uno dei principali motori della crescita economica attuale. La Figura 1.1 illustra come lo sviluppo delle reti a banda larga stimoli la crescita economica attraverso due percorsi principali. Il primo riguarda i *benefici diretti* derivanti dall'adozione della tecnologia da parte delle imprese e delle famiglie, che migliorano rispettivamente la produttività totale dei fattori² (TFP, Total Factor Productivity) e accrescono il reddito familiare e il surplus del consumatore. Il secondo percorso è rappresentato

²**Produttività Totale dei Fattori:** indicatore economico che misura l'efficienza complessiva con cui un'economia combina input come lavoro, capitale e tecnologia per generare un output, ovvero beni e servizi.

dagli *investimenti infrastrutturali* necessari per realizzare e mantenere le reti, che generano un impatto diretto e immediato sul contributo delle telecomunicazioni al Prodotto Interno Lordo (PIL). L'effetto congiunto di questi due meccanismi alimenta la crescita del PIL, includendo non solo l'aumento della produttività e dei consumi, ma anche un aspetto di benessere che spesso non viene catturato nelle tradizionali misure di valore aggiunto.

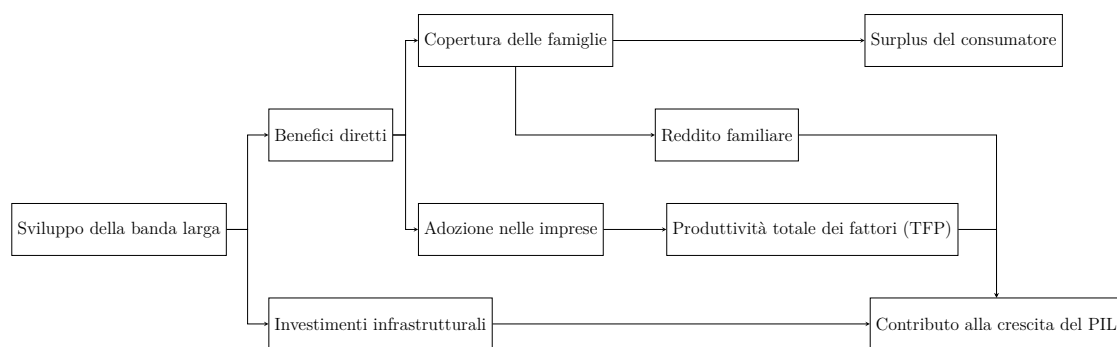


Figura 1.1: Impatto economico della banda larga

Fonte: ITU (2012)

La tecnologia della banda larga rappresenta un fattore determinante per la crescita economica e produce effetti su più livelli. In primo luogo, la sua adozione da parte delle imprese ne accresce la produttività, favorendo l'implementazione di processi più efficienti, come la digitalizzazione delle attività di marketing, l'ottimizzazione della gestione delle scorte e la razionalizzazione delle catene di approvvigionamento. In secondo luogo, una copertura estesa stimola l'innovazione, rendendo possibile lo sviluppo di nuovi servizi e applicazioni per i consumatori, quali le piattaforme avanzate di e-commerce e i sistemi di intermediazione finanziaria online. Infine, la banda larga contribuisce a migliorare l'organizzazione aziendale, ampliando l'accesso delle imprese ai mercati del lavoro, alle risorse produttive e a una base di consumatori più ampia (ITU, 2012).

Nelle sezioni successive verranno esaminati gli effetti specifici generati dalle infrastrutture digitali sui diversi settori economici.

Internet e la crescita economica

Gli studi che valutano l'impatto economico della banda larga utilizzano metodologie diverse, la cui scelta dipende dalla disponibilità e dal livello di dettaglio dei dati, nonché dal tipo di effetto che si intende misurare. La maggior parte delle analisi si focalizzano sui Paesi dell'OCSE (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico), in particolare in Europa occidentale e in Nord America. In generale, si osserva un contributo positivo della banda larga alla crescita del PIL, anche

se l'entità dell'impatto può variare notevolmente a seconda del contesto e delle tecniche econometriche adottate.

Crandall et al. (2007) forniscono una delle prime stime sull'impatto della banda larga sull'occupazione e sul PIL negli Stati Uniti. Analizzando i dati della Federal Communications Commission (FCC) raccolti in 48 Stati tra il 2003 e il 2005, gli autori notano che un aumento dell'1% nella penetrazione della banda larga porta a un incremento dell'occupazione statale tra lo 0,2% e lo 0,3%, equivalente a circa 300.000 nuovi posti di lavoro a livello nazionale. Gli effetti sono particolarmente evidenti nei settori dei servizi finanziari, dell'istruzione e della sanità. La correlazione con la crescita del PIL è positiva ma non statisticamente significativa, il che suggerisce che sono necessari dati più precisi per comprendere appieno il reale contributo al valore aggiunto.

Thompson e Garbacz (2008) non rilevano un effetto diretto robusto³ della banda larga sul PIL pro capite statale. Tuttavia, attraverso un modello a frontiera stocastica⁴ è emerso che un aumento del 10% nella copertura corrisponde a un incremento dell'efficienza del 3,6%. Questi risultati evidenziano che l'effetto economico della banda larga si manifesta principalmente in modo indiretto, attraverso un utilizzo più efficace dei fattori produttivi, piuttosto che tramite un impatto immediato dell'output.

Czernich et al. (2011) studiano come l'impatto della diffusione della banda larga abbia impattato sulla crescita del PIL pro capite in 25 Paesi dell'OCSE dal 1996 al 2007. Ispirandosi alla teoria della crescita endogena⁵, gli autori considerano la banda larga come una tecnologia abilitante che consente la diffusione capillare di informazioni e conoscenze, favorisce lo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche, prodotti e processi più efficienti e abilita modalità innovative di lavoro. Inoltre, l'accesso a connessioni veloci porta a una riduzione significativa dei costi di transazione, favorendo così una maggiore concorrenza sul mercato. I risultati dell'analisi mostrano che un aumento della copertura della banda larga di 10 punti percentuali comporta una crescita aggiuntiva del PIL pro capite compresa tra 0,9 e 1,5 punti percentuali annui.

Rohman e Bohlin (2012) valutano invece l'effetto della velocità della banda larga sulla crescita economica in 33 Paesi dell'OCSE nel periodo tra il 2008 e il

³Tra il 2001 e il 2006 un aumento del 10% nella penetrazione della banda larga è correlato a una diminuzione dello 0,18% del PIL, mentre nel periodo 2004-2006 l'effetto non risulta significativo.

⁴**Modello a frontiera stocastica:** una tecnica econometrica che misura quanto un'impresa (o un'economia) si avvicina al suo massimo potenziale produttivo, distinguendo gli scarti dovuti a semplici errori o variazioni casuali da quelli causati da vere inefficienze operative.

⁵**Teoria della crescita endogena:** sostiene che il progresso tecnologico e l'aumento della produttività derivano da investimenti interni all'economia, come conoscenza, innovazione e infrastrutture, generando esternalità positive che favoriscono la crescita complessiva.

2010. I loro risultati principali mostrano che un raddoppio della velocità media di download contribuisce per lo 0,3% alla crescita del PIL rispetto all'anno base.

Uno dei primi studi a includere esplicitamente i dati sulla banda larga in fibra ottica è quello di Sosa (2014), che indaga gli effetti economici della connettività gigabit⁶ negli Stati Uniti a livello locale. I risultati rivelano che il PIL pro capite negli Stati con una copertura gigabit superiore al 50% è circa l'1,1% più alto rispetto a quelli con una copertura inferiore.

Briglaue e Gugler (2019) analizzano un panel di 27 Paesi dell'Unione Europea (UE) nel periodo tra il 2003 e il 2015, valutando l'impatto delle diverse tecnologie di banda larga sulla crescita del PIL. I risultati mostrano che un aumento dell'1% nell'adozione della fibra ottica è associato a un incremento del PIL compreso tra lo 0,004% e lo 0,005%. Inoltre, l'analisi costi-benefici condotta dagli autori evidenzia che l'intervento pubblico risulta efficace solo fino a una copertura pari a circa il 50%, oltre la quale i costi tendono a superare i benefici.

Infine, Briglaue et al. (2025) analizzano un campione di 32 Paesi dell'OCSE nel periodo 2002–2020 al fine di stimare l'impatto della copertura e, soprattutto, dell'adozione delle reti a banda larga sulla crescita economica. I risultati evidenziano l'adozione delle reti a banda larga fissa e di quella mobile esercitano un effetto sostanziale e significativo sul PIL, mentre la sola copertura infrastrutturale produce effetti limitati. In particolare, un incremento dell'1% nell'adozione della banda larga fissa è associato a una crescita del PIL pro capite compresa tra lo 0,026% e lo 0,034%. L'adozione della banda larga mobile presenta un impatto ancora maggiore, con valori compresi tra lo 0,092% e lo 0,102%. Sebbene le tecnologie mobili generino benefici più immediati, l'adozione della banda larga fissa produce effetti dinamici e cumulativi più rilevanti nel tempo. Gli autori concludono che politiche basate soltanto sull'offerta, orientate ad aumentare la copertura infrastrutturale, non sono sufficienti a stimolare la crescita economica. Al contrario, è l'effettiva adozione delle nuove tecnologie da parte dei consumatori a rappresentare il fattore cruciale per la generazione di benefici economici di lungo periodo.

In sintesi, la maggior parte degli studi condotti a livello nazionale hanno evidenziato un effetto positivo e statisticamente significativo della disponibilità (o adozione) della banda larga sulla crescita del PIL. In Tabella 1.1 viene riportata una panoramica dei contributi finora analizzati.

Internet e la produttività

La letteratura sottolinea il ruolo centrale della connettività digitale, in particolare dell'accesso alla banda larga, nel miglioramento della produttività aziendale. Viene

⁶**Connettività gigabit:** tecnologia di rete che offre velocità di trasferimento di dati di 1.000 megabit al secondo (Mbps) (1 Gbps).

Tabella 1.1: Internet e la crescita economica

Studio	Dati	Risultati principali
Crandall et al. (2007)	Stati Uniti (48 Stati), 2003–2005	Nessun risultato statisticamente significativo per il PIL; un aumento dell'1% nella copertura della banda larga è associato a un incremento dello 0,2–0,3% dell'occupazione
Thompson e Garbacz (2008)	Stati Uniti (46 Stati), 2001–2005	Non ci sono effetti diretti significativi sul PIL; un aumento del 10% nella penetrazione della banda larga è associato a un incremento del 3,6% nell'efficienza
Czernich et al. (2011)	25 Paesi OCSE, 1996–2007	L'introduzione della banda larga genera un incremento del PIL pro capite compreso tra il 2,7% e il 3,9%, mentre un incremento di 10 punti percentuali della copertura porta a un aumento del tasso di crescita annua dello 0,9–1,5 punti percentuali
Rohman e Bohlin (2012)	33 Paesi OCSE, 2008–2010	Un raddoppio della velocità di connessione da 8,3 Mbps a 16,6 Mbps genera un incremento dello 0,3% del PIL pro capite rispetto all'anno base
Sosa (2014)	Stati Uniti (livello locale), 2011–2012	Le aree con disponibilità di servizi gigabit presentano un PIL pro capite superiore dell'1,1% rispetto a quelle con disponibilità scarsa o nulla
Briglaue e Gugler (2019)	27 Stati dell'UE, 2003–2015	L'adozione della banda larga ha un effetto modesto ma significativo sul PIL. Tuttavia, i benefici economici netti risultano maggiori con una copertura parziale (circa 50%) rispetto a una copertura totale
Briglaue et al. (2025)	32 Paesi OCSE 2002–2020	L'adozione della banda larga fissa aumenta il PIL pro capite tra lo 0,026% e lo 0,034%, mentre quella mobile tra lo 0,092% e lo 0,102%; l'adozione delle reti produce benefici economici maggiori rispetto alla sola copertura infrastrutturale

fornita una visione complessa che mette in risalto sia i benefici potenziali delle ICT sia le sfide legate alla loro implementazione. Gli effetti positivi sono chiaramente evidenti nello studio di Cardona et al. (2013), che dimostra come la diffusione e l'utilizzo delle ICT abbiano avuto un impatto significativo sulle opportunità e sull'efficienza delle imprese nella produzione e nella fornitura di servizi, contribuendo così alla crescita economica. Tuttavia, l'entità e la visibilità di tale impatto dipendono fortemente dal livello di analisi e dalla metodologia adottata.

DeStefano et al. (2018) analizzano l'impatto dell'accesso alla banda larga tramite tecnologia ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) sull'adozione delle tecnologie ICT (hardware e software) e sulle performance aziendali in termini di fatturato, occupazione e produttività. I risultati evidenziano che un aumento medio di un PC per dipendente porta a un aumento del fatturato dell'1,37%, mentre un incremento unitario analogo del capitale ICT per addetto genera una crescita occupazionale dello 0,88%. Tuttavia, non sono stati riscontrati effetti statisticamente significativi sulla produttività totale dei fattori, il che suggerisce che l'introduzione della banda larga, pur ampliando la scala delle attività aziendali, non comporta necessariamente un miglioramento dell'efficienza operativa.

Al contrario, Schivardi e Schmitz (2019) evidenziano come la produttività del Sud Europa (Italia, Spagna, Portogallo) sia cresciuta meno rispetto ad altre economie sviluppate, in particolare la Germania, nel periodo compreso tra il 1995 e il 2008. Secondo gli autori, la causa principale di questa divergenza risiede nell'inefficienza delle pratiche manageriali adottate nel Sud Europa, che ha limitato i benefici dell'adozione delle tecnologie ICT. Durante questo periodo, la produttività è aumentata dell'11,1% in Germania, mentre in Italia è cresciuta del 5,9%, in Portogallo del 3,4% e in Spagna del 2,5%.

Grimes et al. (2012) studiano l'impatto dell'adozione della banda larga sulla produttività delle imprese in Nuova Zelanda, rilevando che connessioni più veloci sono associate a un aumento della produttività, con stime che variano tra il 7% e il 10%. L'effetto risulta robusto nei diversi settori e nelle diverse aree geografiche, incluse quelle rurali, a conferma dell'importanza della connettività come leva strategica per la crescita.

Tuttavia, la sola disponibilità della banda larga non sembra essere sufficiente a generare un incremento significativo della produttività. Analizzando i dati relativi alla diffusione della fibra ottica in Nuova Zelanda negli anni 2010 e 2012, Fabling e Grimes (2016) stimano l'impatto dell'adozione di tale tecnologia sulle performance delle imprese. I risultati mostrano che, in media, non vi è alcun effetto statisticamente significativo né sull'occupazione né sulla produttività. I benefici emergono solo per quelle imprese che, oltre a utilizzare la tecnologia, investono anche in capitale organizzativo, riuscendo così a sfruttare al massimo il potenziale delle nuove infrastrutture digitali.

Analogamente, Haller e Lyons (2015) utilizzano dati panel a livello aziendale in Irlanda dal 2002 al 2009 per stimare gli effetti della disponibilità di diverse velocità di connessione sulla produttività. Gli autori utilizzano uno stimatore dei minimi quadrati a due stadi, utilizzando la disponibilità geografica della banda larga come variabile strumentale, al fine di affrontare i problemi di endogeneità e controllare l'eterogeneità specifica delle imprese nel tempo. Essi rilevano che, sebbene le imprese più produttive siano più propense a utilizzare la DSL (Digital Subscriber Line), l'adozione della banda larga veloce (oltre 2 MB/s) non incide in modo significativo sulla produttività delle imprese o sulla sua crescita.

Caldarola (2022) analizza gli effetti dell'adozione di internet mobile sulle imprese familiari non agricole (NFE, Non Farming household Enterprise) in Nigeria tra il 2010 e il 2015. I risultati rivelano un aumento della produttività del lavoro, spinto principalmente dalla crescita delle vendite, in particolare nei servizi. Tuttavia, non si notano effetti positivi sull'ingresso nel settore manifatturiero. L'uso di internet ha portato a una diminuzione dell'impiego di lavoratori familiari nelle NFE, ma questo è stato compensato da un maggior ricorso a manodopera esterna e dal reimpiego dei membri della famiglia in altre attività al di fuori dall'impresa. Si osserva quindi un miglioramento della mobilità occupazionale, anche se non sempre

a vantaggio dei membri della famiglia, con i benefici che tendono a concentrarsi presso le imprese già esistenti.

Nel contesto italiano, Cambini et al. (2023) analizzano l'impatto della banda ultralarga (UFB, Ultra-Fast Broadband) sulle imprese italiane tra il 2013 e il 2019, evidenziando un aumento medio della produttività totale dei fattori (TFP) del 2,9% e della produttività del lavoro del 3,9%. I benefici si concentrano principalmente nelle imprese dei servizi e nelle aree del Nord-Ovest e del Sud Italia. La tipologia di rete risulta determinante: le connessioni in fibra mista (FTTC, Fiber-To-The-Cabinet), che prevedono un tratto in fibra ottica fino all'armadio stradale e un ultimo segmento in rame fino ai locali di destinazione, spiegano la parte principale dell'aumento di produttività. Le connessioni in rete interamente in fibra (FTTH, Fiber-To-The-Home), in cui l'intero collegamento fino alla sede dell'utente finale è realizzato in fibra ottica, garantiscono ulteriori miglioramenti, stimati in un incremento dell'1,2% della TFP e dell'1,8% della produttività del lavoro.

La Tabella 1.2 presenta questi studi, evidenziando i dati utilizzati e i risultati principali.

Tabella 1.2: Internet e la produttività

Studio	Dati	Risultati principali
DeStefano et al. (2018)	Regno Unito, 2000	L'investimento in ICT incrementa l'occupazione e fatturato, ma non produce effetti significativi sulla produttività totale dei fattori
Schivardi e Schmitz (2019)	Paesi dell'UE, 1995–2008	Le inefficienze manageriali hanno limitato l'adozione delle ICT nel Sud Europa, frenandone la produttività e ampliando il divario con il Nord
Grimes et al. (2012)	Nuova Zelanda, 2006	L'adozione della banda larga aumenta la produttività d'impresa del 7-10%, indipendentemente dal contesto territoriale o dall'intensità di conoscenze del settore
Fabling e Grimes (2016)	Nuova Zelanda (livello aziendale), 2010–2012	In media l'adozione della banda ultralarga non ha un impatto significativo sull'occupazione e sulla produttività; emergono effetti positivi sulla produttività solo se accompagnata da investimenti complementari nel capitale organizzativo
Haller e Lyons (2015)	Irlanda (livello aziendale), 2002–2009	Le imprese più produttive sono più propense a utilizzare la DSL, mentre l'adozione della banda larga non sembra influire in modo significativo sulla produttività o sulla crescita delle aziende
Caldarola (2022)	Nigeria, 2010–2015	L'adozione di internet mobile aumenta la produttività delle NFE (soprattutto nei servizi), non favorisce la nascita di nuove imprese e concentra i benefici tra quelle già attive
Cambini et al. (2023)	Italia, 2013–2019	L'accesso alla banda ultralarga aumenta la TFP del 2,9% e la produttività del lavoro del 3,9%; le reti interamente in fibra (FTTH) garantiscono un ulteriore incremento, con benefici maggiori per le imprese dei servizi e per quelle localizzate nel Nord-Ovest e nel Sud d'Italia

Internet e il mercato del lavoro

Oltre agli studi sulla crescita del PIL e sulla produttività delle imprese, una parte della letteratura si sofferma sugli effetti della diffusione della banda larga sul mercato del lavoro, con una particolare attenzione all'occupazione. Tutte queste analisi sono riportate sinteticamente nella Tabella 1.3.

Le previsioni sugli impatti economici e sociali derivanti dall'espansione della banda larga sono state spesso ottimistiche, a volte persino eccessive. Kolko (2012) ha evidenziato una relazione positiva tra la diffusione della banda larga e la crescita economica locale. Tale relazione è più forte nei settori che fanno maggiore affidamento sulle ICT e nelle aree con una bassa densità di popolazione. Tuttavia, i benefici per i residenti locali risultano limitati, poiché l'espansione della banda larga non incide in modo significativo né sui salari né sui tassi di occupazione.

Hjort e Poulsen (2019) si concentrano sull'impatto economico dell'introduzione di internet ad alta velocità sull'occupazione nei Paesi in via di sviluppo, con un particolare focus sul continente africano. Lo studio si basa sulla posa dei cavi sottomarini che hanno notevolmente migliorato la velocità e l'accessibilità di internet. I risultati mostrano che la disponibilità di connessioni veloci ha portato a un aumento significativo dei tassi di occupazione, arrivando fino al 13,2% in alcune regioni. I benefici si concentrano soprattutto nelle professioni ad alta qualificazione, mentre i lavoratori meno istruiti hanno registrato incrementi più contenuti. Tuttavia, non si rilevano effetti negativi sull'occupazione nelle aree non connesse. L'aumento complessivo dell'occupazione è attribuibile alla crescita delle imprese, della produttività e delle esportazioni, che ha portato a un incremento del reddito medio.

Forman et al. (2012) analizzano gli effetti degli investimenti in internet sulla crescita dei salari negli Stati Uniti tra il 1995 e il 2000. Attraverso un'analisi empirica, gli autori hanno rilevato una correlazione positiva tra l'adozione delle tecnologie digitali avanzate e l'aumento dei salari a livello locale, ma tale correlazione è risultata significativa solo in un numero ristretto di contee (circa il 6% del totale), che però rappresentano il 42% della popolazione. Inoltre, questi investimenti hanno contribuito ad accrescere le disuguaglianze regionali, favorendo soprattutto le contee già avvantaggiate in termini di reddito, istruzione e dotazione tecnologica.

Uno studio condotto in Norvegia da Akerman et al. (2015) evidenzia come gli effetti della banda larga sul mercato del lavoro dipendano fortemente dal livello di competenza dei lavoratori. L'adozione della banda larga ha facilitato l'esecuzione di compiti complessi e non ripetitivi, portando a un aumento dei salari e opportunità di lavoro per i lavoratori qualificati (laureati). Dall'altra parte, i lavoratori meno qualificati hanno subito una diminuzione sia delle opportunità di lavoro sia dei salari, poiché la diffusione della banda larga ha portato all'automazione dei compiti ripetitivi e manuali, riducendo così la domanda di lavoro meno specializzato.

Per quanto riguarda il ruolo della velocità di connessione, Ford (2018) analizza il caso degli Stati Uniti nel periodo tra il 2013 e il 2015, confrontando le contee con almeno l'80% di copertura a 25 Mbps con quelle caratterizzate da meno del 20% di copertura a 25 Mbps ma oltre l'80% a 10 Mbps. Il modello include variabili socio-demografiche a livello di contea (popolazione, densità abitativa, livello di istruzione e dimensione dei nuclei familiari) e controlli per effetti fissi statali. I risultati mostrano che un aumento della velocità da 10 a 25 Mbps non produce effetti statisticamente significativi sugli esiti economici, in particolare riguardo al numero di posti di lavoro, ai salari e al reddito personale.

In molti Paesi dell'UE, i governi incentivano gli investimenti nelle infrastrutture di rete in fibra ottica attraverso sussidi pubblici, specialmente nelle aree meno redditizie e rurali. In questo quadro si colloca lo studio di Briglauer et al. (2019), che analizza un programma di aiuti statali in Baviera tra il 2010 e il 2011. L'intervento ha portato a un notevole aumento della copertura della banda larga ad alta velocità: nei comuni beneficiari la copertura risulta superiore tra i 18,4 e i 25,4 punti percentuali rispetto a quelli non sovvenzionati. Dal punto di vista occupazionale, non si riscontrano effetti significativi né sui salari né sul numero medio di posti di lavoro per residente. Si osserva però un aumento del tasso di occupazione dei residenti, legato soprattutto a posizioni qualificate, favorito dalla possibilità di lavorare anche fuori dal proprio comune senza creare nuova occupazione locale. In conclusione, gli autori rilevano che i sussidi alla banda larga contribuiscono a contrastare lo spopolamento dei comuni rurali, senza però generare nuova attività economica.

Nascita di nuove imprese

Gli effetti economici della banda larga non si limitano alla produttività e all'occupazione, ma si estendono anche allo sviluppo locale, misurato attraverso la creazione di nuove imprese, l'attività imprenditoriale e le performance dei settori specifici.

La letteratura riconosce in gran parte i vantaggi derivanti dalle connessioni a banda ultralarga⁷, ma sottolinea anche che l'entità di questi vantaggi dipende fortemente dal contesto territoriale. Come in precedenza, i principali risultati di questi studi sono riportati nella Tabella 1.4.

McCoy et al. (2018) analizzano il caso dell'Irlanda nel periodo tra il 2002 e il 2011, utilizzando un dataset urbano che copre l'intera storia dello sviluppo della banda larga nel Paese. Per mitigare i problemi di endogeneità, lo studio si concentra solo sulle nuove imprese create annualmente, controllando per le condizioni occupazionali

⁷**Banda ultralarga** (in inglese *ultra broadband*): connessione a internet con velocità effettiva di download pari o superiore a 30 Mbit/s, fornita tramite reti di accesso di nuova generazione (NGA, Next Generation Access).

Tabella 1.3: Internet e il mercato del lavoro

Studio	Dati	Risultati principali
Kolko (2012)	Stati Uniti (ZCTA e contea), 1999–2006	La diffusione della banda larga è associata alla crescita dell'occupazione locale, senza effetti significativi sui salari e sul tasso di occupazione. Gli effetti sono più forti nei settori ICT e nelle aree a bassa densità abitativa
Hjort e Poulsen (2019)	12 Paesi africani, 2006–2014	L'arrivo di internet veloce (via cavo sottomarino) ha aumentato significativamente l'occupazione, soprattutto nei lavori qualificati, senza aumentare le disuguaglianze
Forman et al. (2012)	Stati Uniti (contee), 1995–2000	Gli investimenti in internet hanno favorito la crescita dei salari solo nelle contee già ben sviluppate (il 6% del totale), mentre non ha avuto impatti significativi altrove, ampliando così le disuguaglianze regionali
Akerman et al. (2015)	Norvegia (imprese), 2001–2007	L'adozione della banda larga nelle imprese aumenta la produttività e il salario dei lavoratori qualificati, ma riduce quelli dei lavoratori non qualificati
Ford (2018)	Stati Uniti (contee), 2013–2015	Una maggiore copertura del servizio a 25 Mbps non aumenta in modo significativo il numero di posti di lavoro, i salari e il reddito personale
Briglaauer et al. (2019)	Germania (Baviera), 2010–2011	Gli aiuti di Stato aumentano la copertura della banda larga ad alta velocità. Non creano nuovi posti di lavoro né aumenti salariali, ma incrementano il tasso di occupazione locale

preesistenti e includendo effetti fissi di area e di tempo. I risultati indicano che la disponibilità di infrastrutture in fibra ottica favorisce la nascita di nuove imprese, in particolare nei settori ad alta tecnologia (high-tech). Tuttavia, l'impatto risulta più marcato nelle aree caratterizzate da un capitale umano più qualificato, mentre è trascurabile laddove i livelli di istruzione sono più bassi. Questo suggerisce come la banda larga sia condizione necessaria, ma non sufficiente, per attrarre nuove opportunità imprenditoriali.

Un'analisi simile è stata condotta da Hasbi (2017) sui comuni francesi nel periodo tra il 2010 e il 2015. Utilizzando un dataset con oltre 36.000 comuni e controllando per effetti fissi temporali e comunali, l'autore stima l'impatto delle reti a banda ultralarga sia sul numero complessivo di imprese sia sui flussi di nuove entrate. Per ridurre il rischio di endogeneità e causalità inversa, lo studio si concentra in particolare sulle nuove imprese e introduce variabili ritardate di due anni. I risultati evidenziano un aumento del 2,7% nel numero complessivo di imprese attive, con effetti significativi solo per le nuove imprese del settore terziario, e non per edilizia e industria. Inoltre, si osserva una crescita delle imprese individuali e una riduzione della disoccupazione, segnalando un impatto positivo sull'economia locale.

Per quanto riguarda il contesto italiano, Cambini e Sabatino (2023) analizzano l'impatto della banda ultralarga (UBB) nel periodo tra il 2012 e il 2019. A differenza di altri studi che mostrano prevalentemente effetti positivi sulla nascita di nuove imprese, gli autori evidenziano un quadro più complesso: la diffusione dell'UBB

ha incrementato i tassi di uscita delle imprese, in particolare di quelle di piccola dimensione, con circa 6.500 chiusure all'anno, mentre l'impatto sull'entrata di nuove imprese è limitato e circoscritto ai settori digitali e alle aree economicamente più sviluppate. Lo studio evidenzia quindi che l'accesso a tecnologie avanzate può penalizzare alcune imprese, anziché favorirle tutte allo stesso modo.

Tabella 1.4: Internet e le nuove imprese

Studio	Dati	Risultati principali
McCoy et al. (2018)	Irlanda, 2002–2011	La disponibilità di infrastrutture basate sulla fibra ottica ha un impatto positivo sulla creazione di nuove imprese, ma solo nelle aree in cui è disponibile capitale umano altamente qualificato
Hasbi (2017)	Francia (livello comunale), 2010–2015	Le reti a banda ultralarga aumentano del 2,7% il numero complessivo di imprese locali, riduzione della disoccupazione e aumento delle imprese individuali
Cambini e Sabatino (2023)	Italia (7.799 comuni), 2012–2019	La diffusione della banda ultralarga aumenta i tassi di uscita delle imprese (+1,8% annuo, circa 6.500 chiusure), mentre gli effetti positivi sull'ingresso di nuove imprese sono limitati nei settori digitali e alle aree più sviluppate

1.2 Altri fattori economici

La diffusione di internet e delle connessioni a banda larga hanno avuto impatti rilevanti sull'economia, influenzando l'occupazione, le decisioni di investimento, la formazione dei prezzi e le relazioni commerciali. L'accesso rapido alle informazioni, la possibilità di lavorare da remoto e la riduzione dei costi di transazione hanno profondamente cambiato sia i comportamenti individuali sia le strategie aziendali, producendo effetti osservabili tanto a livello microeconomico quanto in aggregati macroeconomici.

Negli Stati Uniti, tra il 2000 e il 2009, la quota di famiglie con accesso a internet ad alta velocità è cresciuta dal 5% al 74%. In questo contesto, Dettling (2013) analizza se tale diffusione abbia inciso sulla partecipazione delle donne sposate al mercato del lavoro. I risultati mostrano un incremento del tasso di partecipazione femminile pari a 4,7 punti percentuali (stima OLS), con effetti più marcati per le madri con figli minori (+29,3%) e per le laureate (+38%). I risultati evidenziano tre principali meccanismi alla base dell'aumento della partecipazione: lo smart working, la maggiore efficienza nella ricerca di lavoro online e il risparmio di tempo nelle attività domestiche. Si osserva invece un lieve effetto negativo legato all'aumento del tempo speso in attività ricreative online.

Sempre in ambito microeconomico, Hvide et al. (2022) indagano se l'adozione della banda larga da parte delle famiglie influenzi le decisioni finanziarie individuali in Norvegia. Mentre studi precedenti avevano mostrato un aumento del

trading speculativo online, senza benefici di rendimento e talvolta con performance peggiori (Barber e Odean, 2002; Choi et al., 2002), questo lavoro evidenzia che l'accesso più rapido alle informazioni ha portato a decisioni finanziarie più efficienti, favorendo una maggiore partecipazione al mercato azionario. In particolare, un incremento di 10 punti percentuali nella diffusione della banda larga determina un aumento dello 0,7 punti percentuali nella partecipazione al mercato finanziario, spiegato interamente dall'aumento degli investimenti in fondi comuni. L'effetto risulta particolarmente rilevante tra individui con reddito e istruzione più bassi, tradizionalmente meno presenti sul mercato.

Brown e Goolsbee (2002) mostrano che, tra il 1995 e il 1997, i siti di comparazione online hanno ridotto i premi delle polizze assicurative sulla vita dell'8-15%, con un guadagno del surplus per i consumatori. Le stime econometriche indicano che un aumento di 10 punti percentuali nell'uso di internet comporta una riduzione dei premi dell'1,5-4,5%, mentre l'introduzione iniziale delle piattaforme ha accresciuto la dispersione dei prezzi.

Czernich (2014) valuta l'impatto della diffusione delle connessioni DSL sulla disoccupazione nei comuni tedeschi tra il 2002 e il 2006. Sebbene una prima analisi OLS suggerisca una correlazione negativa tra la diffusione della banda larga e il tasso di disoccupazione, in gran parte dovuta a fattori preesistenti⁸, l'analisi strumentale (IV), che corregge per endogeneità, non conferma alcun effetto causale significativo.

Analizzando il mercato immobiliare inglese tra il 1995 e il 2010, Ahlfeldt et al. (2017) dimostrano che la velocità della connessione a banda larga ha un impatto nei prezzi delle abitazioni. In particolare, stimano che l'assenza di una connessione di prima generazione (fino a 8 Mbit/s) riduca il valore medio degli immobili del 2,8%, mentre l'accesso a una connessione più veloce (fino a 24 Mbit/s) comporti un incremento di circa 1%. Inoltre, l'analisi evidenzia che l'incremento della velocità e la copertura delle abitazioni non servite generano benefici significativi nei contesti urbani e suburbani, mentre nelle aree rurali le evidenze risultano meno robuste.

Anche sul commercio internazionale emergono effetti significativi. Freund e Weinhold (2004), analizzando il periodo tra il 1997 e il 1999, mostrano come internet abbia favorito l'espansione delle esportazioni e l'apertura commerciale dei Paesi, riducendo i costi fissi di ingresso per le imprese esportatrici, pur senza modificare sostanzialmente il cosiddetto "*bias di prossimità*"⁹.

Analogamente, Malgouyres et al. (2021) mostrano che l'espansione della banda larga in Francia tra il 1997 e il 2007 ha prodotto un aumento delle importazioni

⁸**Fattori preesistenti:** i comuni con tassi di disoccupazione più bassi nel 2006 sono gli stessi che avevano tassi più bassi nel 2002.

⁹**Bias di prossimità** è la tendenza dei flussi commerciali a diminuire all'aumentare della distanza geografica tra Paesi (ossia la distanza penalizza il volume di scambio).

aziendali (circa +25%), delle vendite (+5%), del valore aggiunto (+6%) e una riduzione del costo unitario di produzione di circa 1,7%, grazie soprattutto a una migliore accessibilità agli input esteri.

In sintesi, la diffusione delle connessioni a banda larga ha influito positivamente su vari ambiti economici, tra cui la partecipazione al mercato del lavoro, le decisioni finanziarie, il commercio internazionale, il mercato assicurativo e immobiliare. Sebbene questi impatti siano generalmente favorevoli, gli effetti specifici possono variare in base al contesto locale e alle caratteristiche preesistenti dei mercati analizzati. La Tabella 1.5 sintetizza i risultati principali di questi studi, evidenziando i dati utilizzati e gli effetti stimati.

Tabella 1.5: Altri fattori economici

Studio	Dati	Risultati principali
Dettling (2013)	Stati Uniti, 1997–2011	La diffusione della banda larga ha aumentato la partecipazione femminile al mercato del lavoro, in particolare tra donne sposate con figli piccoli
Hvide et al. (2022)	Norvegia, 2002–2007	La diffusione della banda larga ha favorito la partecipazione delle famiglie al mercato finanziario, soprattutto tramite fondi comuni, con effetti più marcati tra i gruppi a basso reddito e istruzione inferiore
Brown e Goolsbee (2002)	Stati Uniti, 1995–1997	L'introduzione dei siti web di comparazione prezzi ha ridotto i prezzi delle polizze di assicurazione sulla vita dell'8-15%, aumentando il surplus dei consumatori, soprattutto nei gruppi con maggiore uso di internet
Czernich (2014)	Germania (livello comunale), 2002–2006	Il modello OLS evidenzia una relazione negativa tra disponibilità DSL e disoccupazione, l'IV non mostra alcun effetto significativo sul tasso di disoccupazione
Ahlfeldt et al. (2017)	Regno Unito, 1995–2010	La velocità della banda larga ha un effetto positivo significativo sui prezzi immobiliari, ma con rendimenti marginali decrescenti
Freund e Weinhold (2004)	56 Paesi del mondo, 1995–1999	La diffusione di internet ha favorito la crescita delle esportazioni, riducendo i costi fissi di accesso ai mercati esteri, ma non ha attenuato l'effetto della distanza sul commercio internazionale
Malgouyres et al. (2021)	Francia, 1997–2007	La diffusione della banda larga ha aumentato le importazioni delle imprese, le vendite e il valore aggiunto, riducendo il costo unitario di produzione

1.3 Internet e disuguaglianze

La diffusione della banda larga ha inciso in modo significativo sull'economia globale, aprendo nuove opportunità di crescita, lavoro e accesso ai servizi. Tuttavia, come rilevato dalla Banca Mondiale (*World Development Report 2016*), i cosiddetti *digital*

*dividends*¹⁰ si sono manifestati solo parzialmente, concentrandosi sui gruppi più istruiti e benestanti, mentre circa il 60% della popolazione mondiale resta esclusa dall'accesso alla rete (World Bank, 2016). In assenza di istituzioni solide, di un capitale umano qualificato e di mercati competitivi, le tecnologie digitali rischiano di ampliare anziché ridurre le disuguaglianze economiche e occupazionali.

Ünver (2014) conferma che, nonostante il divario digitale globale si stia riducendo grazie a una maggiore penetrazione di internet, persistono ancora delle disuguaglianze, dovute soprattutto alle disparità nei livelli di istruzione e reddito. Questo suggerisce che una maggiore accessibilità alla rete non comporti automaticamente una riduzione delle disuguaglianze, poiché gli effetti rimangono eterogenei e fortemente dipendenti dai fattori socio-economici.

In Asia, Panichsombat (2016) osserva che l'aumento della copertura di internet non ha prodotto un miglioramento della distribuzione del reddito, con effetti meno negativi nei Paesi più sviluppati rispetto a quelli in via di sviluppo. Diversamente, concentrandosi sugli otto Paesi dell'ASEAN¹¹ (Association of South-East Asian Nations), Ningsih e Choi (2019) riscontrano che la diffusione di internet ha contribuito a ridurre in modo significativo la disuguaglianza, mentre le entrate fiscali, che dovrebbero ridurla attraverso la redistribuzione, non mostrano un effetto statisticamente significativo.

Nel contesto francese, Hounbonon e Liang (2017) mostrano che la diffusione della banda larga è associata a un aumento del reddito medio e a una riduzione delle disuguaglianze a livello comunale. Queste evidenze indicano che lo sviluppo di infrastrutture digitali adeguate può contribuire a ridurre i divari economici territoriali e a migliorare le condizioni socio-economiche anche nelle aree più svantaggiate. Allo stesso tempo, l'eterogeneità dei risultati nei diversi contesti conferma la complessità del rapporto tra la digitalizzazione e la disuguaglianza, richiamando l'attenzione sull'importanza dei fattori istituzionali e socio-economici.

La pandemia di COVID-19 ha evidenziato l'importanza di disporre di un accesso domestico affidabile a internet per la produttività e il benessere individuale. Barrero et al. (2021) mostrano che, durante la crisi sanitaria, gli individui con connessioni affidabili hanno manifestato un maggiore benessere soggettivo, a parità di altre condizioni socio-demografiche ed economiche. Tale evidenza conferma il ruolo cruciale delle infrastrutture digitali nel rafforzare la resilienza e la stabilità economica, inserendosi nel più ampio dibattito sul contributo della connettività digitale alla produttività e alla coesione sociale, in particolare nei momenti di crisi.

¹⁰**Digital dividends:** benefici economici e sociali attesi dalla diffusione delle tecnologie digitali, come internet e la banda larga.

¹¹**Paesi dell'ASEAN** analizzati: Cambogia, Indonesia, Laos, Malesia, Filippine, Singapore, Thailandia e Vietnam.

Nel complesso, la letteratura suggerisce che la diffusione di internet possa contribuire a ridurre le disuguaglianze di reddito, se affiancata da politiche per lo sviluppo delle competenze digitali, l'acquisizione di capacità tecnologiche e un accesso equo alle infrastrutture. Tuttavia, restano delle disparità nell'uso della rete e le specificità socio-economiche nazionali possono influenzare l'entità e la direzione degli impatti. Ciò evidenzia la necessità di strategie mirate per sfruttare appieno il potenziale della digitalizzazione nell'inclusione economica. La Tabella 1.6 riporta una sintesi degli studi esaminati in questa sezione.

Tabella 1.6: Internet e disuguaglianze

Studio	Dati	Risultati principali
Ünver (2014)	160 Paesi, 2000–2010	Esiste una correlazione positiva tra istruzione e penetrazione di internet, ma il fattore più determinante è reddito medio (PIL pro capite)
Panichsombat (2016)	191 Paesi, 1990–2015	A livello globale internet riduce le disuguaglianze, mentre in Asia non ne ha migliorato la distribuzione e può averle accentuate; nei Paesi in via di sviluppo l'effetto non è statisticamente significativo
Ningsih e Choi (2019)	8 Paesi membri dell'ASEAN, 1995–2014	Nei Paesi dell'ASEAN, una maggiore diffusione di internet è associata a una riduzione delle disuguaglianze di reddito, sebbene il ruolo di mediazione delle entrate fiscali non risulti statisticamente significativo
Houngbonon e Liang (2017)	Francia (5.021 comuni), 2009–2013	In Francia, la diffusione della banda larga ha contribuito a far crescere i redditi e a ridurre le disuguaglianze, con benefici maggiori nelle fasce di reddito più basse
Barrero et al. (2021)	Stati Uniti, 2020–2021	Durante la pandemia, una connessione domestica di migliore qualità è stata associata a un maggiore benessere soggettivo e a una maggiore resilienza economica

1.4 Altri impatti

Oltre agli effetti di natura economica e produttiva, la diffusione della banda larga e delle nuove tecnologie digitali ha generato impatti significativi in numerosi ambiti della vita sociale. Diversi studi hanno infatti esplorato l'impatto dell'accesso a internet sulla partecipazione politica, sui comportamenti sociali e sui risultati scolastici, rivelando dinamiche complesse e talvolta controverse. I principali risultati di questi studi sono riportati nella Tabella 1.7.

Campante et al. (2017) analizzano l'impatto della banda larga sulla partecipazione politica in Italia tra il 1996 e il 2013. Nei primi anni, l'accesso a internet ha avuto un impatto negativo sull'affluenza elettorale, poiché sia gli elettori meno coinvolti sia quelli insoddisfatti hanno sfruttato le nuove possibilità di "uscita" offerte dalla tecnologia digitale. Con il tempo, questo effetto si è progressivamente trasformato: nei comuni in cui la rete è arrivata prima si sono sviluppati gruppi

locali organizzati online, che hanno orientato il dissenso verso la partecipazione elettorale. In questo modo, la riduzione iniziale dell'affluenza si è attenuata fino a invertirsi, come evidenziato dai risultati delle elezioni del 2013.

Bhuller et al. (2013) affrontano un aspetto particolarmente controverso e delicato della diffusione di internet, analizzando il legame causale tra l'accesso alla banda larga e l'aumento dei reati sessuali in Norvegia. I risultati mostrano che l'uso di internet è associato a un aumento significativo delle denunce per stupri e altri reati sessuali. Per spiegare tale evidenza, gli autori considerano tre possibili canali: un effetto di *reporting* (maggiore propensione alla denuncia), un effetto di *matching* (più opportunità di contatto tra i potenziali autori e le vittime) e un effetto *diretto* sulla propensione al crimine (legato all'accesso facilitato alla pornografia). Le analisi empiriche escludono che l'aumento sia imputabile soltanto a un cambiamento nei comportamenti di denuncia, evidenziando invece che il canale diretto costituisce il principale fattore esplicativo.

I benefici della fibra ottica sull'apprendimento scolastico sono stati studiati da Grimes e Townsend (2018) in Nuova Zelanda, durante l'attuazione della "*Ultra-Fast Broadband Initiative*" tra il 2012 e il 2016, che ha reso disponibile la connessione in fibra ottica nelle scuole e negli ospedali. Nelle scuole primarie, l'accesso alla fibra ha aumentato di circa un punto percentuale la quota di studenti che raggiungono o superano gli standard nazionali. Non emergono differenze significative in base al genere o all'appartenenza a minoranze etniche, mentre vi sono alcune evidenze di benefici maggiori nelle scuole con una più alta presenza di studenti provenienti da contesti socio-economici meno abbienti (scuole a basso decile).

In conclusione, la diffusione della banda larga incide in maniera trasversale sulla società. Da un lato, ridisegna la partecipazione politica, dall'altro influenza i comportamenti sociali e contribuisce al miglioramento dei risultati scolastici, confermando il ruolo delle infrastrutture digitali come determinanti economici, sociali e culturali.

Tabella 1.7: Altri impatti

Studio	Dati	Risultati principali
Campante et al. (2017)	Italia, 1996–2013	Iniziale calo dell'affluenza del 7% dovuto a nuove possibilità di "uscita", seguito dallo sviluppo dell'attivismo online locale che ha riportato la partecipazione e invertito la tendenza nel 2013
Bhuller et al. (2013)	Norvegia, 2000–2008	La diffusione di internet è associata a un aumento dei reati sessuali, legato all'accesso alla pornografia, senza effetti su altri reati né sul solo aumento delle denunce
Grimes e Townsend (2018)	Nuova Zelanda, 2011–2016	La fibra ottica ha aumentato il tasso di promozione nelle scuole primarie di circa un punto percentuale, con effetti relativamente maggiori nelle scuole con più studenti provenienti da contesti socio-economici svantaggiati

1.5 Internet e l'innovazione

Il legame tra le infrastrutture digitali e l'innovazione è oggetto di crescente attenzione, con particolare riguardo al ruolo della banda larga e di internet nel promuovere l'attività brevettuale e la qualità delle invenzioni. Molti studi mostrano che lo sviluppo della banda larga è associato a un aumento dei brevetti e delle citazioni, che sono indicatori della quantità e dell'impatto dell'innovazione. L'accesso a reti veloci incide inoltre sulla produttività, sulle capacità tecnologiche e sulle collaborazioni tra imprese, con effetti che variano a seconda del contesto economico e tecnologico. La Tabella 1.8 riassume i principali contributi empirici su questo tema, evidenziando dati e risultati emersi in diversi Paesi.

Aghion et al. (2009) analizzano l'impatto dell'entrata di nuovi concorrenti sull'innovazione e sulla produttività delle imprese già presenti sul mercato (*incumbent*) nel Regno Unito, utilizzando dati a livello di stabilimento e misurando la distanza dei settori britannici dalla *frontiera tecnologica*¹² statunitense nel periodo compreso tra il 1987 e il 1993. L'analisi mostra che, nei settori prossimi alla frontiera, l'ingresso delle imprese estere è associato a una crescita sia della produttività sia dell'attività brevettuale delle imprese incumbent. Questi risultati sono in linea con la teoria della crescita schumpeteriana, secondo la quale la pressione competitiva funge da stimolo all'innovazione. Al contrario, nei settori caratterizzati da un minor livello di sviluppo tecnologico, la minaccia derivante dall'entrata di nuovi concorrenti tende a ridurre gli incentivi all'innovazione da parte delle imprese già presenti sul mercato.

Bertschek et al. (2013) analizzano l'impatto della diffusione della banda larga nelle imprese tedesche tra il 2001 e il 2003. I risultati mostrano che la correlazione positiva con la produttività del lavoro scompare una volta considerata l'endogeneità, mentre l'accesso alla tecnologia DSL (Digital Subscriber Line) ha un effetto significativo e robusto sull'innovazione di processo e di prodotto. Gli autori concludono che l'innovazione favorita dalla banda larga può tradursi in aumenti di produttività nel lungo periodo.

Nel contesto Europeo, Bartelsman et al. (2019) esaminano il legame tra la produttività, le innovazioni tecnologiche e la diffusione della connettività a banda larga, attraverso l'analisi di dati aziendali provenienti da dieci Paesi europei nel periodo 2002–2010. Gli autori osservano che le innovazioni di prodotto sono significativamente legate alla produttività, ma in misura minore rispetto alla quota di dipendenti con connessione a banda larga. In particolare, un incremento di un punto percentuale nella proporzione di dipendenti con connessione a banda larga si

¹²**Frontiera tecnologica:** livello massimo di tecnologia e produttività raggiunto in un settore o Paese, rispetto al quale si misura il ritardo degli altri.

traduce in un aumento medio della produttività dello 0,36%, un effetto che risulta robusto in quasi tutti i Paesi considerati. In altre parole, la capacità delle imprese di adottare e sfruttare efficacemente le tecnologie ICT risulta essere un fattore più decisivo per la produttività rispetto al semplice processo di innovazione di prodotto.

Xu et al. (2019) mostrano che l'accesso a internet è positivamente correlato all'incremento dell'attività brevettuale negli Stati Uniti. In particolare, la disponibilità di connessioni a 10 Mbps risulta sufficiente a stimolare l'innovazione, mentre ulteriori incrementi della velocità (25, 50 o 100 Mbps) non producono benefici aggiuntivi. Ne consegue che politiche volte ad ampliare la diffusione di un livello minimo di connettività sono più efficaci nel promuovere l'innovazione rispetto a quelle focalizzate esclusivamente sull'aumento delle velocità di connessione.

Yang et al. (2022) analizzano l'impatto della diffusione della banda larga sull'innovazione delle imprese in Cina, combinando microdati delle società quotate con dati macroeconomici sulla penetrazione di internet. I risultati mostrano che un incremento dell'1% nell'accesso alla banda larga è associato a una crescita dell'1,395% del numero di brevetti aziendali, con effetti positivi anche sul numero di brevetti validi (ossia ancora in vigore) e sulle loro citazioni, considerate un indicatore della qualità e della rilevanza delle innovazioni. La disponibilità di connessioni veloci favorisce l'assunzione di personale dedicato alla ricerca e sviluppo, migliora l'efficienza dei processi innovativi e riduce i vincoli finanziari, con effetti particolarmente significativi nelle imprese high-tech e in quelle a controllo statale.

Chen e Wang (2023), analizzando 274 città cinesi tra il 2016 e il 2018, evidenziano che la velocità della banda larga è un fattore rilevante per l'innovazione, misurata dalle domande di brevetto. Un aumento del 10% della velocità di connessione è associato in media a 0,06 domande aggiuntive per 10.000 abitanti. L'effetto è più marcato nelle città con alta penetrazione di internet, PIL pro capite elevato, maggiori investimenti pubblici in R&D e rilevanti flussi di investimenti diretti esteri. I benefici riguardano soprattutto i brevetti di invenzione e i modelli di utilità, ossia soluzioni tecniche che migliorano la funzionalità o l'efficienza di prodotti e processi, mentre non emergono effetti per i brevetti di design. Infine, non si osservano rendimenti decrescenti, ma una relazione crescente, suggerendo che ulteriori investimenti infrastrutturali possano ancora produrre benefici significativi per la capacità innovativa delle città cinesi.

Mao et al. (2024) analizzano l'impatto dello sviluppo dell'economia digitale (*digital economy*) sull'innovazione e sul valore delle imprese, utilizzando un campione di società quotate in Cina nel periodo 2011–2018. I risultati evidenziano una relazione positiva tra l'avanzamento dell'economia digitale e l'attività innovativa delle imprese, con effetti particolarmente significativi nelle aziende in fase di crescita, in quelle a forte intensità di lavoro e nelle aree economicamente meno sviluppate. Per affrontare i problemi di endogeneità, gli autori adottano un approccio quasi-sperimentale basato sul programma "*Broadband China*", che consente di stabilire

un nesso causale tra il potenziamento delle infrastrutture digitali e l'aumento dell'innovazione. In termini quantitativi, un incremento di un'unità dell'indice di sviluppo dell'economia digitale è associato a un aumento di circa 4,8% delle domande complessive di brevetto. Infine, lo studio mostra che l'economia digitale accresce il valore delle imprese attraverso la promozione dell'attività innovativa, contribuendo così a un modello di sviluppo economico sostenibile.

Kaufmann et al. (2003) analizzano l'impatto di internet sulle reti di innovazione delle imprese austriache, considerando sia la dimensione spaziale delle collaborazioni sia la tipologia dei partner coinvolti. I risultati evidenziano che le tecnologie digitali servono soprattutto a migliorare la comunicazione all'interno delle relazioni già consolidate, mentre la capacità di internet di ampliare la portata territoriale delle collaborazioni risulta piuttosto limitata, con effetti concentrati sul livello nazionale ed europeo e solo marginalmente su quello globale. I nuovi rapporti instaurati tramite internet riguardano principalmente i fornitori e imprese di servizi, mentre sono meno frequenti le collaborazioni con i clienti, le università e i centri di ricerca. Inoltre, la natura tacita della conoscenza, ossia un sapere difficile da codificare e trasmettere senza contatto diretto, rappresenta una barriera alla costruzione di nuove relazioni attraverso strumenti digitali, confermando che la prossimità geografica e l'esperienza pregressa con specifici attori restano fattori decisivi per l'avvio di nuove collaborazioni nei processi di innovazione.

Thompson e Fox-Kean (2005) riconsiderano i risultati di Jaffe et al. (1993), i quali avevano mostrato la tendenza dei brevetti a citare altri brevetti localizzati nella stessa area geografica, suggerendo la presenza di spillover¹³ locali. Gli autori dimostrano però che questa evidenza è in gran parte dovuta al metodo di costruzione dei gruppi di controllo, basato su classificazioni tecnologiche troppo aggregate. Utilizzando sottoclassi più dettagliate, mostrano che gli effetti di localizzazione all'interno del Paese, a livello statale (cioè tra brevetti dello stesso Stato) e metropolitano (cioè tra brevetti della stessa area urbana), non sono statisticamente significativi. Rimane invece evidente la rilevanza dei confini nazionali: i brevetti continuano a citare con maggiore probabilità altri brevetti dello stesso Paese rispetto a quelli esteri. In sintesi, lo studio ridimensiona il ruolo della prossimità geografica entro i confini nazionali, mettendo in risalto i confini tra Paesi come barriera alla diffusione della conoscenza.

Forman e Zeebroeck (2012) analizzano come la diffusione di internet abbia influenzato le collaborazioni di R&D all'interno delle imprese tra il 1992 e il 1998. Gli autori rilevano che l'adozione di internet di base ha incrementato in modo significativo la probabilità di ottenere brevetti in collaborazione tra team

¹³**Spillover:** trasferimento non intenzionale di conoscenza i cui benefici ricadono su soggetti diversi dall'inventore.

geograficamente distanti, mentre non ha influito sulle collaborazioni all'interno della stessa sede o sui brevetti registrati da un singolo inventore. Questo suggerisce che l'accesso a internet ha ridotto i costi di coordinamento per i team di grandi dimensioni e distribuiti, migliorando così la loro produttività. Al contrario, non emergono evidenze che la riduzione dei costi di accesso alle risorse abbia prodotto un incremento della produttività della ricerca.

L'adozione di BITNET, una delle prime reti di comunicazione accademica, ha determinato un incremento nell'attività brevettuale delle università statunitensi. Analizzando la diffusione graduale della rete tra il 1981 e il 1990, Wernsdorf et al. (2022) forniscono un'evidenza causale del legame tra le tecnologie di comunicazione e l'innovazione. In media, l'introduzione di BITNET ha generato circa 0,3 brevetti universitari in più per 100.000 abitanti, un effetto che sale a 1,4 brevetti quando i risultati sono ponderati per le citazioni ricevute, utilizzate come indicatore della qualità dei brevetti. Tale aumento è riconducibile principalmente alla formazione di nuove collaborazioni tra inventori, soprattutto tra università già connesse alla rete, e riguarda prevalentemente brevetti strettamente legati alla scienza. Al contrario, non si osservano effetti significativi sulle attività brevettuali delle imprese non accademiche.

Fadeev (2024) propone una reinterpretazione del ruolo delle citazioni brevettuali, non come semplici spillover involontari di conoscenza, bensì come trasferimenti intenzionali tra imprese legate da rapporti di collaborazione. L'autore mostra che, a partire dal 2000, la concentrazione delle citazioni è aumentata in modo significativo e che circa il 76% proviene da partner commerciali, come fornitori, clienti o collaboratori in attività di ricerca congiunta. Con l'intensificarsi della concorrenza, le imprese tendono a ricorrere più spesso al segreto per tutelare il proprio know-how, limitando i flussi di conoscenza e rafforzando il ruolo delle reti collaborative nell'innovazione.

Hoberg et al. (2020) analizzano l'impatto dell'espansione dell'accesso a internet in Cina sulla competizione innovativa tra Stati Uniti e Cina. Gli autori dimostrano che la maggiore capacità delle imprese cinesi di acquisire conoscenze online ha portato a una riduzione degli investimenti in ricerca e sviluppo e a un calo del numero di brevetti depositati dalle imprese statunitensi. Allo stesso tempo, l'attività brevettuale in Cina è aumentata, spesso includendo citazioni dirette dei brevetti americani. Questi risultati evidenziano un effetto di *crowding out* dell'innovazione statunitense, ovvero una diminuzione degli incentivi a innovare causata dalla crescente attività cinese, e mostrano come la competizione economica si sia progressivamente spostata dal mercato dei prodotti al piano dell'innovazione, divenuto il principale campo di confronto a livello internazionale.

Zheng e Wang (2020) analizzano l'impatto del blocco di Google in Cina del 2014 sulla capacità innovativa, utilizzando il metodo della differenza nelle differenze (DiD, Difference-in-Differences) su un campione di brevetti USPTO (United States

Patent and Trademark Office) depositati da inventori cinesi e da un gruppo di controllo costituito da Giappone, Corea del Sud, Taiwan, Hong Kong e Singapore. I risultati mostrano che la restrizione ha determinato un calo dell'8,1% del valore economico delle invenzioni (circa 57.000 dollari per brevetto) e una riduzione della capacità degli inventori di ampliare i propri orizzonti di ricerca attingendo a conoscenze nuove e lontane dal proprio settore di riferimento. In particolare, la distanza tecnologica, che misura il grado di ricerca in settori tecnologici lontani, e la distanza cognitiva, che misura il grado di ricerca in conoscenze non immediatamente visibili agli inventori, si sono ridotte rispettivamente del 9,1% e dell'11,5% dopo l'introduzione della restrizione. L'effetto risulta più attenuato per gli inventori con reti di collaborazione più ampie, mentre tende a essere più intenso nei settori tecnologici maggiormente vicini alla scienza. Nel complesso, lo studio sottolinea che l'accesso a strumenti avanzati di ricerca online non si limita a ridurre i costi informativi, ma rappresenta un fattore cruciale per espandere l'orizzonte cognitivo e tecnologico, promuovendo lo sviluppo di innovazioni di valore.

Infine, Spiezia (2011) analizza l'impatto delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) sulle capacità innovative delle imprese in alcuni Paesi membri dell'OCSE. I risultati evidenziano che l'adozione delle ICT favorisce l'innovazione di prodotto e di marketing, mentre non produce effetti significativi sulla capacità delle imprese di cooperare in attività di ricerca e sviluppo, di innovare internamente o di introdurre prodotti nuovi per il mercato. Ne emerge che le ICT svolgono principalmente un ruolo di facilitazione nell'adozione e nell'implementazione di innovazioni, senza incidere in misura rilevante sulle capacità inventive di base.

1.5.1 Donne e innovazione

Negli ultimi anni, numerosi studi hanno evidenziato un chiaro divario di genere nel campo dell'innovazione e della produzione scientifica. La letteratura non solo ha rilevato una sottorappresentazione delle donne, ma ha anche analizzato meccanismi strutturali e sistemici che ostacolano la loro piena partecipazione, con particolare riferimento al settore dei brevetti.

Negli Stati Uniti, la quota di brevetti con almeno una donna inventrice è passata dal 7% negli anni '80 al 21% nel 2016, mentre il *women inventor rate*, ossia la percentuale di inventrici sul totale degli inventori unici a cui è stato concesso un brevetto in un dato anno, ha raggiunto appena il 12% nel 2016 (USPTO, 2019). Le donne risultano più attive negli Stati a maggiore intensità tecnologica e partecipano sempre più spesso a team di inventori a composizione mista. Nonostante tali progressi, rimangono ampie disparità di genere, segno di un potenziale innovativo femminile ancora in gran parte inespresso.

Uno dei contributi più rilevanti sull'analisi delle cause del divario di genere nell'innovazione è lo studio di Hunt et al. (2012), che rilevano come solo il 5,5%

dei titolari di brevetti commercializzati sia donna. Gli autori attribuiscono il 78% di questa disparità alle minori probabilità, per le donne laureate in discipline scientifiche e ingegneristiche, di brevettare, nonostante la loro presenza in questi settori. Tra i principali ostacoli vi è la scarsa presenza femminile in ruoli chiave legati all'ingegneria e alla progettazione. Colmare questo divario potrebbe accrescere il PIL pro capite degli Stati Uniti del 2,7%, sottolineando la necessità di interventi strutturali volti a promuovere una più ampia inclusione delle donne nei processi innovativi.

Caviggioli et al. (2023) si concentrano sugli *star inventors*, ovvero quegli inventori che si distinguono per un'elevata produttività e per l'impatto rilevante delle proprie attività brevettuali. Analizzando i dati USPTO relativi al periodo 2008–2010, gli autori rilevano che le donne rappresentano il 13,1% del totale degli inventori, ma solo il 7,7% degli *star*. I risultati evidenziano che, sebbene le donne siano generalmente svantaggiate nelle attività brevettuali, le inventrici che raggiungono lo status di *star* mostrano performance comparabili agli uomini sia in termini di quantità che di qualità dei brevetti. La durata della carriera incide in modo significativo sulla produttività femminile, anche se con effetti meno marcati tra gli *star*. Inoltre, tra gli inventori con portafogli brevettuali ampi (almeno cinque famiglie brevettuali), non si riscontrano differenze qualitative legate al genere, a indicare che le disuguaglianze si manifestano soprattutto nelle fasi iniziali e intermedie della carriera.

Le disparità di genere emergono anche nelle pubblicazioni accademiche. Beaudry e Larivière (2016) analizzano i fattori che influenzano l'impatto scientifico dei ricercatori in Québec, con una particolare attenzione alle differenze di genere nei tassi di citazione. I risultati mostrano che, sebbene la produttività e la collaborazione scientifica incidano positivamente sul numero di citazioni ricevute, un finanziamento pubblico insufficiente e la dipendenza da fondi privati penalizzano soprattutto le ricercatrici, in particolare nell'ambito delle scienze della salute. In questo settore, infatti, gli articoli firmati da donne ricevono sistematicamente meno citazioni rispetto a quelli firmati dai colleghi uomini, anche a parità di coautori o di rivista. Nelle scienze naturali e ingegneria, invece, le differenze di genere risultano più contenute. Nel complesso, gli autori evidenziano come questi risultati riflettano forme sistemiche di discriminazione, in linea con il cosiddetto *Matilda effect*¹⁴.

In sintesi, le evidenze mostrano la necessità di politiche che favoriscano l'accesso delle donne a ruoli innovativi, sostengano le carriere nella fase di consolidamento e contrastino i bias di genere nei processi di valutazione, così da valorizzare pienamente il contributo femminile all'innovazione.

¹⁴**Matilda effect:** bias di genere per cui i contributi scientifici delle donne vengono sottovalutati o attribuiti a colleghi maschi, riducendone la visibilità e ostacolandone la carriera.

Tabella 1.8: Internet e l'innovazione

Studio	Dati	Risultati principali
Aghion et al. (2009)	Regno Unito, 1987–1993	L'entrata di nuove imprese aumenta l'innovazione e la produttività degli incumbent solo nei settori vicini alla frontiera tecnologica
Bertschek et al. (2013)	Germania, 2001–2003	La banda larga non incide sulla produttività, ma ha un effetto positivo e significativo sull'attività innovativa delle imprese
Bartelsman et al. (2019)	10 Paesi dell'UE, 2002–2010	Le innovazioni di prodotto aumentano la produttività, ma l'impatto della connettività a banda larga è più forte, con effetti variabili tra i settori
Xu et al. (2019)	Stati Uniti, 2013–2015	L'accesso a internet stimola l'innovazione: 10 Mbps sono sufficienti a favorire l'attività brevettuale, mentre velocità superiori non apportano benefici aggiuntivi
Yang et al. (2022)	Cina, 2007–2016	Un aumento dell'1% dell'accesso alla banda larga è associato a un incremento dell'1,395% dei brevetti aziendali, con effetti più rilevanti nelle imprese high-tech e statali
Chen e Wang (2023)	Cina, 2016–2018	L'aumento della velocità della banda larga stimola l'innovazione, senza evidenza di rendimenti decrescenti, con effetti più marcati nelle città con un PIL pro capite più elevato e una maggiore penetrazione di internet
Mao et al. (2024)	Cina, 2011–2018	Lo sviluppo dell'economia digitale è positivamente correlato all'innovazione e al valore d'impresa, come confermato dal programma "Broadband China", con effetti più forti per le imprese in crescita, ad alta intensità di lavoro e localizzate in aree meno sviluppate
Kaufmann et al. (2003)	Austria, 2001	Internet migliora la comunicazione nelle reti già consolidate, ma ha un impatto limitato sull'espansione geografica e sulla diversificazione delle collaborazioni
Thompson e Fox-Kean (2005)	Stati Uniti, 1976–2001	Nessun effetto di spillover tra regioni o stati dello stesso Paese, confermata invece la rilevanza dei confini nazionali
Forman e Zeebroeck (2012)	Stati Uniti, 1992–1998	L'adozione di internet ha aumentato le collaborazioni R&D tra sedi geograficamente distanti, senza influire sulle collaborazioni all'interno della stessa sede o sui brevetti registrati da un singolo inventore
Wernsdorf et al. (2022)	Stati Uniti (BITNET), 1981–1990	BITNET ha incrementato la produzione brevettuale nelle università statunitensi, favorendo la collaborazione tra nuovi team di inventori, soprattutto nelle aree non urbane
Fadeev (2024)	Brevetti USPTO 1976–2019, rapporti tra imprese 2003–2022 (analisi principale 2001–2014)	Le citazioni brevettuali rappresentano trasferimento intenzionali di conoscenza tra imprese partner, più concentrati dopo il 2000, in contrasto con l'idea di spillover involontari
Hoberg et al. (2020)	Cina e Stati Uniti, 2001–2016	L'espansione dell'accesso a internet in Cina ha ridotto gli investimenti in R&D e il numero di brevetti delle imprese statunitensi, favorendo al contempo l'aumento dei brevetti cinesi, spesso basati su quelli statunitensi
Zheng e Wang (2020)	Brevetti depositati negli Stati Uniti da inventori cinesi, 2013–2015	Il blocco di Google in Cina ha ridotto la distanza cognitiva e tecnologica delle ricerche, causando una perdita di circa 57.000 dollari per brevetto
Spiezia (2011)	11 Paesi dell'OCSE, 2004–2008	L'ICT favorisce l'innovazione di prodotto e di marketing, ma non potenzia la capacità inventiva o la cooperazione in attività di innovazione delle imprese

Capitolo 2

Analisi dei Dati

In questo capitolo viene presentata un'analisi strutturata e approfondita del dataset su cui si fonda l'analisi econometrica. Un'adeguata comprensione della natura e delle caratteristiche del dataset rappresenta un passaggio preliminare indispensabile per una corretta interpretazione dei risultati che emergeranno dalle analisi successive. In quest'ottica, il capitolo si apre con la descrizione del dataset, soffermandosi sulle modalità di costruzione, sull'orizzonte temporale di riferimento e sull'insieme delle variabili incluse. Particolare attenzione è dedicata a queste ultime, con l'obiettivo di chiarirne il significato e il ruolo all'interno dell'analisi.

Successivamente, il capitolo propone un primo inquadramento del dataset mediante l'analisi delle statistiche descrittive, che consente di sintetizzare le informazioni in modo chiaro e sistematico, evidenziando le principali caratteristiche dei dati e le eventuali peculiarità delle loro distribuzioni, le quali potrebbero incidere in modo significativo sulle analisi successive. A tal fine vengono presentati indicatori sintetici quali media, mediana, deviazione standard, valori massimi e minimi delle principali variabili, accompagnati da considerazioni interpretative volte a mettere in luce le caratteristiche del campione osservato.

La discussione è suddivisa in due sezioni: nella sezione 2.1 viene descritto il contenuto del dataset, mentre nella sezione 2.2 sono presentate le statistiche descrittive e le prime evidenze empiriche che emergono dall'analisi dei dati.

2.1 Dataset

Per lo svolgimento dell'analisi empirica è stato costruito un *panel dataset* a livello comunale per l'Italia, con l'obiettivo di analizzare la relazione tra la diffusione delle infrastrutture digitali e l'innovazione. Il dataset copre il periodo 2012–2018 e include informazioni sulla disponibilità della banda ultralarga e sull'attività brevettuale, misurata attraverso le citazioni brevettuali.

Il dataset è stato costruito integrando diverse fonti di dati e riorganizzandole a livello comunale e annuale. Un aspetto rilevante riguarda i dati brevettuali. A partire da un elenco completo di brevetti, sono stati identificati gli inventori e georeferenziati sulla base delle coordinate di latitudine e longitudine. In questo modo ogni brevetto è stato associato ai comuni in cui risultano localizzati i rispettivi inventori, rendendo possibile il calcolo delle distanze tra i diversi luoghi coinvolti nelle citazioni. Le procedure adottate per la geolocalizzazione delle informazioni sono descritte in dettaglio nell'Appendice A. L'approccio seguito è in linea con la letteratura che attribuisce particolare importanza alla dimensione spaziale dell'innovazione (de Rassenfosse et al., 2019).

Dalle citazioni brevettuali sono stati ricavati indicatori che permettono di valutare sia la quantità dell'attività innovativa, sia la sua distribuzione territoriale. In particolare, sono stati calcolati il numero complessivo di citazioni e le principali statistiche descrittive (media, deviazione standard, valori minimo e massimo), insieme a misure relative alle distanze territoriali, come la distanza media, la somma delle distanze e i valori estremi. In questo modo, il dataset consente di osservare non solo le caratteristiche quantitative delle citazioni, ma anche l'ampiezza spaziale dei flussi di conoscenza.

Il dataset finale comprende **54.999 osservazioni** relative al periodo 2012–2018, articolate su **18 variabili**. In termini di copertura territoriale, include **7.857 comuni italiani**, pari a quasi la totalità dei 7.896 censiti al 30 giugno 2025¹. Poiché il numero di comuni inclusi è molto vicino al totale dei comuni italiani, il dataset risulta ampiamente rappresentativo e permette di svolgere analisi affidabili sia a livello aggregato sia a livello comunale.

Le variabili del dataset possono essere raggruppate in tre categorie principali:

- **Variabili infrastrutturali:** comprendono la disponibilità della banda ultralarga in fibra ottica e distanza minima di ciascun comune dal nodo di backbone² più vicino
- **Variabili di innovazione:** includono il numero di citazioni brevettuali, indicatori sintetici (media, deviazione standard, valori minimi e massimi) e le misure delle distanze geografiche delle citazioni
- **Variabili territoriali:** includono i codici ISTAT e la classificazione territoriale (comune, provincia, regione)

¹Fonte: ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica), <https://www.istat.it/classificazione/codici-dei-comuni-delle-province-e-delle-regioni/>

²**Backbone:** la rete principale di telecomunicazioni, costituita da collegamenti ad alta capacità che connettono tra loro i nodi centrali e garantiscono il trasporto dei dati a livello nazionale.

In sintesi, il dataset integra variabili di natura territoriale, infrastrutturale e brevettuale, organizzate in modo da renderle direttamente confrontabili e utilizzabili per l'analisi. L'elenco completo delle variabili è riportato nella Tabella 2.1, che ne presenta una descrizione sintetica.

Tabella 2.1: Lista delle variabili

Nome variabile	Descrizione
istat_110	Codice ISTAT univoco attribuito a ciascun comune
year	Anno di riferimento dell'osservazione (2012–2018)
comune	Denominazione del comune
province	Provincia di appartenenza del comune
regione	Regione di appartenenza del comune
ssl_2001	Codice identificativo del Sistema Locale del lavoro (ISTAT 2001)
tot_dum_ubb	Variabile binaria (<i>dummy</i>) che indica la disponibilità di banda ultralarga nel comune (1 = presente, 0 = assente)
mindist_opb	Distanza minima (in km) tra il comune e il nodo più vicino della rete nazionale di backbone
tot_citing	Numero totale di citazioni ricevute dai brevetti localizzati nel comune
m_citing	Media delle citazioni ricevute dai brevetti del comune
sd_citing	Deviazione standard delle citazioni ricevute dai brevetti del comune
min_citing	Numero minimo di citazioni ricevute da un brevetto del comune
max_citing	Numero massimo di citazioni ricevute da un brevetto del comune
m_dist_citing	Distanza media (in km) delle citazioni ricevute dai brevetti del comune
tot_dist_citing	Somma delle distanze (in km) associate alle citazioni
sd_dist_citing	Deviazione standard delle distanze (in km) associate alle citazioni
min_dist_citing	Distanza minima (in km) osservata per le citazioni ricevute dai brevetti del comune
max_dist_citing	Distanza massima (in km) osservata per le citazioni ricevute dai brevetti del comune

2.2 Statistiche descrittive

Dopo aver descritto la struttura del dataset, questa sezione presenta le prime evidenze empiriche emerse dall'osservazione dei dati. L'analisi descrittiva permette di delineare le caratteristiche delle variabili di interesse e di evidenziare tendenze temporali e geografiche che saranno approfondite nelle analisi econometriche successive.

Le statistiche descrittive rappresentano un passaggio preliminare, in quanto consentono di definire l'ordine di grandezza delle variabili e di valutarne la variabilità. Attraverso misure sintetiche quali media, mediana, deviazione standard, valore massimo e valore minimo è possibile costruire un quadro utile per l'interpretazione dei risultati successivi.

Le elaborazioni sono state realizzate con il supporto di software statistici e di calcolo, in particolare Stata ed Excel, con l'obiettivo di descrivere la distribuzione delle citazioni brevettuali e delle infrastrutture digitali sul territorio. Pertanto, l'analisi considera sia le differenze tra comuni e regioni, sia l'evoluzione temporale, al fine di evidenziare le differenze del caso italiano.

La Tabella 2.2 riporta le statistiche descrittive delle principali variabili del dataset, fornendo un primo quadro quantitativo della relazione tra le infrastrutture digitali e l'innovazione.

Tabella 2.2: Statistiche descrittive delle principali variabili del dataset

	N	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Infrastrutture digitali					
tot_dum_ubb	54999	0.196	0.397	0	1.00
mindist_opb	54999	43.653	25.357	0	297.73
Citazioni brevettuali					
tot_citing	54999	1.195	11.276	0	848.00
m_citing	54999	0.241	1.061	0	65.00
sd_citing	54999	0.158	0.826	0	83.44
min_citing	54999	0.131	0.858	0	25.00
max_citing	54999	0.489	2.063	0	124.00
Distanze delle citazioni					
m_dist_citing	54999	542.997	1841.787	0	18717.20
tot_dist_citing	54999	367.374	1559.612	0	63733.04
sd_dist_citing	54999	6.261	132.712	0	6356.25
min_dist_citing	54999	541.167	1838.229	0	18717.20
max_dist_citing	54999	545.438	1848.938	0	18717.20

La Tabella 2.2 distingue tre gruppi di variabili: quelle relative alle infrastrutture digitali, alle citazioni brevettuali e alle distanze delle citazioni. Per quanto riguarda le prime, la variabile binaria (*dummy*) `tot_dum_ubb` mostra un valore medio pari a 0,196, segnalando che meno del 20% delle osservazioni dispone di banda ultralarga. La distanza minima dal nodo backbone (`mindist_opb`) presenta una media di circa 44 km, caratterizzata da una forte variabilità. In alcuni casi i valori raggiungono quasi i 300 km, segnalando differenze tra territori nella vicinanza alle principali infrastrutture di rete. Le variabili sulle citazioni brevettuali evidenziano una distribuzione estremamente asimmetrica. Considerando l'intero insieme delle osservazioni (comune-anno), il numero medio di citazioni è pari a circa 1,2. Tuttavia, questo valore medio non riflette una distribuzione uniforme: la maggior parte dei comuni presenta valori nulli o molto bassi, mentre in pochi casi si registrano livelli estremamente elevati, con un massimo pari a 848 citazioni.

La scelta di presentare le statistiche in forma aggregata per l'intero periodo 2012–2018 permette di offrire una prima fotografia complessiva degli ordini di grandezza e delle distribuzioni delle variabili, fornendo la base per analizzare in seguito le dinamiche temporali con maggiore dettaglio.

2.2.1 Diffusione della banda ultralarga (2012–2018)

L'analisi dei dati sulla banda ultralarga ricostruisce l'evoluzione delle infrastrutture digitali nei comuni italiani tra il 2012 e il 2018. Il processo ha avuto inizio nel 2015 con la copertura dei primi comuni in fibra ottica e si è poi progressivamente ampliato, interessando un numero crescente di comuni. L'espansione non è stata uniforme, poiché emergono differenze significative riconducibili sia alla struttura demografica sia alla conformazione geografica delle diverse aree. Nel complesso, il quadro che si delinea è quello di una digitalizzazione in crescita ma distribuita in modo eterogeneo, aspetto importante per comprendere lo sviluppo locale.

Evoluzione temporale della copertura nazionale

L'analisi della diffusione della banda ultralarga in Italia mostra come lo sviluppo delle infrastrutture digitali abbia preso avvio in maniera concreta nel 2015. Fino a quell'anno, nessun comune risultava coperto dalla rete in fibra ottica e nel 2015 si registra il primo risultato rilevante, con 1.024 comuni raggiunti pari a circa il 13% del totale nazionale. Questo passaggio segna l'inizio di una fase di espansione delle reti ad alta velocità sul territorio.

Lo sviluppo osservato a partire da questa data si inserisce all'interno di un preciso contesto istituzionale. Nel marzo 2015, il Governo italiano approva la "*Strategia italiana per la banda Ultralarga*", che definisce il quadro nazionale di riferimento per la realizzazione delle infrastrutture digitali in linea con gli obiettivi dell'Agenda

Digitale Europea. La strategia introduce una classificazione che distingue le aree in *bianche*, *grigie* e *nere*. Le aree bianche sono quelle in cui nessun operatore privato ha realizzato, né prevede di realizzare a breve, reti a banda ultralarga e in questi casi lo Stato interviene con fondi pubblici e bandi dedicati, con l'obiettivo di garantire l'accesso alle infrastrutture digitali anche nei contesti meno attrattivi per il mercato. Le aree grigie sono caratterizzate dalla presenza di un solo operatore o da prospettive di investimento limitate, mentre le aree nere comprendono i comuni già coperti da almeno due reti ad alta capacità, dove è presente un livello di concorrenza sufficiente. Questa classificazione definisce la base per la pianificazione degli interventi infrastrutturali e si inserisce nel percorso delineato a livello europeo.

Negli anni successivi la diffusione della banda ultralarga mostra una crescita costante. Nel 2016 i comuni raggiunti dalla banda ultralarga salgono a 2.071, più del doppio rispetto all'anno precedente; nel 2017 raggiungono quota 3.706 e nel 2018 arrivano a 3.963. Rapportando quest'ultimo valore ai 7.857 comuni presenti nel dataset, si ottiene una copertura pari al 50,44% del totale. In meno di quattro anni la banda ultralarga raggiunge quindi circa la metà dei comuni italiani, rappresentando una tappa importante nello sviluppo delle infrastrutture digitali del Paese. Il grafico riportato in Figura 2.1 illustra chiaramente questa dinamica, mettendo in evidenza il progresso dell'espansione e, al tempo stesso, la presenza di una quota rilevante di comuni ancora non coperti. La diffusione della banda ultralarga si configura dunque come un processo in corso, sostenuto dalle politiche nazionali ed europee orientate al superamento delle disuguaglianze territoriali nell'accesso alle tecnologie digitali.

Differenze regionali nella diffusione della fibra ottica

Dopo aver analizzato l'andamento temporale della diffusione della banda ultralarga a livello nazionale, è utile esaminare i dati anche su base regionale, così da mettere in evidenza le differenze tra le diverse aree del Paese.

Nel periodo compreso tra il 2012 e il 2018 si osserva che, come già evidenziato, la copertura dei comuni prende avvio soltanto nel 2015, mentre negli anni precedenti nessun territorio risulta connesso. Da quell'anno in poi la diffusione cresce in modo costante, con un'accelerazione particolarmente evidente tra il 2016 e il 2017, fino a consolidarsi nel 2018, quando i comuni complessivamente connessi sono 3.963, come mostrato in Figura 2.2.

Le differenze tra le regioni sono chiaramente visibili nel 2018. La Lombardia è la regione con il numero più elevato di comuni raggiunti, pari a 787, seguita dal Veneto con 401, dalla Campania con 368, dalla Sicilia con 307 e dalla Calabria con 298. Questi valori si collocano ben al di sopra della media nazionale, che nello stesso anno è di circa 198 comuni per regione. Al contrario, le regioni di dimensioni minori o caratterizzate da una popolazione distribuita in piccoli centri presentano

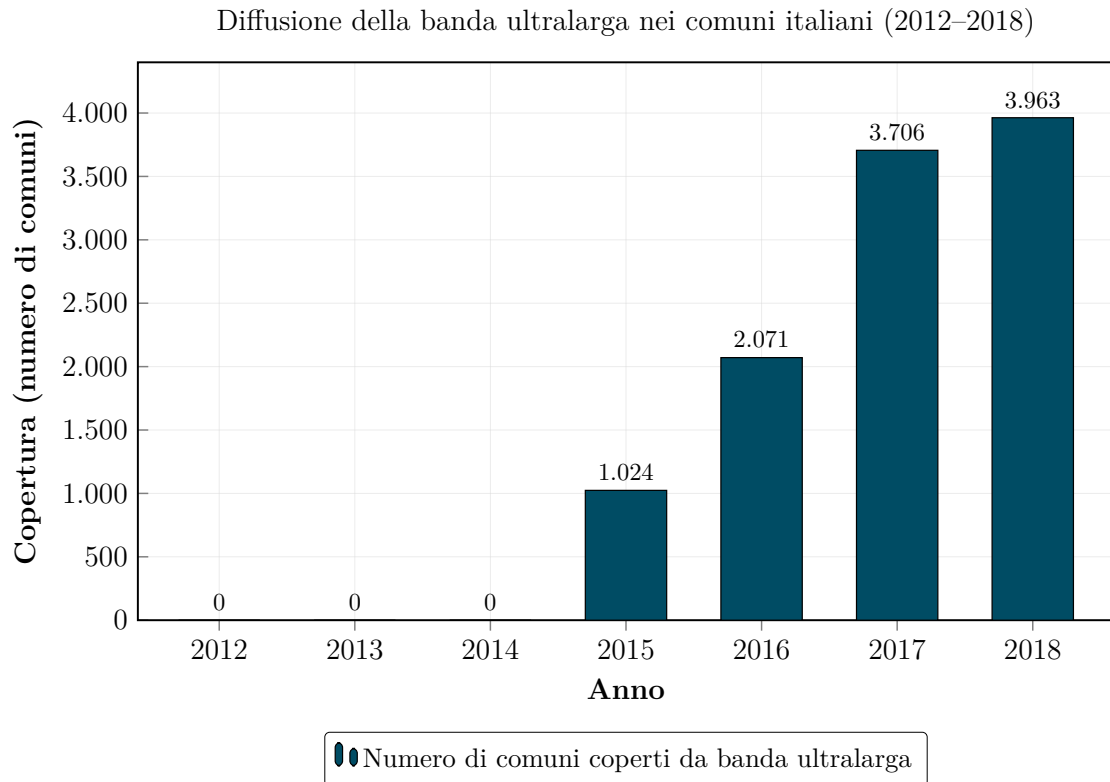


Figura 2.1: Numero di comuni italiani coperti da banda ultralarga nel periodo 2012–2018. I dati evidenziano l’avvio della copertura nel 2015 e la successiva crescita fino a 3.963 comuni nel 2018, pari a circa il 50% del totale.

valori decisamente inferiori: la Valle d’Aosta conta 10 comuni connessi, l’Umbria 48, il Molise 57, la Sardegna 64 e l’Abruzzo 64.

Se si passa dall’analisi dei valori assoluti a quella percentuale, la situazione cambia in modo significativo, come illustrato in Figura 2.3. In Lombardia, ad esempio, i 787 comuni connessi corrispondono al 53% del totale regionale, un valore che risulta inferiore rispetto ad altre realtà meno estese. La Toscana si colloca al primo posto a livello nazionale con una copertura pari all’89% dei comuni, seguita dalla Sicilia con il 79%, dalla Calabria con il 74% e dal Veneto con il 71%. Percentuali più contenute si registrano invece in regioni come la Sardegna, che non supera il 17%, la Valle d’Aosta con il 14% e il Piemonte con il 22%.

Nel complesso, mentre la situazione in valori assoluti mette in evidenza soprattutto il peso delle regioni con il maggior numero di comuni, l’analisi percentuale restituisce un’immagine più equilibrata della copertura e mostra con maggiore chiarezza le disparità territoriali. Alcune regioni, pur avendo un numero ridotto

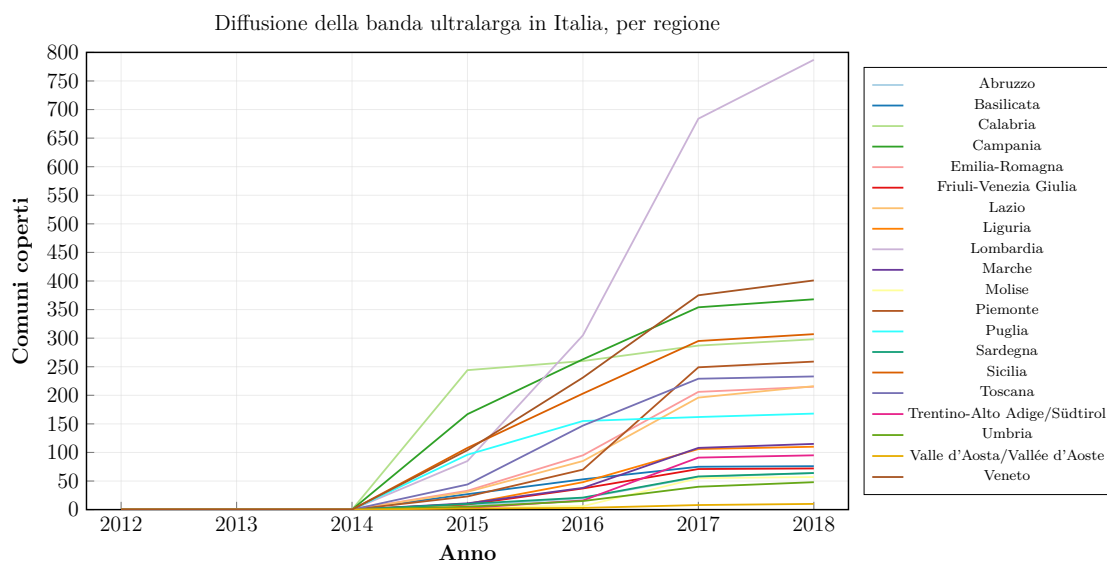


Figura 2.2: Diffusione della banda ultralarga nelle regioni italiane, dal 2012 al 2018

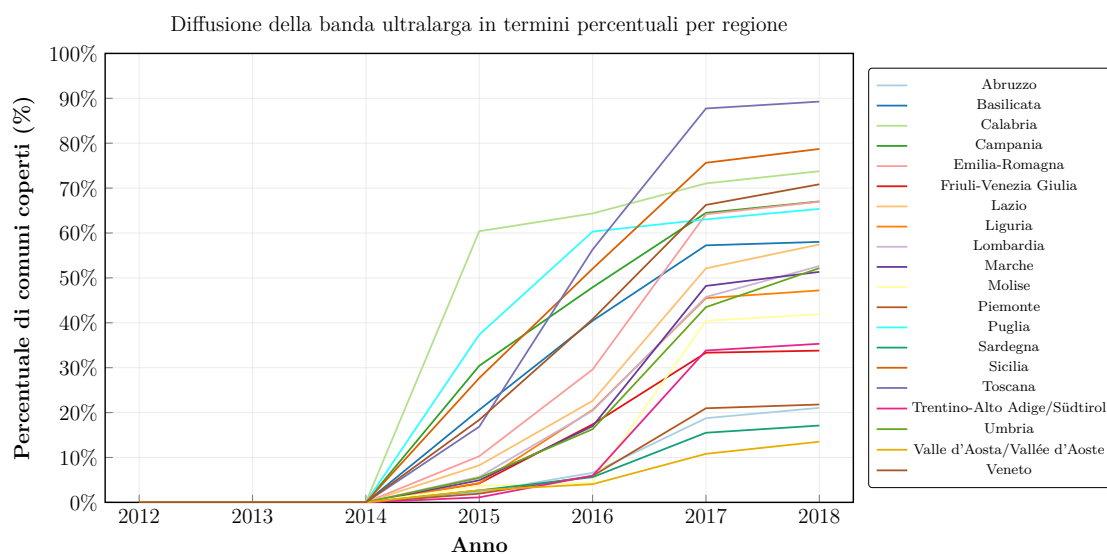


Figura 2.3: Evoluzione annuale della percentuale di comuni coperti dalla banda ultralarga nelle regioni italiane, nel periodo 2012–2018

di comuni, mostrano una copertura proporzionalmente elevata, mentre altre restano ben lontane dalla media nazionale e presentano livelli ancora distanti da una distribuzione uniforme sul territorio.

Distribuzione comunale della copertura

Dopo aver analizzato l'andamento temporale della diffusione della banda ultralarga, l'attenzione si sposta ora sulla sua distribuzione territoriale. Le mappe presentate nelle figure successive permettono di osservare, a livello comunale, non solo l'aumento del numero di comuni coperti, già evidenziata in precedenza, ma anche la loro collocazione geografica, evidenziando le aree del Paese in cui la copertura interessa un maggior numero di territori e quelle in cui risulta ancora assente o molto limitata. Coerentemente con quanto già osservato, fino al 2014 nessun comune risulta connesso: la copertura prende avvio nel 2015, quando i primi territori iniziano a essere raggiunti dalla banda ultralarga.

L'analisi della distribuzione territoriale conferma la natura eterogenea del processo di diffusione. Nel 2015, anno di avvio della copertura, i comuni raggiunti risultano ancora relativamente pochi e dispersi, come mostra la Figura 2.4. Le concentrazioni più evidenti si registrano nel Mezzogiorno³, in particolare in Calabria, Sicilia e Puglia. Nel Centro la copertura interessa soprattutto il Lazio e la Toscana, mentre nel Nord la copertura iniziale riguarda principalmente la Lombardia e il Veneto. Nel complesso, la mappa restituisce l'immagine di una copertura ancora frammentata, con differenze territoriali significative tra le diverse aree del Paese.

Nel 2018 la diffusione della banda ultralarga risulta molto più estesa rispetto al 2015, raggiungendo circa la metà dei comuni italiani, come mostrato in Figura 2.5. La copertura interessa una parte consistente del Nord, del Centro e del Mezzogiorno. In Lombardia si concentra il numero più elevato di comuni coperti, seguita da Campania, Sicilia, Veneto ed Emilia Romagna. Nel Centro la presenza è evidente soprattutto in Toscana e Lazio, mentre nel Mezzogiorno Calabria, Puglia, Campania e Sicilia figurano tra le regioni con la diffusione più estesa.

Al contrario, regioni di dimensioni ridotte come Valle d'Aosta e Molise presentano ancora pochi comuni coperti. Inoltre, si osservano territori non raggiunti nelle aree montane e rurali, in particolare nelle zone alpine, in parte dell'Appennino e nei territori interne della Sardegna.

La mappa conferma quanto già emerso dall'analisi temporale a livello regionale. La diffusione è cresciuta in modo evidente, ma non riguarda ancora l'intero territorio nazionale. Restano differenze importanti tra le aree in cui la banda ultralarga è già ampiamente disponibile e quelle in cui l'espansione procede più lentamente.

In sintesi, il confronto tra il 2015 e il 2018 descrive un cambiamento rilevante. In soli quattro anni la copertura passa da 1.024 a 3.963 comuni. La distribuzione

³Secondo la classificazione territoriale adottata dall'ISTAT, il **Nord** comprende il Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Liguria, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia ed Emilia-Romagna; il **Centro** include Toscana, Umbria, Marche e Lazio; il **Mezzogiorno** è suddiviso in Sud (Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata e Calabria) e Isole (Sicilia e Sardegna).

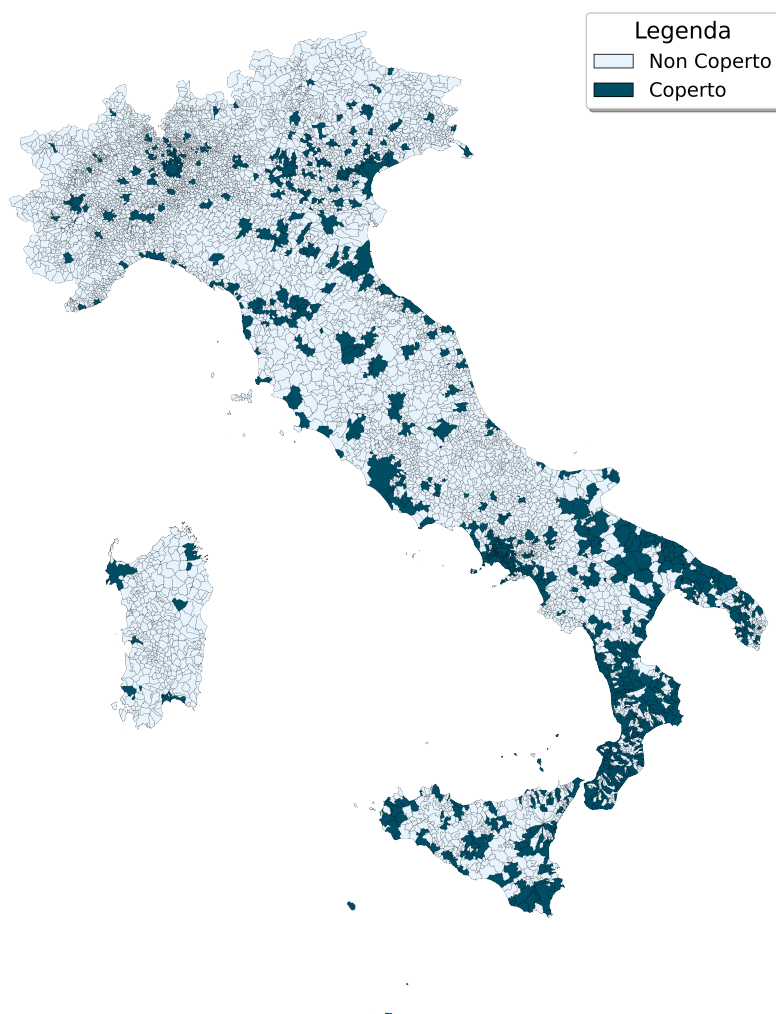
Copertura della banda ultralarga nei comuni italiani - Anno 2015

Figura 2.4: Distribuzione della copertura della banda ultralarga nei comuni italiani nel 2015

rimane disomogenea, con livelli più elevati in alcune regioni e più contenuti in altre. Nelle mappe, la concentrazione appare più evidente nel Mezzogiorno, dove si osserva un maggior numero di aree colorate. Gli interventi pubblici nelle cosiddette *aree bianche* hanno contribuito a ridurre parte di questi divari, estendendo la copertura anche a territori meno attrattivi per gli operatori privati. Le mappe del 2016 e del 2017, riportate in Appendice B, documentano le fasi intermedie tra l'avvio della copertura nel 2015 e la situazione osservata nel 2018.

Copertura della banda ultralarga nei comuni italiani - Anno 2018

Figura 2.5: Distribuzione della copertura della banda ultralarga nei comuni italiani nel 2018

A completamento delle analisi precedenti, la Figura 2.6 mostra la percentuale dei comuni presenti in ciascuna regione sul totale del dataset. Essa fornisce un'informazione di contesto sulla composizione del campione, evidenziando come alcune regioni, come Lombardia (19,03%) e Piemonte (15,12%), presentino quote più elevate. Seguono Veneto (7,20%) e Campania (6,99%), mentre valori rilevanti si riscontrano anche in Calabria (5,14%), Sicilia (4,96%), Lazio (4,79%) e Sardegna (4,76%). All'estremo opposto si collocano regioni con una quota inferiore di comuni,

come Umbria (1,17%) e Valle d'Aosta (0,94%). Questa distribuzione riflette la diversa numerosità dei comuni a livello regionale e consente di inquadrare meglio il dataset utilizzato per l'analisi.

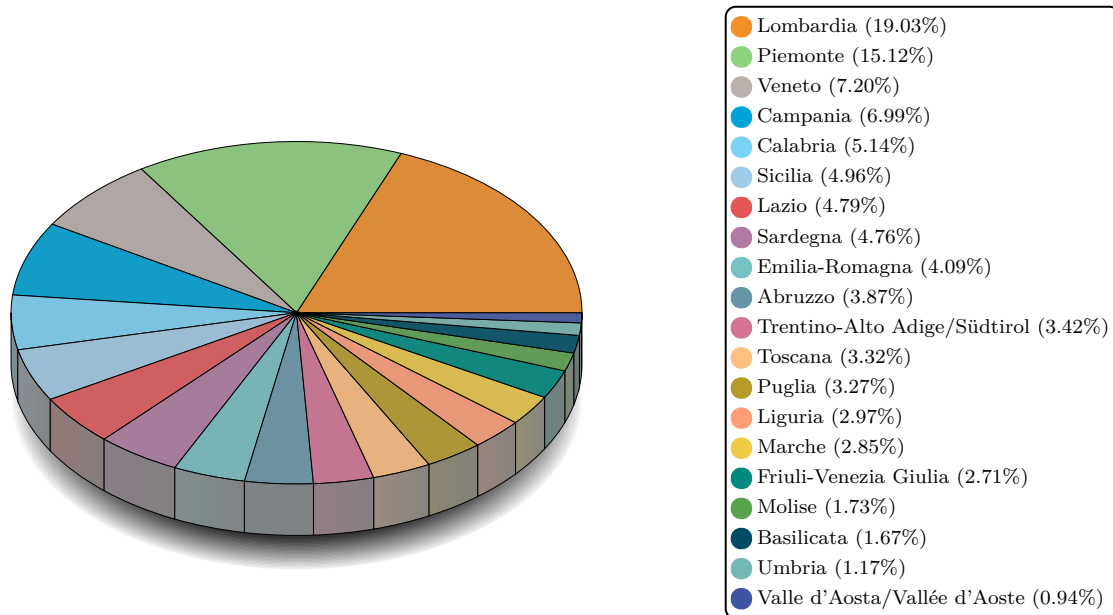


Figura 2.6: Distribuzione percentuale dei comuni presenti nel dataset, raggruppati per regione e ordinati in senso decrescente in base al numero relativo di comuni.

2.2.2 Citazioni brevettuali: andamento e distribuzioni

In questa sezione viene analizzata l'evoluzione dei brevetti citanti sulla base delle informazioni contenute nel dataset. L'obiettivo è descrivere come alcune caratteristiche si siano modificate nel tempo e quali indicazioni possano offrire per comprendere meglio le dinamiche dell'innovazione. I dati sono organizzati a livello comunale e per ciascun comune e anno viene riportato il numero complessivo di brevetti citanti (`tot_citing`) insieme a misure che ne descrivono la distribuzione e la distanza geografica. I brevetti citanti fanno riferimento a brevetti depositati in precedenza, i cosiddetti brevetti madre, riconoscendone il contributo tecnico o scientifico. L'analisi prende in esame queste dimensioni, illustrate attraverso rappresentazioni grafiche e accompagnate da commenti interpretativi, con l'obiettivo di delineare un quadro chiaro dell'evoluzione dei brevetti citanti nel contesto italiano.

Evoluzione temporale delle citazioni brevettuali

Un primo indicatore preso in esame è il numero di citazioni ricevute dai brevetti associati a ciascun comune, rappresentato dalla variabile `tot_citing`. Questo indicatore permette di valutare quanto le innovazioni originate in un territorio siano state richiamate da brevetti citanti (*forward citations*), sia a livello nazionale sia a livello internazionale. Valori elevati di `tot_citing` indicano che i brevetti localizzati in un comune hanno ricevuto numerose citazioni, segnalando una maggiore diffusione delle conoscenze generate in quell'area.

L'andamento temporale riportato in Figura 2.7 mostra un'evoluzione non lineare nel periodo 2012–2018. Nel 2012 il numero totale di citazioni raggiunge il valore più alto dell'intero intervallo (14.544), per poi diminuire fino a 9.637 nel 2014. Il 2015 registra una netta inversione di tendenza con 13.778 citazioni, mentre dal 2016 in poi i valori si riducono progressivamente, passando a 8.056 nel 2016, 5.013 nel 2017 e 3.265 nel 2018, che rappresenta il minimo della serie.

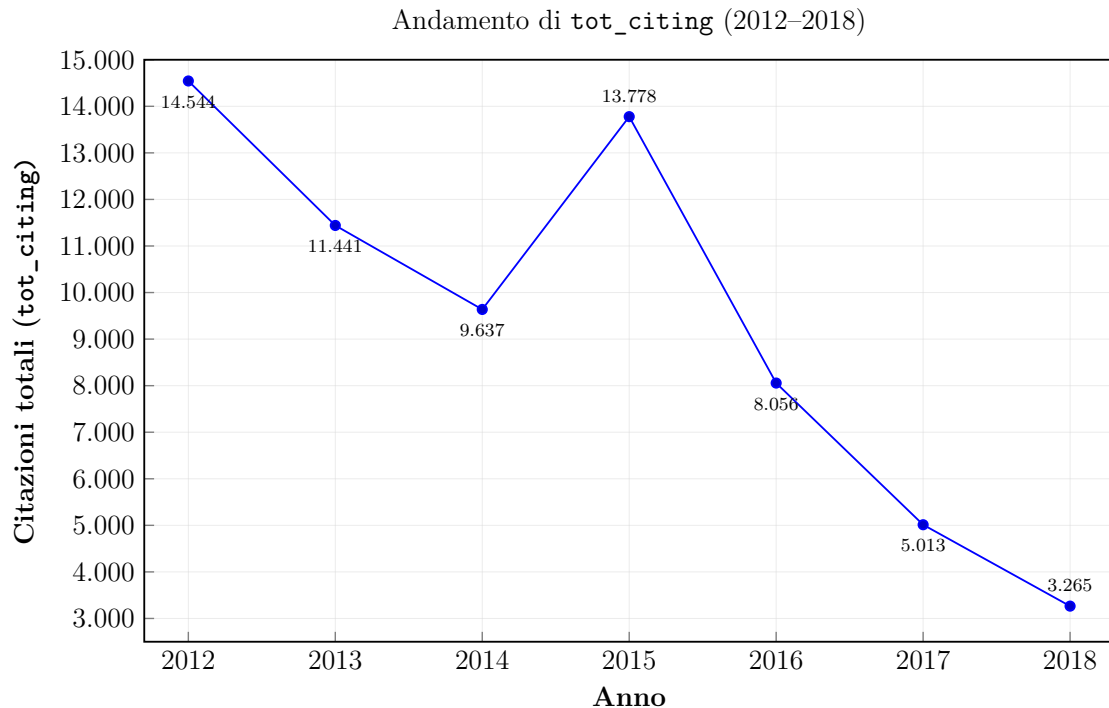


Figura 2.7: Serie temporale di `tot_citing` dal 2012 al 2018

Questa evoluzione può essere interpretata in più modi. I valori molto elevati del 2012 e del 2015 potrebbero essere riconducibili alla presenza, negli anni immediatamente precedenti, di brevetti particolarmente rilevanti, capaci di generare un numero elevato di citazioni. La diminuzione successiva sembra riflettere sia

il progressivo esaurirsi dell'impatto di tali brevetti, sia una minore tendenza dei brevetti più recenti a essere citati.

Un altro elemento da considerare è il *citation lag*, ossia il ritardo con cui i brevetti iniziano a ricevere citazioni. I valori molto bassi osservati nel 2017 e nel 2018 non devono quindi essere interpretati come segnale di una minore rilevanza dei brevetti depositati in quegli anni, ma come conseguenza del fatto che i brevetti più recenti non hanno ancora avuto il tempo necessario per essere citati. Diversi studi hanno infatti evidenziato che le citazioni si concentrano soprattutto nei primi anni successivi alla domanda o alla concessione di un brevetto e che i valori più vicini alla fine della serie temporale riflettono questo effetto di ritardo e non un calo effettivo (Hall et al., 2005; Marco, 2007; Mehta et al., 2010). Va inoltre considerato che i dati disponibili potrebbero non includere tutte le citazioni più recenti, con la conseguenza che i valori relativi al 2017 e al 2018 risultano più bassi rispetto al loro effettivo potenziale.

In sintesi, la variabile `tot_citing` rappresenta un indicatore utile per descrivere come i brevetti associati ai diversi comuni siano stati citati nel tempo. L'andamento della variabile `m_citing`, che esprime la media del numero di citazioni ricevute dai brevetti attribuibili a ciascun comune, segue un profilo analogo ed è riportato in Appendice B.

Relazione tra intensità e distanza geografica delle citazioni

Un ulteriore aspetto da considerare è la relazione tra la distanza media delle citazioni (`m_dist_citing`) e il numero totale di citazioni ricevute (`tot_citing`). L'obiettivo è verificare se la prossimità geografica dei brevetti che citano sia associata al numero totale di citazioni ricevute.

Il grafico in Figura 2.8, elaborato in forma aggregata per il periodo 2012–2018, mostra che la maggior parte delle osservazioni si colloca entro i 10.000 chilometri. Ciò indica che, nella maggior parte dei comuni, i brevetti vengono citati anche da Paesi molto distanti, ma generalmente entro questa soglia. Inoltre, emergono alcuni outlier, in cui pochi comuni presentano un numero particolarmente elevato di citazioni (oltre i 600), associate a distanze medie comprese tra 3.000 e 7.000 chilometri. Si osservano anche alcuni casi con distanze superiori ai 17.000 chilometri, che rappresentano i valori estremi del campione analizzato.

Dall'osservazione delle due variabili non emerge una relazione lineare. Non risulta infatti che all'aumentare della distanza media aumenti anche il numero totale di citazioni ricevute. I dati mostrano che anche i brevetti citati da Paesi molto lontani possono comunque ricevere numerose citazioni. Questo risultato suggerisce che la diffusione e l'importanza di un'invenzione non sono legate solo alla vicinanza geografica, ma possono estendersi anche a livello internazionale.

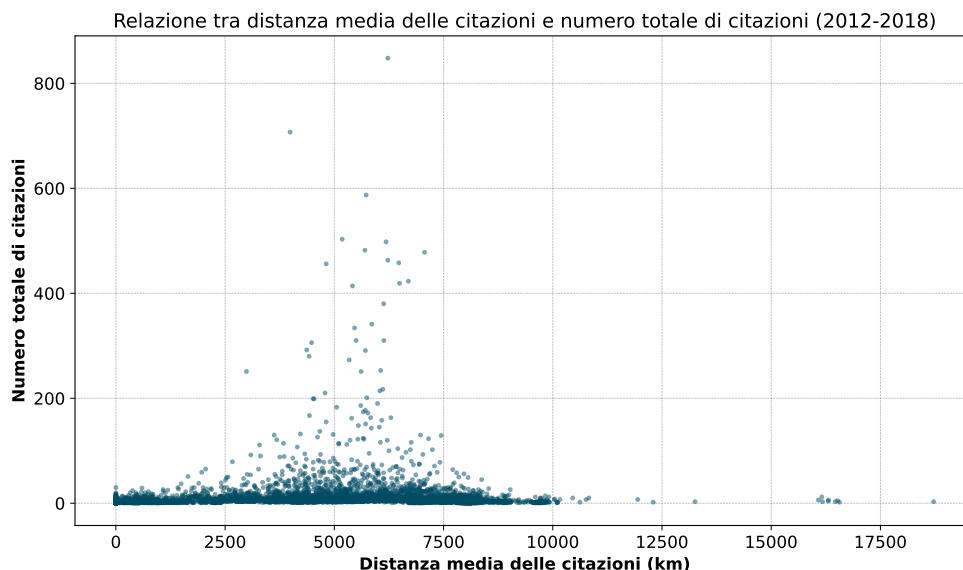


Figura 2.8: Relazione tra distanza media delle citazioni (`m_dist_citing`) e numero totale di citazioni ricevute (`tot_citing`) nei comuni italiani, periodo 2012–2018

È importante tenere presente alcuni limiti metodologici. L'indicatore di distanza è calcolato sulla base degli indirizzi degli inventori dei brevetti citati e di quelli dei brevetti citanti. Questi indirizzi possono riferirsi sia al luogo di residenza sia al luogo di lavoro, fornendo quindi una misura utile ma approssimativa della prossimità geografica. Questa informazione non consente di cogliere con completezza le effettive dinamiche dei flussi delle conoscenze, poiché la distanza rilevata potrebbe non riflettere con precisione le reali relazioni di collaborazione e scambio. Inoltre, l'analisi presentata in forma aggregata per l'intero periodo 2012–2018 offre una sintesi complessiva; invece le elaborazioni annuali (riportate in Appendice B) mostrano andamenti simili a quelli descritti.

È interessante notare che la distribuzione osservata si discosta in parte dalle evidenze riportate in alcuni studi precedenti. Ad esempio, Jaffe et al. (1993) mostrano che le citazioni brevettuali tendono a concentrarsi entro i confini geografici vicini. Nel caso analizzato, invece, la maggior parte delle citazioni proviene da distanze superiori ai confini nazionali⁴.

⁴L'Italia si estende per circa 1.269 km dal punto più a Nord (Valle d'Aosta) al punto più a Sud (Lampedusa). La distanza è calcolata in linea d'aria (distanza ortodromica) tra gli estremi geografici del territorio nazionale. [https://it.wikipedia.org/wiki/Italia_\(regione_geografica\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Italia_(regione_geografica))

In conclusione, non emerge un legame chiaro tra la distanza geografica dei Paesi citanti e il numero di citazioni ricevute. Tale risultato indica che la prossimità fisica non rappresenta di per sé un fattore determinante nella diffusione delle conoscenze brevettuali. A influenzare in misura maggiore sembrano essere le caratteristiche intrinseche delle invenzioni, la loro rilevanza nei rispettivi settori applicativi e, soprattutto, la prossimità dal punto di vista tecnologico. In altri termini, i flussi di conoscenza appaiono guidati non tanto dalla collocazione geografica degli attori coinvolti, quanto dall'affinità tecnologica e dalla capacità delle innovazioni di inserirsi in un contesto scientifico e produttivo più ampio.

Distribuzione territoriale delle citazioni brevettuali

Oltre all'analisi temporale e alla valutazione della distanza geografica, è utile osservare come le citazioni brevettuali si distribuiscano sul territorio nazionale. Questo consente di individuare i comuni e le aree in cui i brevetti hanno avuto una maggiore rilevanza, mettendo in evidenza le differenze territoriali.

La Figura 2.9 mostra la distribuzione del numero totale di citazioni ricevute dai brevetti (`tot_citing`) a livello comunale nel periodo 2012–2018. La mappa evidenzia una notevole eterogeneità. I valori più elevati si concentrano nel Nord Italia, in particolare in Emilia Romagna, mentre nel Centro Italia si riscontrano alcune grandi città che presentano un numero elevato di citazioni. Nel Mezzogiorno le citazioni risultano meno frequenti e si osservano soprattutto in pochi centri urbani. Un'ampia parte dei comuni presenta valori nulli o molto bassi, come indicato dalle tonalità più chiare, e ciò segnala l'assenza di un'attività brevettuale tale da generare un numero rilevante di citazioni.

La Figura 2.10, che rappresenta la distanza media delle citazioni per comune, mostra un andamento in gran parte simile a quello della distribuzione del numero totale di citazioni. Anche in questo caso i valori più alti si riscontrano soprattutto nel Nord e in alcune città del Centro, mentre il resto del Paese presenta livelli bassi distribuiti in modo più frammentato. Le due mappe, pur riferendosi a dimensioni diverse del fenomeno, mettono entrambe in evidenza i divari territoriali e il ruolo predominante delle aree settentrionali nella produzione e nella diffusione delle conoscenze tecnologiche.

Nel complesso, l'analisi territoriale evidenzia la presenza di forti squilibri geografici. L'Italia risulta composta da poche aree con un'attività innovativa intensa e da un numero molto ampio di comuni nei quali la presenza di citazioni è ridotta o del tutto assente. Queste differenze riflettono la struttura economica e produttiva nazionale e contribuiscono a spiegare perché la produzione e la diffusione di nuova conoscenza tecnologica si concentrino soprattutto nelle regioni settentrionali.

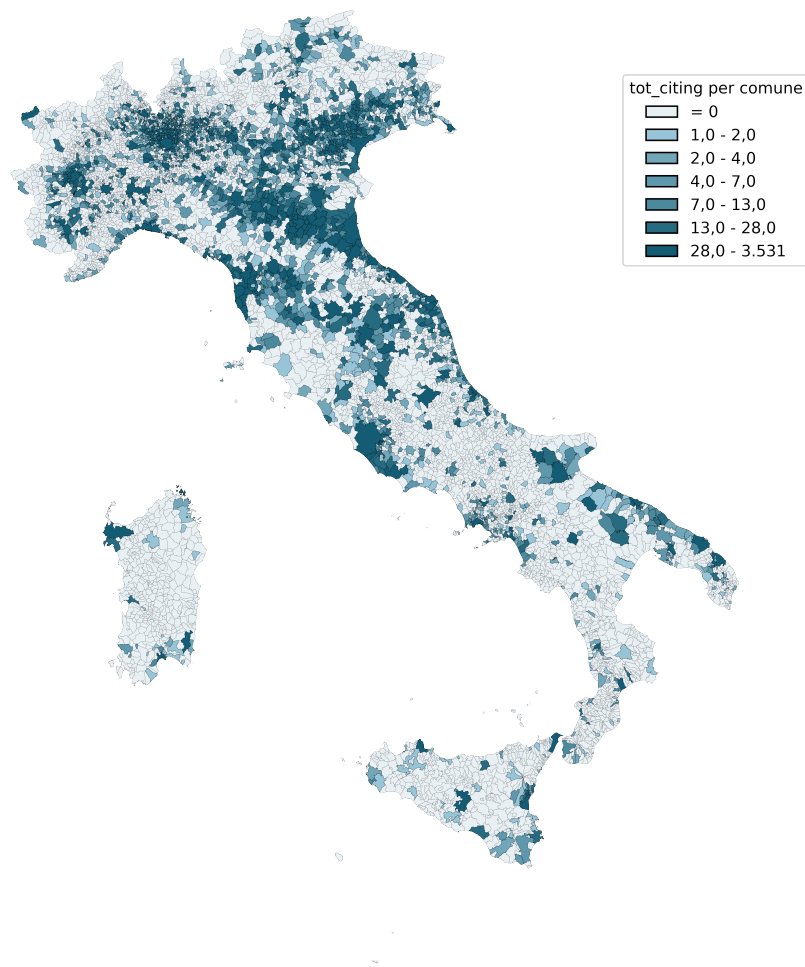
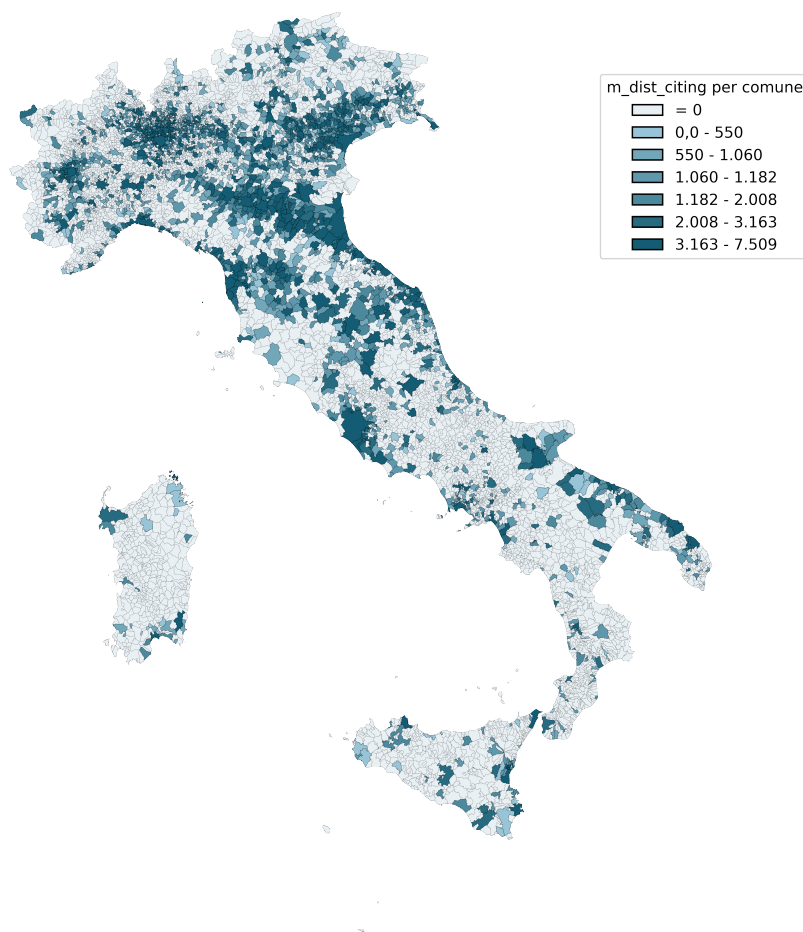
Distribuzione di tot_citing per comune (2012-2018)

Figura 2.9: Distribuzione tot_citing per comune (2012–2018)

Confronto tra comuni con fibra ottica e senza fibra ottica

Il confronto tra i comuni connessi dalla banda ultralarga in fibra ottica e quelli non connessi permette di osservare eventuali differenze nell'andamento delle citazioni brevettuali. La Figura 2.11 riporta l'evoluzione di `m_citing` nel periodo 2012–2018, vale a dire il numero medio di citazioni calcolato a livello comunale, distinguendo tra comuni connessi e comuni non connessi alla fibra ottica.

Occorre però precisare che nel periodo 2012–2014 la fibra ottica non era ancora disponibile nei comuni italiani, perciò in quegli anni il numero di citazioni risulta pari a zero per i comuni classificati come "con fibra ottica". In quel periodo i valori

Distribuzione di m_dist_citing per comune (2012-2018)**Figura 2.10:** Distribuzione m_dist_citing per comune (2012-2018)

più elevati si registrano nei comuni senza fibra, con un picco nel 2013 pari a 2.457 citazioni medie. Dal 2015 l'andamento cambia. Per quanto riguarda i comuni con la fibra ottica la media cresce fino a circa 780 citazioni nel 2016, rimane stabile nel 2017 e diminuisce leggermente nel 2018, attestandosi a 463. Nei comuni non connessi, invece, i valori si riducono progressivamente, passando da oltre 2.000 citazioni nel 2015 a meno di 100 nel 2018.

In generale, il grafico mostra che nei primi anni i comuni senza connessione alla banda ultralarga presentavano valori medi più alti, mentre nella fase successiva i comuni connessi alla fibra ottica evidenziano un andamento più stabile nel tempo. È tuttavia importante sottolineare che un grafico descrittivo come questo non

permette di stabilire se la disponibilità di banda ultralarga abbia avuto un impatto diretto sull'innovazione. I risultati devono pertanto essere interpretati con cautela e considerati come un punto di partenza per ulteriori approfondimenti.

Andamento di `m_citing` nei comuni con e senza banda ultralarga in fibra ottica (2012–2018)

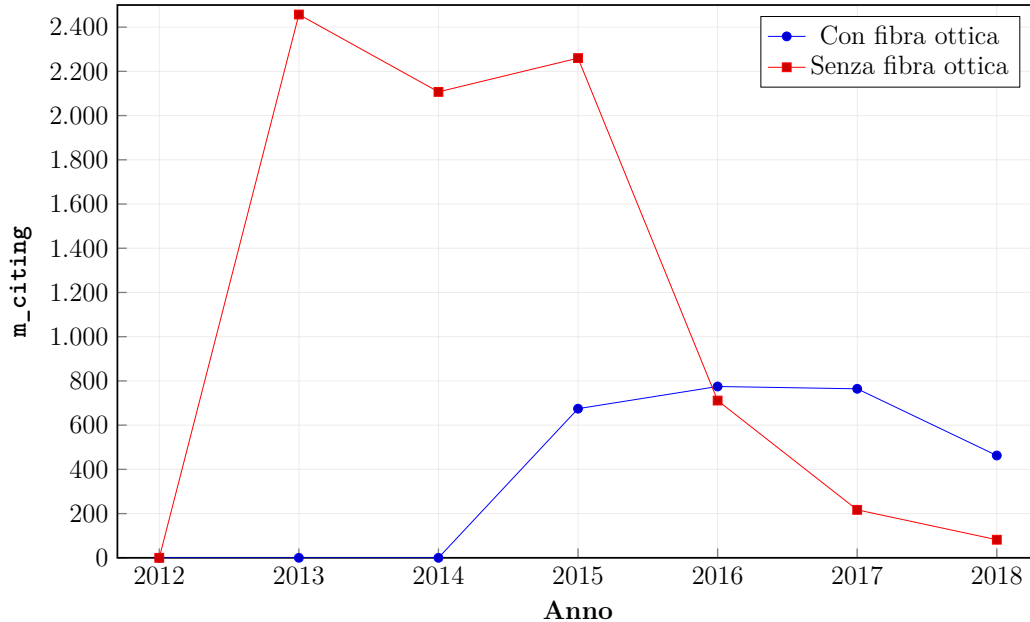


Figura 2.11: Evoluzione della media delle citazioni (`m_citing`) a livello comunale nei comuni connessi alla banda ultralarga in fibra ottica e in quelli non connessi, periodo 2012–2018

Distanza massima delle citazioni: differenze tra regioni

L'analisi a livello regionale consente di osservare con maggiore dettaglio come l'indicatore `max_dist_citing` si distribuisce sul territorio nazionale. La Figura 2.12 riporta la somma dei valori di `max_dist_citing` calcolata annualmente per ciascuna regione nel periodo 2012–2018. Questa variabile misura la distanza massima tra i comuni degli inventori dei brevetti citati e quelli degli inventori dei brevetti citanti, fornendo una misura della massima distanza raggiunta da alcune citazioni, che in certi casi possono coinvolgere località molto distanti tra loro.

Dal grafico si osserva che, nella maggior parte delle regioni, i valori rimangono relativamente stabili nel tempo, mentre in alcune aree del Nord, come Lombardia, Veneto, Piemonte ed Emilia Romagna, risultano sensibilmente più alti rispetto alla media nazionale, segnalando una maggiore presenza di citazioni che collegano città

lontane. Al contrario, regioni di dimensioni ridotte, come Molise, Basilicata e Valle d'Aosta, si mantengono su valori bassi per l'intero periodo osservato.

In tutto ciò, l'analisi regionale evidenzia differenze significative tra i territori. Alcune regioni mantengono valori elevati per tutto il periodo osservato, mentre la maggior parte rimane su livelli bassi e tendenzialmente stabili. Questo andamento indica che la variabile `max_dist_citing` non si distribuisce in modo uniforme a livello nazionale, ma è condizionata principalmente da poche regioni nelle quali le citazioni brevettuali raggiungono distanze particolarmente ampie.

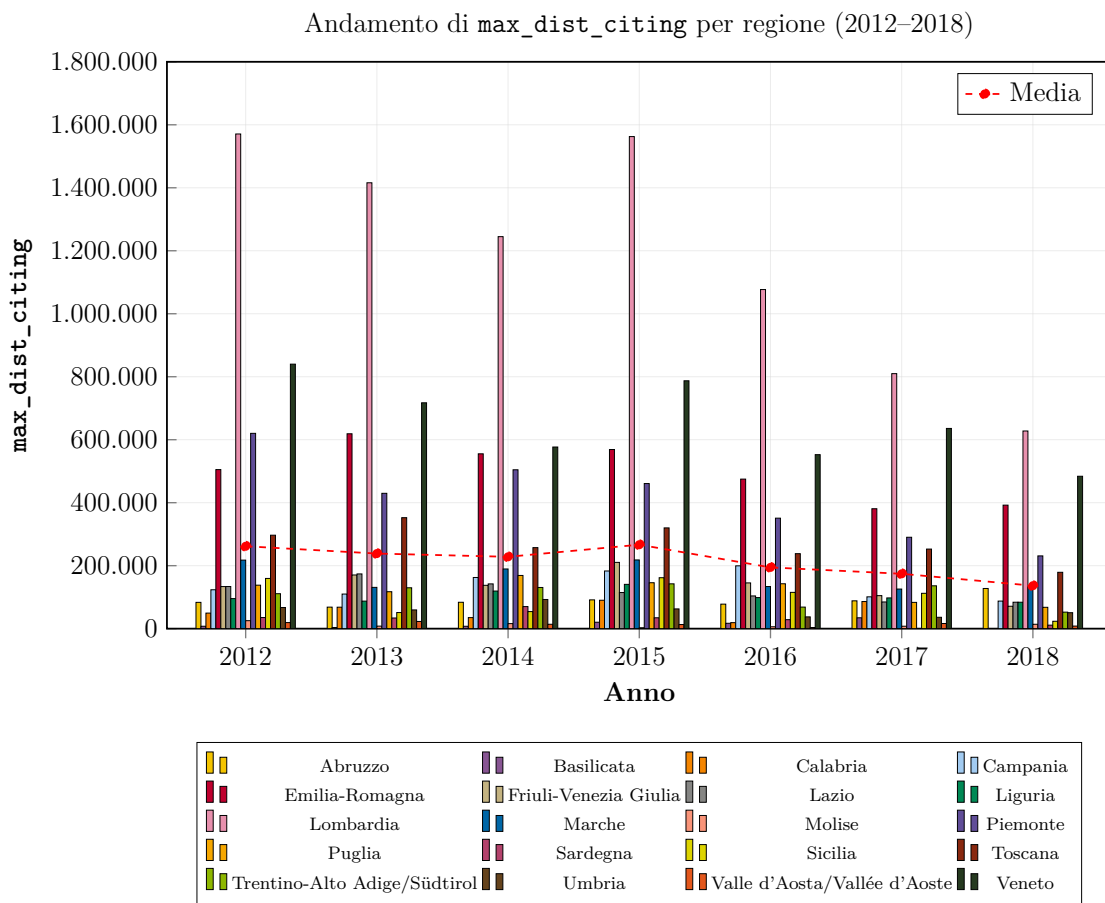


Figura 2.12: Andamento della distanza massima delle citazioni `max_dist_citing` a livello regione nel periodo 2012–2018. La linea tratteggiata rappresenta la media nazionale.

In conclusione, il capitolo ha presentato la struttura del dataset e le principali evidenze emerse dall'analisi descrittiva. È emersa una forte eterogeneità territoriale sia nella diffusione della banda ultralarga sia nella distribuzione delle citazioni brevettuali, con una concentrazione significativa nelle regioni settentrionali e in

pochi centri urbani. Queste evidenze preliminari forniscono un quadro complessivo utile a orientare le analisi econometriche sviluppate nel capitolo successivo, che consentiranno di verificare in modo rigoroso se e in che misura la disponibilità di infrastrutture digitali sia associata all'innovazione.

Capitolo 3

Analisi Econometrica

Il presente capitolo è dedicato all'analisi empirica condotta in questo elaborato, volta a verificare l'esistenza di un effetto causale tra la diffusione della banda ultralarga e l'innovazione, misurata attraverso le citazioni brevettuali (*citing patents*) osservate a livello comunale. L'obiettivo è stimare se, e in che misura, gli investimenti in infrastrutture digitali, in particolare nella fibra ottica, abbiano inciso sull'attività innovativa nei comuni italiani, e analizzandone le variazioni nel tempo e nello spazio.

L'indagine si basa sull'applicazione di modelli econometrici, strumenti che consentono di formalizzare le relazioni tra variabili economiche e di stimarne i parametri a partire da dati osservati. Dopo aver discusso nel capitolo precedente (Capitolo 2) le caratteristiche del dataset, le statistiche descrittive e alcune evidenze preliminari, questo capitolo illustra le metodologie utilizzate per l'analisi empirica e i criteri adottati per stimare la relazione tra la diffusione della banda ultralarga e l'innovazione.

Le regressioni sono state realizzate tramite il software Stata, particolarmente adatto all'analisi di dati panel e alla stima di modelli econometrici.

Il capitolo si articola in tre sezioni: la sezione 3.1 introduce il contesto teorico e le principali sfide metodologiche; la sezione 3.2 descrive i modelli di regressione adottati, con particolare attenzione agli approcci a effetti fissi (FE) e variabili strumentali (IV); la sezione 3.3 presenta i test di robustezza e le specificazioni alternative.

3.1 Contesto teorico

La letteratura economica ha evidenziato come le infrastrutture digitali possano incidere in modo significativo sui processi di innovazione. L'accesso a connessioni ad alta velocità riduce i costi di ricerca e di comunicazione, facilita lo scambio di

informazioni e favorisce la diffusione di conoscenze, generando i cosiddetti *knowledge spillovers*. Jaffe et al. (1993) mostrano che tali spillover si manifestano prevalentemente a livello locale, con una maggiore intensità tra territori geograficamente vicini.

Gli studi più recenti hanno approfondito il ruolo specifico delle infrastrutture digitali. Da un lato, è emerso che la diffusione della banda larga ha effetti positivi sulla crescita economica e sulla produttività delle imprese (Czernich et al., 2011; Briglauer et al., 2019). Dall'altro, diversi lavori hanno evidenziato un impatto diretto sull'attività innovativa, misurata attraverso i brevetti e le loro citazioni. Xu et al. (2019), Wernsdorf et al. (2022), Yang et al. (2022) e Chen e Wang (2023) mostrano che l'accesso a internet è associato a un aumento dei brevetti e a una maggiore rilevanza degli stessi, utilizzando il numero di citazioni come proxy del grado di diffusione e dell'impatto delle innovazioni¹.

Lo studio affronta alcune sfide metodologiche rilevanti:

- **Eterogeneità non osservata tra i comuni.** Ogni territorio presenta caratteristiche intrinseche che non mutano nel tempo, per esempio la storia industriale, il capitale umano o la qualità delle istituzioni locali. Questi fattori possono influenzare sia la probabilità di ottenere la copertura a banda ultralarga sia il livello di innovazione. Se non si tengono in considerazione, si rischia di attribuire alla banda ultralarga differenze che in realtà dipendono da queste condizioni preesistenti.
- **Endogeneità e diffusione temporale disomogenea.** La copertura non è avvenuta in modo casuale, ma ha privilegiato i territori più grandi e sviluppati, mentre altri comuni hanno ottenuto la copertura soltanto in anni successivi. Questo può generare un problema di interpretazione, perché nei comuni già caratterizzati da alti livelli di innovazione la crescita potrebbe essere erroneamente attribuita alla disponibilità di connessioni veloci. Allo stesso tempo, il fatto che la copertura sia stata realizzata in momenti diversi rappresenta un'opportunità: la variazione temporale può infatti essere sfruttata per confrontare l'andamento dell'innovazione nei comuni con e senza fibra, prima e dopo l'introduzione della tecnologia.
- **Trend temporali comuni.** Shock macroeconomici, politiche nazionali o riforme istituzionali possono influenzare contemporaneamente tutti i comuni, indipendentemente dalla presenza della banda ultralarga. Per evitare di

¹Le citazioni brevettuali non rappresentano una misura diretta della qualità di un'invenzione, ma sono comunemente utilizzate come indicatore indiretto del suo impatto tecnologico e della diffusione delle conoscenze. L'idea è che un brevetto frequentemente citato abbia contribuito in misura rilevante allo sviluppo di innovazioni successive (Trajtenberg, 1990; Hall et al., 2005).

confondere questi effetti generali con l'impatto delle infrastrutture digitali, l'analisi include effetti fissi annuali, che assorbono le variazioni di natura sistemica a livello nazionale.

Le evidenze preliminari discusse nel Capitolo 2 non sono quindi sufficienti per stabilire una relazione causale. Per questo è necessario ricorrere a modelli econometrici in grado di isolare l'effetto specifico della banda ultralarga, tenendo conto delle differenze strutturali tra comuni e della diversa tempistica di implementazione. Le specificazioni illustrate nella sezione successiva sono concepite per affrontare queste criticità e fornire delle stime più robuste e affidabili dell'impatto delle infrastrutture digitali sull'innovazione.

3.2 Modelli di regressione

Per stimare l'effetto della banda ultralarga sull'innovazione dei comuni italiani si utilizzano modelli di regressione per dati panel. I dati panel combinano due dimensioni: una **trasversale**, che confronta osservazioni relative a più comuni nello stesso anno (ad esempio, comuni con e senza fibra in un dato momento), e una **longitudinale**, che segue l'evoluzione dello stesso comune nel tempo (ad esempio, prima e dopo l'introduzione della banda ultralarga). L'integrazione di queste due prospettive consente di analizzare con maggiore precisione le relazioni causali, poiché permette di osservare sia le differenze tra territori sia i cambiamenti che avvengono negli stessi nel tempo.

L'analisi si concentra su due approcci principali. Il primo è il modello a **effetti fissi** (FE, Fixed Effects), che consente di controllare per le caratteristiche intrinseche e invarianti dei comuni, nonché per i fattori temporali che interessano in maniera uniforme su tutti i comuni in ciascun anno. Questo approccio riduce il rischio di attribuire alla banda ultralarga differenze che dipendono in realtà da fattori strutturali stabili dei territori.

Il secondo approccio è il modello a **variabili strumentali** (IV, Instrumental Variables), utilizzato per affrontare il problema di endogeneità, ossia il rischio che la diffusione della banda ultralarga sia condizionata da fattori che influenzano anche l'innovazione, con conseguente distorsione delle stime. In questo contesto è fondamentale distinguere tra variabili endogene, che risultano correlate con il termine di errore del modello e rendono difficile identificare correttamente l'effetto causale, e variabili esogene, che invece non sono legate a tali fattori non osservabili. L'approccio IV consente di isolare la componente esogena della copertura sfruttando una variabile strumentale correlata con la disponibilità della fibra ottica ma non direttamente con l'attività innovativa, così da stimare in modo più affidabile l'effetto delle connessioni ad alta velocità.

In generale, un modello di regressione può essere espresso come:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (3.1)$$

Dove:

- Y_{it} : rappresenta l'indicatore di innovazione per il comune i nell'anno t ;
- X_{it} : la variabile di interesse relativa alla banda ultralarga;
- β_0 : l'intercetta, cioè il valore atteso di Y_{it} quando tutte le variabili esplicative assumono valore zero (tenendo conto degli effetti fissi);
- β_1 : il coefficiente di interesse, che misura la variazione attesa di Y_{it} associata a un incremento unitario di X_{it} . Nel caso della dummy `tot_dum_ubb`, β_1 cattura la differenza media nell'indicatore di innovazione tra i comuni con e senza copertura in fibra, a parità di tutte le altre condizioni;
- α_i : gli effetti fissi comunali, che catturano le caratteristiche invarianti nel tempo di ciascun comune;
- λ_t : gli effetti fissi temporali, che controllano per variazioni di carattere generale che interessano simultaneamente tutti i comuni in un dato anno;
- ε_{it} : termine di errore, che raccoglie i fattori non osservati e non inclusi nel modello.

In questo studio, la **variabile indipendente** è `tot_dum_ubb`, una dummy che vale 1 se un comune è coperto dalla banda ultralarga in un anno e 0 altrimenti. Le **variabili dipendenti**, che misurano l'attività innovativa, derivano da citazioni brevettuali: si considera il numero totale di citazioni ricevute (`tot_citing`), che indica quanto i brevetti localizzati in un comune siano stati citati da altri brevetti, vengono inoltre analizzate la distanza media (`m_dist_citing`) e la distanza massima (`max_dist_citing`) delle citazioni. Queste variabili permettono quindi di cogliere sia l'intensità delle citazioni brevettuali sia l'ampiezza spaziale dei flussi di conoscenza associati a ciascun territorio.

Per migliorare l'interpretazione dei risultati, le variabili dipendenti possono essere trasformate in forma logaritmica. Questa scelta è comune in econometria perché riduce la forte asimmetria delle distribuzioni e consente di leggere i coefficienti in termini percentuali. In particolare, in un modello log-lineare un incremento unitario della variabile indipendente si traduce in una variazione percentuale della variabile dipendente; in un modello log-log, invece, il coefficiente stimato rappresenta un'elasticità, cioè la variazione percentuale della variabile dipendente associata a una variazione percentuale della variabile indipendente.

Poiché l'errore vero ε_{it} non è osservabile, nella pratica si considera il **residuo**, calcolato come differenza tra il valore osservato e quello stimato dal modello:

$$\text{Errore Residuo} = \text{Valore osservato} - \text{Valore predetto} \quad (3.2)$$

Il residuo rappresenta la parte di variabilità che non è spiegata dai regressori. Residui piccoli e distribuiti in modo non sistematico indicano che il modello descrive bene la relazione tra le variabili, mentre residui ampi o sistematici possono segnalare problemi di specificazione o variabili omesse.

Per valutare se i risultati di una regressione siano affidabili, l'econometria utilizza alcuni strumenti fondamentali:

- **Significatività statistica:** un coefficiente stimato è detto *significativo* quando è molto improbabile che il suo valore sia dovuto al caso. In pratica si calcola il cosiddetto *valore-p* (p-value), che indica la probabilità che l'effetto stimato si osservi per puro caso. Valori-p bassi (in genere inferiori al 5% o all'1%) permettono di concludere che l'effetto stimato è statisticamente rilevante.
- **R-quadro (R^2):** è una misura che indica quanto bene il modello spiega i dati osservati. Assume valori compresi tra 0 e 1: se R^2 è vicino a 1 significa che il modello spiega gran parte delle variazioni della variabile dipendente; se è basso significa che il modello cattura solo una parte limitata della variabilità.
- **Test F:** serve per verificare se un gruppo di variabili, considerate insieme, ha un effetto significativo. Ad esempio, si può usare per controllare se l'insieme delle variabili relative alla banda ultralarga influisce davvero sull'innovazione. Se il test F fornisce un valore elevato, si rifiuta l'ipotesi nulla secondo cui queste variabili non hanno alcun effetto e si conclude che, almeno in parte, esse incidono sui risultati.

I paragrafi successivi illustrano le specificazioni adottate e i criteri utilizzati per stimare l'effetto causale della banda ultralarga sull'innovazione.

3.2.1 Modello a effetti fissi

Il primo approccio adottato è rappresentato dai **modelli a effetti fissi** (FE, Fixed Effects), che permettono di tenere conto di tutte quelle caratteristiche dei comuni che non cambiano nel tempo ma che possono comunque influenzare i risultati. In econometria queste caratteristiche sono definite *eterogeneità non osservate*, ossia fattori non esplicitamente inclusi nel dataset, ma che incidono sia sulla probabilità di ottenere la copertura della banda ultralarga sia sul livello di innovazione locale. Rientrano in questa categoria, ad esempio, la tradizione industriale di un territorio, la presenza di distretti produttivi già affermati, il ruolo delle università o dei centri di ricerca e la qualità delle istituzioni locali. Questi elementi non variano in modo significativo nel breve periodo, ma possono generare differenze importanti

tra comuni. Se non venissero considerati, si rischierebbe di attribuire alla banda ultralarga un effetto dovuto a condizioni strutturali preesistenti.

L'introduzione degli effetti fissi comunali consente di superare questo problema, poiché l'analisi confronta ciascun comune con sé stesso nel corso del tempo. In questo modo, l'attenzione si concentra sulle variazioni interne, osservando come l'attività innovativa cambi prima e dopo l'introduzione della banda ultralarga. Contribuiscono all'identificazione dell'effetto soltanto i comuni che, nel periodo analizzato, hanno sperimentato un cambiamento nello stato di copertura, mentre quelli che non hanno mai avuto accesso alla fibra o che sono stati sempre coperti non apportano variazioni utili alla stima.

Accanto agli effetti fissi comunali, vengono introdotti anche gli effetti fissi annuali, che permettono di catturare variazioni di carattere generale che interessano tutti i comuni in un determinato anno, come crisi economiche, riforme istituzionali o shock macroeconomici.

Il modello può essere espresso formalmente come:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 UBB_{it} + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (3.3)$$

Dove:

- UBB_{it} : variabile dummy che assume valore 1 se il comune i dispone della banda ultralarga nell'anno t , 0 altrimenti;
- β_1 : coefficiente di interesse, che stima la variazione media dell'indicatore di innovazione associata alla disponibilità della banda ultralarga, controllando per le caratteristiche strutturali dei comuni e per fattori temporali di carattere generale;
- β_0 : intercetta, che rappresenta il livello medio atteso dell'indicatore quando $UBB_{it} = 0$ (comuni non coperti), considerando gli effetti fissi.

Questo approccio rappresenta quindi una base solida per stimare l'impatto della banda ultralarga, poiché permette di isolare le variazioni interne a ciascun comune e di neutralizzare le differenze strutturali che non cambiano nel tempo. Tuttavia, l'utilizzo esclusivo degli effetti fissi non è sufficiente a risolvere del tutto i problemi di endogeneità, poiché la diffusione della fibra ottica non è avvenuta in modo casuale, ma ha seguito tempistiche diverse a seconda delle caratteristiche dei territori. Per affrontare questa criticità, l'analisi introduce un secondo approccio, basato sulle variabili strumentali, che permette di isolare la componente esogena della copertura e ottenere stime più affidabili dell'effetto causale delle connessioni ad alta velocità.

3.2.2 Approccio con variabili strumentali (IV)

Un aspetto critico dell'analisi riguarda il problema di endogeneità nella relazione tra la disponibilità di banda ultralarga e l'attività innovativa. Come discusso in precedenza, la diffusione della fibra ottica non è avvenuta in modo casuale: i comuni di maggiori dimensioni o con una tradizione industriale più radicata sono stati spesso i primi a beneficiare della copertura. In questi contesti, un semplice modello a effetti fissi rischierebbe di attribuire alla banda ultralarga un impatto che dipende in realtà da condizioni preesistenti di innovazione.

Per affrontare questo problema, l'analisi è stata estesa introducendo una stima con **variabili strumentali** (IV, Instrumental Variables). L'idea è utilizzare una variabile che spieghi la copertura della banda ultralarga (`tot_dum_ubb`) ma non sia direttamente collegata con l'innovazione, così da isolare la componente esogena della diffusione della fibra.

Il dataset include la variabile `mindist_opb`, che misura la distanza minima (in km) di ciascun comune dal nodo di backbone più vicino della rete nazionale. Questa variabile è stata utilizzata come strumento per la copertura in fibra sulla base di due considerazioni:

- **Rilevanza:** la distanza dal backbone incide sui costi e sui tempi necessari per estendere la rete, riducendo la probabilità che la banda ultralarga sia disponibile a livello comunale. Di conseguenza, nel primo stadio, ci si attende un coefficiente negativo, con una maggiore distanza associata a una minore probabilità di copertura.
- **Esclusione:** non vi sono ragioni teoriche per cui la distanza fisica da un nodo di backbone debba incidere direttamente sull'attività brevettuale di un comune, se non attraverso la disponibilità di connessione ad alta velocità. Le caratteristiche strutturali e storiche dei territori sono già assorbite dagli effetti fissi comunali, mentre gli shock macroeconomici e istituzionali di portata nazionale sono catturati dagli effetti fissi temporali.

Il modello di riferimento per una regressione IV è la stessa definita nel modello di base di una regressione (Equazione 3.1), con la sola differenza che la variabile di interesse viene ora strumentata, così da isolare la componente esogena della copertura e stimare in modo più affidabile l'effetto causale della banda ultralarga sull'innovazione.

L'approccio IV si articola in due passaggi distinti. Nel *primo stadio* si stima la relazione tra la variabile strumentale e la disponibilità di banda ultralarga, così da isolare la componente esogena della copertura. Nel *secondo stadio* il valore predetto della variabile di interesse viene utilizzato per stimare l'effetto sull'attività innovativa. I due stadi del modello sono illustrati formalmente in seguito.

Primo stadio

Nel **primo stadio** si stima la relazione tra la variabile strumentale e la disponibilità di banda ultralarga. L'obiettivo è verificare la rilevanza dello strumento, ossia che la distanza minima dal nodo di backbone (`mindist_opb`) influenzi effettivamente la probabilità che un comune sia coperto dalla rete in fibra ottica. In altre parole, si analizza in che misura la posizione geografica di ciascun comune rispetto al nodo di backbone abbia inciso sul processo di diffusione della banda ultralarga nelle diverse aree.

Tuttavia, la distanza dal backbone è una caratteristica fissa nel tempo per ciascun comune. Quando il modello include gli effetti fissi comunali (α_i), che catturano tutte le caratteristiche costanti nel tempo, una variabile anch'essa fissa diventa **collineare** con tali effetti. Per collinearità si intende una situazione in cui una variabile indipendente può essere espressa come combinazione lineare di altre variabili incluse nel modello: in questo caso la distanza, essendo costante nel tempo, è perfettamente sovrapposta agli effetti fissi comunali e il modello non può stimarne il coefficiente perché il parametro non è identificabile.

Per risolvere questo problema è necessario far variare lo strumento nel tempo. Questo si ottiene moltiplicando la distanza per variabili temporali, così che la nuova variabile non sia più identica in tutti gli anni e possa essere stimata anche in presenza degli effetti fissi comunali.

Sono state considerate due specificazioni alternative:

- **Interazione con le dummies annuali**, per stimare come l'effetto della distanza cambi di anno in anno;
- **Interazione con una variabile $Post_t$** , che distingue tra il periodo precedente e quello successivo all'avvio della diffusione della banda ultralarga.

Le due forme possono essere scritte come:

1. Interazione con le dummies annuali:

$$\text{tot_dum_ubb}_{it} = \pi_0 + \sum_{t \neq t_0} \pi_t (\text{mindist_opb}_i \times \mathbf{1}\{t\}) + \alpha_i + \delta_t + u_{it} \quad (3.4)$$

2. Interazione con una variabile $Post_t$

$$\text{tot_dum_ubb}_{it} = \pi_0 + \pi_1 (\text{mindist_opb}_i \times Post_t) + \alpha_i + \delta_t + u_{it} \quad (3.5)$$

Dove:

- π_0 : intercetta della regressione. Rappresenta il valore medio atteso della variabile di copertura (`tot_dum_ubb`) quando la distanza dal backbone è pari a zero e dopo aver tenuto conto degli effetti fissi comunali e temporali.
- π_t, π_1 : misurano come la distanza dal backbone influenzi, rispettivamente anno per anno o nel periodo in cui $Post_t = 1$ (anni successivi al 2015), la probabilità che un comune sia coperto. Ci si attende valori negativi, poiché a distanze maggiori è meno probabile essere coperti dalla fibra;
- $\mathbf{1}\{t\}$: funzione indicatrice che vale 1 se l'osservazione appartiene al periodo t e 0 altrimenti;
- α_i : effetti fissi comunali, catturano tutte le caratteristiche costanti nel tempo di ciascun comune.
- δ_t : effetti fissi temporali catturano fattori che riguardano tutti i comuni in un dato anno (ad esempio, politiche nazionali, shock macroeconomici, trend tecnologici).
- u_{it} : termine di errore, raccoglie le componenti non osservate e che variano nel tempo a livello comunale che non sono spiegate dai regressori.

Secondo stadio

Nel **secondo stadio** si utilizza il valore predetto della variabile di copertura ottenuto dal primo stadio per stimare l'effetto della banda ultralarga sull'attività innovativa. In questo modo si isola la componente esogena della disponibilità di banda ultralarga, evitando che l'effetto stimato rifletta semplicemente il fatto che i comuni già più sviluppati o innovativi hanno ricevuto prima la copertura.

Il modello può essere scritto come:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \widehat{\text{tot_dum_ubb}}_{it} + \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3.6)$$

Dove:

- Y_{it} : variabile dipendente, che in questo caso rappresenta l'attività innovativa (`tot_citing, m_dist_citing, max_dist_citing`);
- $\widehat{\text{tot_dum_ubb}}_{it}$: valore predetto della variabile di copertura dal primo stadio, che rappresenta la componente esogena della disponibilità di banda ultralarga;
- β_1 : coefficiente di interesse, che stima l'effetto medio della banda ultralarga sull'attività innovativa.

Questa specificazione consente dunque di ottenere una stima più affidabile dell'effetto causale della banda ultralarga sull'attività innovativa, i cui risultati empirici verranno presentati e discussi nel capitolo successivo.

3.3 Test di robustezza

Nelle analisi empiriche è fondamentale verificare che i risultati non dipendano da scelte specifiche di campione, di variabile o di specificazioni del modello. A questo scopo si ricorre a diversi test di robustezza.

Specificazioni alternative della variabile dipendente

Come evidenziato nelle statistiche descrittive (sezione 2.2), gli indicatori basati sulle citazioni brevettuali presentano distribuzioni fortemente asimmetriche: la maggior parte dei comuni registra poche o nessuna citazione, mentre in un numero ristretto di città si concentrano valori molto elevati. In questi casi, l'utilizzo della variabile nella forma lineare può attribuire un peso eccessivo agli outlier. Una soluzione consiste nell'applicare una trasformazione logaritmica, ad esempio $\ln(Y + 1)$, che riduce l'influenza dei valori estremi e consente di analizzare la relazione in termini di variazioni percentuali piuttosto che assolute dell'attività innovativa. La coerenza dei risultati tra le due specificazioni rappresenta un'indicazione di robustezza delle stime.

Analisi su sottocampioni e differenze territoriali

Un'altra strategia di robustezza riguarda la variazione del campione di analisi. In particolare, l'esclusione dei capoluoghi di regione permette di verificare se i risultati siano condizionati dalla presenza di città che, per caratteristiche infrastrutturali e innovative, rappresentano outlier naturali. Questi comuni, infatti, sono stati i primi a beneficiare della copertura in fibra ottica grazie alla maggiore densità di popolazione e alla vicinanza ai nodi di backbone, e al tempo stesso concentrano gran parte dei centri di ricerca, delle università e delle imprese tecnologiche. Considerare il campione al netto dei capoluoghi consente quindi di valutare se gli effetti osservati siano riconducibili all'insieme dei comuni o trainati esclusivamente dai grandi centri urbani.

Un'ulteriore possibilità consiste nell'analisi per sottocampioni territoriali, ad esempio distinguendo tra Nord, Centro e Sud. Questa scelta permette di esplorare se la relazione tra le infrastrutture digitali e l'innovazione presenti differenze a seconda delle caratteristiche economiche, sociali e istituzionali proprie delle diverse aree del Paese.

I risultati di queste verifiche, insieme alle stime dei modelli, sono presentati e discussi nel capitolo successivo, con l'obiettivo di valutarne la coerenza e di verificarne la solidità rispetto alle evidenze empiriche ottenute.

Capitolo 4

Risultati

Dopo aver definito nel Capitolo 3 i modelli teorici ed econometrici alla base delle analisi, questo capitolo presenta i risultati empirici, con l'obiettivo di valutare l'impatto della diffusione della banda ultralarga sull'innovazione.

Il capitolo è organizzato in tre sezioni: nella sezione 4.1 vengono discussi i risultati delle stime con effetti fissi (FE); nella sezione 4.2 è sviluppato l'approccio con variabili strumentali (IV), volto a verificare la robustezza delle evidenze empiriche.

4.1 Analisi a effetti fissi

In questa sezione vengono presentati i risultati delle stime a effetti fissi, che permettono di valutare l'impatto della banda ultralarga sulle citazioni brevettuali.

4.1.1 Effetto della banda ultralarga sul numero totale di citazioni brevettuali

Nella Tabella 4.1 sono riportati i risultati delle regressioni a effetti fissi (FE), stimate in due versioni: il modello (1), con la variabile dipendente in forma lineare, e il modello (2), con la variabile dipendente in forma logaritmica. Le equazioni corrispondenti sono le seguenti:

$$\text{tot_citing}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{tot_dum_ubb}_{it} + \sum_{t=2013}^{2018} \delta_t D_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.1)$$

$$\ln(\text{tot_citing}_{it} + 1) = \beta_0 + \beta_1 \text{tot_dum_ubb}_{it} + \sum_{t=2013}^{2018} \delta_t D_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

Dove la variabile `tot_dum_ubb` indica la disponibilità della banda ultralarga, D_t rappresenta gli effetti fissi temporali (con anno base 2012), α_i gli effetti fissi comunali e ε_{it} il termine di errore.

Tabella 4.1: Regressioni a effetti fissi: impatto della banda ultralarga sul numero totale di citazioni brevettuali (`tot_citing`)

	(1) FE	(2) FE (log)
<code>tot_dum_ubb</code>	-0.731*** (0.143)	-0.076*** (0.008)
<code>year=2012</code>	0.000 (.)	0.000 (.)
<code>year=2013</code>	-0.395*** (0.090)	-0.030*** (0.008)
<code>year=2014</code>	-0.625*** (0.112)	-0.043*** (0.008)
<code>year=2015</code>	-0.002 (0.106)	0.012 (0.008)
<code>year=2016</code>	-0.633*** (0.107)	-0.055*** (0.007)
<code>year=2017</code>	-0.868*** (0.122)	-0.076*** (0.007)
<code>year=2018</code>	-1.067*** (0.130)	-0.116*** (0.007)
Constant	1.851*** (0.098)	0.263*** (0.005)
Osservazioni	54999	54999
R ²	0.008	0.019
Test F	18.568	110.487

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Il coefficiente di interesse (β_1), che misura l'impatto della disponibilità della banda ultralarga sulle citazioni brevettuali ricevute, risulta negativo e altamente significativo in entrambe le specificazioni. Nel modello (1) assume un valore pari a -0,73 ed è significativo all'1%, indicando che i comuni coperti dalla banda ultralarga

registrano in media circa 0,73 citazioni brevettuali in meno rispetto ai comuni non coperti. Nel modello (2), il coefficiente è pari a -0,076, anch'esso significativo all'1%, e corrisponde a una diminuzione di circa il 7,6% delle citazioni.

Le variabili temporali confermano una tendenza decrescente delle citazioni brevettuali nel periodo analizzato. Rispetto all'anno base 2012, i coefficienti relativi agli anni 2013, 2014, 2016, 2017 e 2018 risultano negativi e statisticamente significativi, mentre per il 2015 non emergono effetti rilevanti. Questo andamento indica che, nel complesso, il numero di citazioni brevettuali è diminuito a livello nazionale, indipendentemente dalla diffusione della banda ultralarga.

Dal punto di vista della capacità esplicativa, gli R^2 sono pari a 0,008 per il modello (1) e a 0,019 per il modello (2), valori modesti che indicano come gran parte della variabilità delle citazioni non sia spiegata dalle variabili incluse. Tuttavia, i test F globali (18,6 e 110,5 rispettivamente) risultano altamente significativi, a conferma che l'insieme dei regressori ha un effetto complessivamente rilevante sulla variabile dipendente.

Nel periodo 2012–2018, le stime mostrano che la disponibilità della banda ultralarga non si è tradotta in un incremento delle citazioni brevettuali, bensì risulta associata a una riduzione statisticamente significativa. Questi risultati devono essere interpretati con cautela e costituiscono un punto di partenza per ulteriori approfondimenti volti a valutare con maggiore precisione il rapporto tra infrastrutture digitali e innovazione.

4.1.2 Effetto della banda ultralarga sulla distanza media delle citazioni

Dopo aver analizzato l'effetto della banda ultralarga sul numero complessivo di citazioni ricevute, l'attenzione si sposta ora sulla dimensione spaziale del flusso di conoscenza, misurata attraverso la variabile `m_dist_citing`.

La Tabella 4.2 riporta i risultati delle regressioni a effetti fissi in cui la variabile dipendente è rappresentata dalla distanza media delle citazioni brevettuali. Anche in questo caso sono presentate due specificazioni: il modello (1) in forma lineare e il modello (2) in forma logaritmica. Le equazioni di riferimento sono le seguenti:

$$\text{m_dist_citing}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{tot_dum_ubb}_{it} + \sum_{t=2013}^{2018} \delta_t D_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.3)$$

$$\ln(\text{m_dist_citing}_{it} + 1) = \beta_0 + \beta_1 \text{tot_dum_ubb}_{it} + \sum_{t=2013}^{2018} \delta_t D_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.4)$$

In entrambe le specificazioni, il coefficiente di interesse risulta negativo e altamente significativo. Nel modello (1), la disponibilità della banda ultralarga è

Tabella 4.2: Regressioni a effetti fissi: impatto della banda ultralarga sulla distanza media delle citazioni (*m_dist_citing*)

	(1) FE	(2) FE (log)
<i>tot_dum_ubb</i>	-142.964*** (28.181)	-0.218*** (0.036)
<i>year=2012</i>	0.000 (.)	0.000 (.)
<i>year=2013</i>	-59.781** (25.897)	-0.099*** (0.033)
<i>year=2014</i>	-84.292*** (25.995)	-0.124*** (0.033)
<i>year=2015</i>	27.614 (26.141)	0.092*** (0.034)
<i>year=2016</i>	-132.641*** (24.591)	-0.187*** (0.032)
<i>year=2017</i>	-154.333*** (24.842)	-0.241*** (0.032)
<i>year=2018</i>	-247.821*** (24.904)	-0.390*** (0.032)
Constant	664.013*** (17.135)	1.037*** (0.022)
Osservazioni	54999	54999
R ²	0.007	0.010
Test F	40.886	64.298

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

associata a una riduzione della distanza media di circa 143 km, significativa all'1%. Nel modello (2), l'effetto stimato è pari a -0,218, anch'esso significativo all'1%, e corrisponde a una riduzione di circa il 21,8% della distanza media delle citazioni. In sintesi, la presenza della fibra appare legata a una maggiore prossimità geografica delle citazioni brevettuali, indicando che, nel periodo osservato, l'infrastruttura digitale non ha ampliato il raggio della diffusione della conoscenza, ma piuttosto rafforzato legami più locali.

Le variabili temporali mostrano un andamento non uniforme. Rispetto all'anno base, i coefficienti sono negativi e significativi nel 2013, 2014, 2016, 2017 e 2018, con riduzioni progressivamente più consistenti della distanza media, mentre nel 2015 si osserva un effetto positivo e significativo al 5% solo nel modello (2). Ciò suggerisce che la geografia delle citazioni non segua un andamento uniforme, ma rifletta l'influenza di fattori esterni non osservati, che possono includere shock macroeconomici, cambiamenti nelle politiche o dinamiche settoriali.

Dal punto di vista della capacità esplicativa, gli R^2 sono pari a 0,007 per il modello (1) e a 0,010 per il modello (2), valori modesti che indicano una variabilità in gran parte non spiegata.

In generale, nel periodo 2012–2018 la disponibilità della banda ultralarga risulta associata a una riduzione della distanza media delle citazioni brevettuali, suggerendo un rafforzamento dei legami locali piuttosto che un ampliamento della portata geografica delle innovazioni.

4.1.3 Effetto della banda ultralarga sulla distanza massima delle citazioni

La Tabella 4.3 presenta i risultati delle regressioni a effetti fissi con variabile dipendente la distanza massima delle citazioni brevettuali (`max_dist_citing`). L'analisi è stata condotta sia in forma lineare (1) sia in forma logaritmica (2) e le due specificazioni possono essere espresse con le seguenti equazioni:

$$\text{max_dist_citing}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{tot_dum_ubb}_{it} + \sum_{t=2013}^{2018} \delta_t D_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.5)$$

$$\ln(\text{max_dist_citing}_{it} + 1) = \beta_0 + \beta_1 \text{tot_dum_ubb}_{it} + \sum_{t=2013}^{2018} \delta_t D_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.6)$$

Il coefficiente associato alla variabile di interesse `tot_dum_ubb` risulta negativo e altamente significativo in entrambe le specificazioni. Nel modello lineare (1), la disponibilità della banda ultralarga è associata a una riduzione media di circa 142 km nella distanza massima delle citazioni, mentre nel modello logaritmico (2), l'effetto corrisponde a una diminuzione di circa il 21,8%. In entrambi i casi emerge che la diffusione della fibra non si accompagna a un ampliamento dei flussi di conoscenza, ma piuttosto a una loro riduzione.

Per quanto riguarda le variabili temporali, i coefficienti descrivono un andamento non uniforme nel periodo 2012–2018. Rispetto all'anno base 2012, nel 2013 e 2014 si rileva una riduzione significativa della distanza massima. Nel 2015 si osserva un'inversione di segno, con un incremento positivo e significativo solo nella stima

Tabella 4.3: Regressioni a effetti fissi: impatto della banda ultralarga sulla distanza massima delle citazioni (`max_dist_citing`)

	(1) FE	(2) FE (log)
<code>tot_dum_ubb</code>	-142.159*** (28.355)	-0.218*** (0.036)
<code>year=2012</code>	0.000 (.)	0.000 (.)
<code>year=2013</code>	-58.981** (25.949)	-0.098*** (0.033)
<code>year=2014</code>	-85.277*** (26.049)	-0.124*** (0.033)
<code>year=2015</code>	31.081 (26.254)	0.093*** (0.034)
<code>year=2016</code>	-133.410*** (24.637)	-0.187*** (0.032)
<code>year=2017</code>	-155.494*** (24.884)	-0.242*** (0.032)
<code>year=2018</code>	-247.073*** (24.994)	-0.390*** (0.032)
Constant	665.996*** (17.173)	1.038*** (0.022)
Osservazioni	54999	54999
R ²	0.007	0.010
Test F	40.648	64.255

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

logaritmica (2). Dal 2016 in poi i coefficienti tornano negativi, con una diminuzione particolarmente marcata nel 2017 e nel 2018, quando la distanza massima risulta inferiore di circa 247 km rispetto al 2012, pari a un calo del 39% nella stima logaritmica.

Il valore di R^2 è basso in entrambe le specificazioni (0,007 e 0,010), a conferma che gran parte della variabilità non è spiegata dalle variabili incluse. Tuttavia, il test F indica che, nel complesso, i coefficienti stimati sono statisticamente significativi.

Questi risultati evidenziano che la disponibilità della banda ultralarga nei comuni italiani è associata a una riduzione della distanza massima delle citazioni brevettuali. Il risultato è coerente sia nelle stime lineari che in quelle logaritmiche e suggerisce che, nel periodo osservato, la diffusione dell'infrastruttura digitale non abbia ampliato la portata geografica dei flussi di conoscenza, ma sia stata piuttosto accompagnata da una loro riduzione.

4.1.4 Effetti della banda ultralarga nelle diverse aree geografiche

Per valutare se l'impatto della banda ultralarga sull'innovazione varia in funzione delle caratteristiche territoriali, le regressioni sono state replicate raggruppando i comuni italiani in tre macroaree: Nord, Centro e Sud. Come nelle analisi precedenti, le variabili dipendenti considerate sono il numero totale di citazioni (`tot_citing`), la distanza media (`m_dist_citing`) e la distanza massima (`max_dist_citing`) delle citazioni brevettuali. Questo approccio consente di verificare se la relazione tra le infrastrutture digitali e l'innovazione assuma configurazioni differenti nelle diverse aree del Paese.

La Tabella 4.4 riporta i risultati delle regressioni a effetti fissi, stimate separatamente per il Nord, il Centro e il Sud. Le colonne (1)-(3) presentano le specificazioni lineari, mentre le colonne (4)-(6) riportano quelle logaritmiche.

Le equazioni stimate mantengono la stessa struttura delle specificazioni introdotte in precedenza (Equazione 4.1 e Equazione 4.2), con l'unica differenza che le stime sono condotte su sottocampioni distinti in base all'area geografica di appartenenza dei comuni.

Il coefficiente β_1 associato alla variabile `tot_dum_ubb` evidenzia delle differenze territoriali significative. Al Nord, il coefficiente è negativo e altamente significativo in entrambe le specificazioni: -1,29 nel modello lineare (1) e -0,128 nel modello logaritmico (4), entrambi significativi all'1%. Un risultato analogo si osserva al Centro, dove i valori stimati sono pari a -0,75 e -0,097 rispettivamente, anch'essi significativi all'1%. Questi risultati indicano che, in entrambe le aree, la disponibilità della banda ultralarga si associa a una riduzione delle citazioni brevettuali ricevute, sia in termini di variazioni assolute (modello lineare) sia in termini percentuali (modello logaritmico). La situazione appare diversa al Sud, dove i coefficienti stimati (-0,049 nel modello lineare (3) e -0,012 in quello logaritmico (6)) sono molto vicini allo zero e privi di significatività statistica, indicando l'assenza di un effetto misurabile della banda ultralarga sulle citazioni brevettuali.

Le variabili temporali confermano una dinamica negativa al Nord e al Centro, con coefficienti annuali generalmente significativi e inferiori allo zero rispetto all'anno base 2012. Al Sud, invece, l'andamento si presenta meno regolare: alcuni anni presentano coefficienti negativi e significativi (2013, 2017 e 2018), mentre nel 2015

Tabella 4.4: Effetto della banda ultralarga sul numero totale di citazioni brevettuali per macroarea (`tot_citing`)

	(1) Nord FE	(2) Centro FE	(3) Sud FE	(4) Nord FE (log)	(5) Centro FE (log)	(6) Sud FE (log)
<code>tot_dum_ubb</code>	-1.288*** (0.291)	-0.745*** (0.243)	-0.049 (0.054)	-0.128*** (0.014)	-0.097*** (0.025)	-0.012 (0.008)
<code>year=2012</code>	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
<code>year=2013</code>	-0.561*** (0.151)	-0.490** (0.237)	-0.075* (0.044)	-0.035*** (0.012)	-0.040 (0.026)	-0.019** (0.008)
<code>year=2014</code>	-0.904*** (0.184)	-0.909*** (0.349)	-0.040 (0.058)	-0.058*** (0.012)	-0.050** (0.024)	-0.013 (0.009)
<code>year=2015</code>	-0.141 (0.184)	0.037 (0.263)	0.102* (0.054)	0.008 (0.013)	-0.015 (0.026)	0.017** (0.009)
<code>year=2016</code>	-0.999*** (0.181)	-0.897*** (0.292)	0.008 (0.054)	-0.084*** (0.011)	-0.071*** (0.023)	-0.007 (0.008)
<code>year=2017</code>	-1.156*** (0.190)	-1.293*** (0.478)	-0.181*** (0.045)	-0.100*** (0.011)	-0.073*** (0.024)	-0.029*** (0.008)
<code>year=2018</code>	-1.452*** (0.210)	-1.426*** (0.435)	-0.219*** (0.045)	-0.150*** (0.011)	-0.139*** (0.023)	-0.041*** (0.007)
Constant	2.587*** (0.165)	2.547*** (0.264)	0.331*** (0.033)	0.357*** (0.008)	0.319*** (0.017)	0.081*** (0.006)
Osservazioni	30513	6671	17815	30513	6671	17815
R ²	0.012	0.010	0.004	0.027	0.021	0.006
Test F	13.988	4.533	8.076	85.007	17.732	12.902

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

si osserva un effetto positivo, delineando un quadro più eterogeneo rispetto alle altre aree.

Dal punto di vista della capacità esplicativa, gli R² restano bassi, compresi tra 0,004 e 0,027, ma i test F risultano sempre significativi, confermando la rilevanza statistica delle regressioni.

Questi risultati evidenziano che l'impatto della banda ultralarga non è uniforme sul territorio nazionale: mentre al Nord e al Centro è associato a una riduzione statisticamente significativa delle citazioni brevettuali, al Sud non emerge alcun effetto rilevante. Le differenze territoriali osservate potrebbero riflettere l'eterogeneità nelle condizioni economiche e delle istituzioni locali.

Per quanto riguarda la distanza media delle citazioni brevettuali `m_dist_citing`, i risultati riportati in Tabella 4.5 evidenziano un impatto eterogeneo della banda ultralarga tra le diverse aree del Paese. Al Nord, il coefficiente associato alla

variabile `tot_dum_ubb` risulta negativo e altamente significativo sia nel modello lineare (-276,78) sia in quello logaritmico (-0,396), indicando una riduzione della portata geografica delle citazioni nei comuni con accesso alla banda ultralarga. Un effetto analogo, seppure in minore entità, si osserva al Centro, dove i valori stimati (-136,2 e -0,261) sono anch'essi negativi e significativi. Al Sud, invece, i coefficienti non sono statisticamente significativi, suggerendo l'assenza di un effetto misurabile.

Tabella 4.5: Effetto della banda ultralarga sulla distanza media delle citazioni brevettuali per macroarea (`m_dist_citing`)

	(1) Nord FE	(2) Centro FE	(3) Sud FE	(4) Nord FE (log)	(5) Centro FE (log)	(6) Sud FE (log)
<code>tot_dum_ubb</code>	-276.780*** (47.295)	-136.198* (78.507)	-1.974 (31.999)	-0.396*** (0.061)	-0.261*** (0.101)	-0.009 (0.040)
<code>year=2012</code>	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
<code>year=2013</code>	-71.252* (39.550)	1.504 (83.160)	-63.083** (28.918)	-0.103** (0.050)	-0.146 (0.103)	-0.073* (0.038)
<code>year=2014</code>	-138.829*** (39.243)	-33.423 (81.020)	-9.931 (31.637)	-0.177*** (0.050)	-0.121 (0.104)	-0.034 (0.040)
<code>year=2015</code>	12.572 (39.764)	10.750 (76.906)	36.809 (30.557)	0.106** (0.052)	-0.018 (0.101)	0.076* (0.040)
<code>year=2016</code>	-205.951*** (37.422)	-168.910** (73.314)	-6.273 (27.713)	-0.278*** (0.049)	-0.252*** (0.096)	-0.025 (0.036)
<code>year=2017</code>	-211.845*** (37.194)	-144.700* (76.357)	-41.239 (30.053)	-0.320*** (0.048)	-0.243** (0.099)	-0.082** (0.038)
<code>year=2018</code>	-321.755*** (37.039)	-192.587** (77.826)	-118.690*** (30.848)	-0.510*** (0.048)	-0.366*** (0.099)	-0.163*** (0.038)
Constant	890.954*** (26.289)	748.013*** (50.888)	243.860*** (19.999)	1.402*** (0.034)	1.187*** (0.067)	0.356*** (0.026)
Osservazioni	30513	6671	17815	30513	6671	17815
R ²	0.011	0.005	0.002	0.016	0.009	0.003
Test F	34.276	4.673	5.029	52.878	7.435	6.811

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Le variabili temporali confermano un andamento tendenzialmente negativo al Nord e al Centro rispetto all'anno base 2012, con valori significativi soprattutto a partire dal 2014. Al Sud, invece, l'evidenza appare meno stabile: in alcuni anni (2013 e 2018) emergono effetti negativi e significativi, mentre negli altri non si osservano variazioni rilevanti. In tutte le specificazioni i valori di R^2 rimangono contenuti, ma i test F risultano sempre significativi, a conferma della rilevanza statistica dei regressori inclusi.

Infine, la Tabella 4.6 riporta i risultati relativi alla distanza massima delle

citazioni brevettuali (`max_dist_citing`). Anche in questo caso emergono differenze territoriali significative.

Tabella 4.6: Effetto della banda ultralarga sulla distanza massima delle citazioni brevettuali per macroarea (`max_dist_citing`)

	(1) Nord FE	(2) Centro FE	(3) Sud FE	(4) Nord FE (log)	(5) Centro FE (log)	(6) Sud FE (log)
<code>tot_dum_ubb</code>	-276.232*** (47.504)	-133.632* (79.087)	-2.101 (32.474)	-0.395*** (0.061)	-0.262*** (0.101)	-0.009 (0.040)
<code>year=2012</code>	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
<code>year=2013</code>	-69.544* (39.625)	1.596 (83.404)	-63.573** (28.965)	-0.103** (0.050)	-0.145 (0.103)	-0.073* (0.038)
<code>year=2014</code>	-140.477*** (39.320)	-35.332 (81.101)	-9.436 (31.747)	-0.177*** (0.051)	-0.122 (0.104)	-0.034 (0.040)
<code>year=2015</code>	14.855 (39.885)	13.089 (77.345)	42.934 (30.902)	0.106** (0.052)	-0.017 (0.101)	0.077* (0.040)
<code>year=2016</code>	-206.889*** (37.508)	-172.113** (73.327)	-5.600 (27.775)	-0.278*** (0.049)	-0.253*** (0.096)	-0.024 (0.036)
<code>year=2017</code>	-213.206*** (37.241)	-146.289* (76.382)	-41.624 (30.183)	-0.321*** (0.048)	-0.243** (0.099)	-0.082** (0.038)
<code>year=2018</code>	-322.630*** (37.106)	-196.605** (77.719)	-113.091*** (31.300)	-0.510*** (0.048)	-0.366*** (0.099)	-0.162*** (0.038)
Constant	893.627*** (26.346)	750.524*** (51.093)	244.464*** (20.008)	1.403*** (0.034)	1.188*** (0.067)	0.356*** (0.026)
Osservazioni	30513	6671	17815	30513	6671	17815
R ²	0.011	0.005	0.002	0.016	0.009	0.003
Test F	34.336	4.756	4.728	52.852	7.467	6.769

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Al Nord, l'impatto della disponibilità della fibra ottica risulta negativo e altamente significativo: nel modello lineare il coefficiente stimato è pari a -276,2, mentre nella specificazione logaritmica è pari a -0,395. Ciò indica che nei comuni raggiunti dalla banda ultralarga la distanza massima tende a ridursi. Un risultato analogo emerge al Centro, dove i coefficienti (-133,6 e -0,262) sono anch'essi negativi e statisticamente significativi, sebbene di minore entità rispetto al Nord. Diversamente, al Sud i valori stimati non raggiungono la significatività statistica, segnalando l'assenza di un effetto misurabile.

Per quanto riguarda le variabili temporali, al Nord e al Centro si riscontra un andamento sostanzialmente analogo a quello emerso nell'analisi precedente, con coefficienti generalmente negativi e significativi rispetto al 2012, in particolare negli anni 2016, 2017 e 2018. Al Sud, invece, la dinamica rimane meno regolare, con

alcuni anni contraddistinti da effetti negativi e significativi (2013 e 2018) e altri da valori positivi (2015). Come nelle stime precedenti, gli R^2 si mantengono bassi, mentre i test F confermano la significatività complessiva dei modelli stimati.

In conclusione, le stime evidenziano un effetto non uniforme della banda ultralarga sull'innovazione. Al Nord e al Centro l'infrastruttura digitale è associata a una riduzione sia del numero sia della portata geografica delle citazioni, mentre al Sud non si rilevano effetti significativi. Ciò conferma che il legame tra banda ultralarga e innovazione dipende in misura rilevante dalle condizioni territoriali.

4.1.5 Effetto della banda ultralarga sull'innovazione nei capoluoghi di regione

Per approfondire ulteriormente la relazione tra infrastrutture digitali e innovazione, si è replicata l'analisi escludendo i capoluoghi di regione¹, che rappresentano le città più grandi e istituzionalmente centrali del Paese. In questi contesti la banda ultralarga è stata introdotta nella fase iniziale e l'attività brevettuale tende a concentrarsi in misura maggiore rispetto agli altri comuni. Per tenere conto di tale specificità, nel dataset è stata creata una variabile dummy (`cap_regione`), pari a 1 per i comuni che sono capoluoghi di regione e 0 altrimenti.

Le specificazioni stimate riprendono la stessa struttura delle analisi precedenti, distinguendo però tra due sottocampioni: i comuni non capoluogo di regione (`cap_regione` = 0) e i soli capoluoghi di regione (`cap_regione` = 1). Questa distinzione consente di verificare se l'impatto della banda ultralarga sull'innovazione presenti differenze sistematiche tra i due gruppi di comuni. Le equazioni complete sono riportate di seguito:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{tot_dum_ubb}_{it} + \sum_{t=2013}^{2018} \delta_t D_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.7)$$

$$\ln(Y_{it} + 1) = \beta_0 + \beta_1 \text{tot_dum_ubb}_{it} + \sum_{t=2013}^{2018} \delta_t D_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.8)$$

Dove Y_{it} rappresenta il numero totale di citazioni brevettuali (`tot_citing`), la distanza media (`m_dist_citing`) e la distanza massima (`max_dist_citing`).

I risultati riportati in Tabella 4.7 evidenziano che l'associazione tra la disponibilità della banda ultralarga e l'attività brevettuale resta negativa e statisticamente significativa anche dopo aver escluso i capoluoghi di regione. I coefficienti della

¹**Capoluoghi di regione:** L'Aquila, Potenza, Catanzaro, Napoli, Bologna, Trieste, Roma, Genova, Milano, Ancona, Campobasso, Torino, Bari, Cagliari, Palermo, Firenze, Trento, Perugia, Aosta e Venezia.

variabile di interesse risultano infatti sempre negativi, sia nei modelli lineari che in quelli logaritmici, e coinvolgono tutte le variabili dipendenti considerate. L'entità degli effetti è sostanzialmente simile a quella osservata sul campione completo, indicando che l'evidenza non è attribuibile unicamente ai grandi centri urbani, ma riflette un andamento riconoscibile anche nei comuni non capoluogo.

Tabella 4.7: Regressione a effetti fissi sul campione dei comuni italiani, escludendo i capoluoghi di regione (`cap_regione=0`)

Variabile	Dep. var.: tot_citing		Dep. var.: m_dist_citing		Dep. var.: max_dist_citing	
	FE (1)	FE (log) (2)	FE (3)	FE (log) (4)	FE (5)	FE (log) (6)
tot_dum_ubb	-0.628*** (0.124)	-0.076*** (0.008)	-138.503*** (28.260)	-0.215*** (0.036)	-137.772*** (28.435)	-0.215*** (0.036)
year=2012	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
year=2013	-0.318*** (0.076)	-0.031*** (0.008)	-58.386** (25.885)	-0.100*** (0.033)	-57.572** (25.938)	-0.100*** (0.033)
year=2014	-0.536*** (0.097)	-0.043*** (0.008)	-85.184*** (25.981)	-0.127*** (0.033)	-86.170*** (26.035)	-0.127*** (0.033)
year=2015	-0.004 (0.101)	0.011 (0.008)	29.676 (26.155)	0.091*** (0.034)	33.082 (26.268)	0.092*** (0.034)
year=2016	-0.552*** (0.094)	-0.056*** (0.007)	-131.916*** (24.581)	-0.188*** (0.032)	-132.629*** (24.627)	-0.188*** (0.032)
year=2017	-0.675*** (0.091)	-0.075*** (0.007)	-155.752*** (24.837)	-0.243*** (0.032)	-156.962*** (24.880)	-0.243*** (0.032)
year=2018	-0.865*** (0.095)	-0.114*** (0.007)	-248.045*** (24.861)	-0.391*** (0.032)	-247.225*** (24.951)	-0.391*** (0.032)
Constant	1.490*** (0.079)	0.255*** (0.005)	651.911*** (17.119)	1.021*** (0.022)	653.855*** (17.157)	1.021*** (0.022)
Osservazioni	54859	54859	54859	54859	54859	54859
R ²	0.010	0.018	0.007	0.010	0.007	0.010
Test F	41.308	108.298	40.882	64.030	40.637	63.986

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Le variabili temporali confermano un andamento prevalentemente negativo rispetto all'anno base 2012, con coefficienti nella maggior parte dei casi significativi e inferiori a zero, ad eccezione del 2015, che continua a mostrare un effetto positivo. Nel complesso, i risultati con l'esclusione dei capoluoghi di regione confermano che la relazione negativa tra la diffusione della banda ultralarga e citazioni brevettuali non è riconducibile unicamente ai principali centri urbani, ma caratterizza anche la restante parte dei comuni italiani.

È interessante analizzare anche i soli capoluoghi di regione, data la loro centralità

amministrativa ed economica. La Tabella 4.8 riporta i risultati delle regressioni a effetti fissi condotte su questo sottocampione. In questo caso il numero di osservazioni è molto limitato (140 in totale), poiché il campione comprende soltanto 20 comuni osservati per sette anni (2012–2018). Questa ridotta numerosità incide sulla precisione delle stime, determinando errori standard più elevati e una maggiore variabilità nei coefficienti. Pertanto, i risultati devono essere interpretati con cautela, in quanto maggiormente sensibili alla dimensione ridotta del campione rispetto alle analisi condotte sull'intero insieme dei comuni italiani.

Tabella 4.8: Regressione a effetti fissi sul campione dei soli capoluoghi di regione (cap_regione=1)

Variabile	Dep. var.: tot_citing		Dep. var.: m_dist_citing		Dep. var.: max_dist_citing	
	FE (1)	FE (log) (2)	FE (3)	FE (log) (4)	FE (5)	FE (log) (6)
tot_dum_ubb	-101.200** (41.314)	-0.992*** (0.274)	-1182.493 (1003.465)	-0.766 (1.048)	-1194.727 (1003.552)	-0.769 (1.048)
year=2012	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
year=2013	-30.500 (18.312)	0.114 (0.193)	-606.514 (816.555)	0.614 (0.889)	-611.108 (815.723)	0.613 (0.889)
year=2014	-35.450 (22.074)	0.001 (0.221)	265.259 (834.407)	1.102 (0.735)	264.685 (834.839)	1.100 (0.736)
year=2015	95.900** (34.039)	1.366*** (0.269)	34.979 (796.195)	0.900 (0.856)	79.582 (801.100)	0.908 (0.856)
year=2016	57.700** (23.376)	1.097*** (0.234)	165.222 (501.352)	0.508 (0.430)	163.061 (501.788)	0.508 (0.430)
year=2017	5.050 (9.656)	0.371* (0.211)	619.079 (950.701)	0.269 (1.082)	663.817 (952.199)	0.279 (1.082)
year=2018	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
Constant	143.200*** (21.338)	3.411*** (0.184)	5406.111*** (581.984)	7.426*** (0.642)	5423.499*** (581.647)	7.430*** (0.642)
Osservazioni	140	140	140	140	140	140
R ²	0.203	0.257	0.021	0.024	0.021	0.024
Test F	1.966	7.806	3.826	2.603	3.272	2.560

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Il coefficiente associato alla variabile `tot_dum_ubb` è negativo e statisticamente significativo per il numero totale di citazioni (`tot_citing`), sia nel modello lineare (-101,2) sia in quello logaritmico (-0,992). Questo risultato indica che anche nei capoluoghi di regione la disponibilità di banda ultralarga si associa a una riduzione dell'attività brevettuale. Diversamente, per le misure di distanza media e massima

(`m_dist_citing` e `max_dist_citing`) non emergono effetti significativi, e gli ampi intervalli di confidenza riflettono proprio la limitata numerosità di dati.

Le variabili temporali mostrano un andamento meno regolare rispetto agli altri campioni: in alcuni anni (2015 e 2016) si osservano coefficienti positivi e significativi per `tot_citing`, mentre negli altri casi non si rilevano effetti rilevanti. In generale, l'analisi suggerisce che, nei capoluoghi di regione, la relazione tra le infrastrutture digitali e l'attività brevettuale presenti caratteristiche differenti rispetto agli altri comuni; tuttavia, il numero ridotto di osservazioni limita la robustezza dei risultati.

4.2 Analisi con variabili strumentali (IV)

I modelli a effetti fissi forniscono una prima evidenza del legame tra la disponibilità della banda ultralarga e le citazioni brevettuali, ma non risolvono completamente il problema dell'endogeneità. La tempistica di diffusione della fibra ottica non è stata uniforme sul territorio nazionale e ciò può generare una correlazione tra la variabile di interesse e le caratteristiche specifiche dei comuni, con possibili distorsioni nelle stime.

Per affrontare questa criticità, l'analisi adotta un approccio a **variabili strumentali** (IV, Instrumental Variables). Lo strumento utilizzato è la distanza minima di ciascun comune dai nodi backbone della rete nazionale, combinata con l'informazione temporale sulla diffusione della fibra. L'idea di base è che i comuni più vicini ai nodi principali abbiano beneficiato prima della copertura in banda ultralarga, indipendentemente dalle loro caratteristiche economiche o innovative. In questo modo, la variabile strumentale fornisce una fonte di variazione esogena, utile per isolare l'effetto della banda ultralarga sull'attività brevettuale.

La solidità dello strumento è confermata dai valori elevati del test F del primo stadio, che risultano superiori alle soglie convenzionali. Le stime IV consentono quindi di verificare la robustezza dei risultati ottenuti con i modelli a effetti fissi.

La Tabella 4.9 riporta le stime con variabili strumentali, affiancate ai risultati dei modelli a effetti fissi già discussi nella sezione precedente. L'obiettivo è affrontare il possibile problema di endogeneità nella diffusione della banda ultralarga, che non si è distribuita in modo uniforme sul territorio.

Sono state considerate due specificazioni. La prima, denominata IV1, utilizza come strumento la distanza minima di ciascun comune dal nodo di backbone più vicino moltiplicata per l'anno di osservazione. Questa formulazione permette di combinare la componente geografica, legata alla prossimità alla rete principale, con la dimensione temporale, che riflette l'avanzare della copertura nel periodo analizzato. La seconda, denominata IV2, impiega la stessa misura di distanza, ma moltiplicata per una variabile dummy denominata `post`, che distingue due periodi: assume valore 0 per gli anni fino al 2014 e valore 1 per gli anni dal 2015 in avanti.

Tabella 4.9: Risultati principali delle stime FE e IV per `tot_citing`

Variabile	Panel A: <code>tot_citing</code>			Panel B: $\ln(\text{tot_citing} + 1)$		
	FE (1)	IV1 (2)	IV2 (3)	FE (4)	IV1 (5)	IV2 (6)
<code>tot_dum_ubb</code>	-0.731*** (0.143)	-12.006*** (2.220)	-8.631*** (2.068)	-0.076*** (0.008)	-0.896*** (0.081)	-0.654*** (0.101)
<code>year=2012</code>	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
<code>year=2013</code>	-0.395*** (0.090)	-0.395*** (0.090)	-0.395*** (0.090)	-0.030*** (0.008)	-0.030*** (0.008)	-0.030*** (0.008)
<code>year=2014</code>	-0.625*** (0.112)	-0.625*** (0.112)	-0.625*** (0.112)	-0.043*** (0.008)	-0.043*** (0.008)	-0.043*** (0.008)
<code>year=2015</code>	-0.002 (0.106)	1.467*** (0.301)	1.027*** (0.255)	0.012 (0.008)	0.119*** (0.014)	0.087*** (0.014)
<code>year=2016</code>	-0.633*** (0.107)	2.339*** (0.545)	1.449*** (0.494)	-0.055*** (0.007)	0.161*** (0.023)	0.097*** (0.026)
<code>year=2017</code>	-0.868*** (0.122)	4.450*** (0.955)	2.858*** (0.887)	-0.076*** (0.007)	0.311*** (0.038)	0.197*** (0.047)
<code>year=2018</code>	-1.067*** (0.130)	4.620*** (1.018)	2.918*** (0.949)	-0.116*** (0.007)	0.297*** (0.040)	0.175*** (0.050)
Constant	1.851*** (0.098)	1.851*** (0.100)	1.851*** (0.098)	0.263*** (0.005)	0.263*** (0.006)	0.263*** (0.005)
Osservazioni	54999	54999	54999	54999	54999	54999
R ²	0.008			0.019		
First-stage F		52.47	95.19		52.47	95.19

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

In questo modo la distanza dai nodi di backbone conta solo a partire dal 2015, anno che segna l'avvio della diffusione della banda ultralarga a livello nazionale, mentre negli anni precedenti non produce nessun effetto.

Poiché la distanza minima di ciascun comune dal nodo di backbone più vicino non varia nel tempo, non è possibile stimare le interazioni con i comuni stessi. Gli effetti fissi comunali, infatti, catturano già tutte le caratteristiche che restano costanti nel tempo per ciascun territorio; aggiungere un termine costruito con una

variabile anch'essa fissa non fornirebbe alcuna informazione aggiuntiva e verrebbe eliminato automaticamente dal modello a causa della collinearità perfetta.

Nel Panel A, dove la variabile dipendente è il numero totale di citazioni brevettuali (`tot_citing`), le colonne (2) e (3) mostrano coefficienti negativi e statisticamente significativi per `tot_dum_ubb`: -12,065 con IV1 e -11,674 con IV2.

Nel Panel B, in cui la variabile dipendente è espressa in forma logaritmica, le colonne (5) e (6), corrispondenti a IV1 e IV2, confermano la stessa direzione dei risultati, con coefficienti negativi e significativi pari a -0,896 e -0,855.

Un elemento rilevante riguarda i coefficienti delle variabili temporali: nelle regressioni a effetti fissi essi risultavano in gran parte negativi negli anni più recenti, mentre nelle specificazioni IV assumono valori positivi e significativi dal 2015 in avanti. Ciò evidenzia una differenza nel profilo temporale dei risultati a seconda dell'approccio adottato.

In entrambe le specificazioni, i valori elevati del test F del primo stadio confermano la solidità degli strumenti. Nel complesso, IV1 e IV2 forniscono risultati coerenti tra loro e mostrano un'associazione negativa e significativa per la variabile di interesse, accompagnata da un diverso andamento dei coefficienti temporali rispetto ai modelli a effetti fissi.

Una volta esaminati gli effetti sul numero complessivo di citazioni, l'analisi procede sulla distanza media delle citazioni brevettuali (`m_dist_citing`), riportata nella Tabella 4.10.

Il coefficiente associato a `tot_dum_ubb` risulta sempre negativo e statisticamente significativo all'1%. Nel modello lineare il valore è 142,9 nella stima a effetti fissi, mentre nelle specificazioni IV1 e IV2 i coefficienti sono pari rispettivamente a -1865,9 e 1426,4. Anche utilizzando la variabile in forma logaritmica l'effetto rimane negativo: -0,218 nella stima a effetti fissi, -2,819 in IV1 e -1,835 in IV2.

I coefficienti delle variabili temporali confermano un diverso profilo tra i modelli. Nelle regressioni a effetti fissi emergono valori negativi dal 2013 in poi, con una diminuzione progressiva negli anni successivi. Nelle stime IV, al contrario, i coefficienti diventano positivi a partire dal 2015 e mantengono significatività statistica.

Nel complesso, i risultati evidenziano un'associazione negativa tra la diffusione della banda ultralarga e la distanza media delle citazioni brevettuali, con differenze nell'andamento temporale a seconda della specificazione adottata.

La Tabella 4.11 riporta i risultati per `max_dist_citing`, che misura la distanza massima delle citazioni brevettuali.

Il coefficiente associato a `tot_dum_ubb` è negativo e altamente significativo in tutte le specificazioni. Nel modello a effetti fissi il valore stimato è -142,2, mentre nelle specificazioni IV1 e IV2 i coefficienti assumono valori più elevati, pari rispettivamente a -1865,4 e -1423,7. Utilizzando la variabile in forma logaritmica,

Tabella 4.10: Risultati principali delle stime FE e IV per `m_dist_citing`

Variabile	Panel A: <code>m_dist_citing</code>			Panel B: $\ln(\text{m_dist_citing} + 1)$		
	FE (1)	IV1 (2)	IV2 (3)	FE (4)	IV1 (5)	IV2 (6)
<code>tot_dum_ubb</code>	-142.964*** (28.181)	-1865.910*** (235.301)	-1426.412*** (310.845)	-0.218*** (0.036)	-2.819*** (0.314)	-1.835*** (0.395)
<code>year=2012</code>	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
<code>year=2013</code>	-59.781** (25.897)	-59.781** (25.897)	-59.781** (25.897)	-0.099*** (0.033)	-0.099*** (0.033)	-0.099*** (0.033)
<code>year=2014</code>	-84.292*** (25.995)	-84.292*** (25.995)	-84.292*** (25.995)	-0.124*** (0.033)	-0.124*** (0.033)	-0.124*** (0.033)
<code>year=2015</code>	27.614 (26.141)	252.165*** (40.220)	194.885*** (42.842)	0.092*** (0.034)	0.431*** (0.054)	0.303*** (0.055)
<code>year=2016</code>	-132.641*** (24.591)	321.505*** (64.930)	205.659** (80.021)	-0.187*** (0.032)	0.499*** (0.088)	0.239** (0.102)
<code>year=2017</code>	-154.333*** (24.842)	658.349*** (108.408)	451.046*** (143.178)	-0.241*** (0.032)	0.986*** (0.146)	0.521*** (0.183)
<code>year=2018</code>	-247.821*** (24.904)	621.217*** (115.058)	399.538*** (153.065)	-0.390*** (0.032)	0.922*** (0.155)	0.425** (0.194)
Constant	664.013*** (17.135)	664.013*** (17.570)	664.013*** (17.365)	1.037*** (0.022)	1.037*** (0.023)	1.037*** (0.022)
Osservazioni	54999	54999	54999	54999	54999	54999
R ²	0.007			0.010		
First-stage F		52.47	95.19		52.47	95.19

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

l'effetto rimane negativo: -0,218 nel modello a effetti fissi, -2,819 in IV1 e -1,833 in IV2.

Le variabili temporali mostrano un andamento diverso a seconda della specifica-
zione adottata. Nei modelli a effetti fissi i coefficienti risultano negativi dal 2013
in poi, con una tendenza che si intensifica progressivamente fino al 2018 (-0,390).
Nelle stime IV, invece, a partire dal 2015 i coefficienti assumono valori positivi e
mantengono significatività negli anni successivi.

In sintesi, i risultati indicano un'associazione negativa e significativa tra la
disponibilità di banda ultralarga e la distanza massima delle citazioni brevettuali,
accompagnata da un diverso andamento temporale a seconda della specificazione
adottata.

Tabella 4.11: Risultati principali delle stime FE e IV per `max_dist_citing`

Variabile	Panel A: <code>max_dist_citing</code>			Panel B: $\ln(\text{max_dist_citing} + 1)$		
	FE (1)	IV1 (2)	IV2 (3)	FE (4)	IV1 (5)	IV2 (6)
<code>tot_dum_ubb</code>	-142.159*** (28.355)	-1865.364*** (235.896)	-1423.685*** (311.915)	-0.218*** (0.036)	-2.818*** (0.315)	-1.833*** (0.395)
<code>year=2012</code>	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
<code>year=2013</code>	-58.981** (25.949)	-58.981** (25.949)	-58.981** (25.949)	-0.098*** (0.033)	-0.098*** (0.033)	-0.098*** (0.033)
<code>year=2014</code>	-85.277*** (26.049)	-85.277*** (26.049)	-85.277*** (26.049)	-0.124*** (0.033)	-0.124*** (0.033)	-0.124*** (0.033)
<code>year=2015</code>	31.081 (26.254)	255.666*** (40.357)	198.102*** (42.972)	0.093*** (0.034)	0.432*** (0.054)	0.304*** (0.055)
<code>year=2016</code>	-133.410*** (24.637)	320.804*** (65.066)	204.383** (80.291)	-0.187*** (0.032)	0.499*** (0.088)	0.239** (0.102)
<code>year=2017</code>	-155.494*** (24.884)	657.310*** (108.677)	448.978*** (143.654)	-0.242*** (0.032)	0.985*** (0.146)	0.520*** (0.183)
<code>year=2018</code>	-247.073*** (24.994)	622.096*** (115.281)	399.317*** (153.532)	-0.390*** (0.032)	0.922*** (0.155)	0.425** (0.195)
Constant	665.996*** (17.173)	665.996*** (17.608)	665.996*** (17.402)	1.038*** (0.022)	1.038*** (0.023)	1.038*** (0.022)
Osservazioni	54999	54999	54999	54999	54999	54999
R ²	0.007			0.010		
First-stage F		52.47	95.19		52.47	95.19

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Per valutare la solidità degli strumenti utilizzati nelle regressioni a variabili strumentali, la Tabella 4.12 riporta le stime del primo stadio, in cui la variabile dipendente è `tot_dum_ubb`, ossia l'indicatore di copertura in banda ultralarga.

Nella prima specificazione (colonna 1), lo strumento è costruito moltiplicando la distanza minima dai nodi backbone per ciascun anno di osservazione ($OPB \times anno$). I coefficienti risultano positivi e significativi fino al 2017, indicando che i comuni più vicini ai nodi principali presentavano una probabilità più alta di essere coperti, mentre quelli più distanti tendevano a ricevere la connessione negli anni successivi.

La seconda specificazione (colonna 2) utilizza invece l'interazione tra la distanza con una variabile dummy (`post`) che distingue i due periodi temporali: prima e dopo il 2015 ($OPB \times Post$). I risultati mostrano che, a partire dal 2016, l'effetto della distanza sulla copertura diventa particolarmente evidente, in corrispondenza

Tabella 4.12: Risultati delle regressioni del primo stadio

	(1) $OPB \times anno$	(2) $OPB \times Post$
year=2012 $\times$ mindist_opb	0.0031*** (0.0002)	
year=2013 $\times$ mindist_opb	0.0031*** (0.0002)	
year=2014 $\times$ mindist_opb	0.0031*** (0.0002)	
year=2015 $\times$ mindist_opb	0.0027*** (0.0002)	
year=2016 $\times$ mindist_opb	0.0019*** (0.0002)	
year=2017 $\times$ mindist_opb	0.0004*** (0.0001)	
year=2018 $\times$ mindist_opb	0.0000 (.)	
year=2012	0.0000 (.)	0.0000 (.)
year=2013	-0.0000 (0.0000)	-0.0000 (0.0000)
year=2014	-0.0000 (0.0000)	-0.0000 (0.0000)
year=2015	0.1482*** (0.0089)	0.2107*** (0.0089)
year=2016	0.3149*** (0.0110)	0.3439*** (0.0095)
year=2017	0.5898*** (0.0114)	0.5520*** (0.0097)
year=2018	0.6384*** (0.0112)	0.5847*** (0.0097)
mindist_opb $\times$ Post (≥ 2015)		-0.0018*** (0.0002)
Constant	-0.1340*** (0.0102)	0.0000 (0.0024)
Osservazioni	54999	54999
R ²	0.388	0.385
First-stage F	52.47	95.19

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

dell'avvio della fase di diffusione su scala nazionale.

In entrambe le specificazioni, il test F del primo stadio assume valori molto

elevati (52,47 e 95,19). Questo risultato conferma che la distanza dai nodi backbone costituisce un predittore efficace e robusto della copertura in banda ultralarga.

Le due specificazioni adottate (IV1 e IV2) rappresentano strumenti validi e rilevanti per stimare l'effetto della disponibilità della banda ultralarga sugli indicatori di innovazione presentati in precedenza.

L'analisi ha evidenziato che, nel periodo 2012–2018, la disponibilità della banda ultralarga non si è tradotta in un incremento delle citazioni brevettuali, risultando invece associata a una riduzione statisticamente significativa. L'effetto è evidente soprattutto al Nord e al Centro, mentre al Sud non emergono relazioni rilevanti. Inoltre, le stime sulle distanze delle citazioni indicano un rafforzamento dei legami locali piuttosto che un ampliamento della portata geografica delle innovazioni.

Questi risultati, confermati anche dai test di robustezza e dalle specificazioni a variabili strumentali, suggeriscono che l'impatto delle infrastrutture digitali sull'innovazione non sia uniforme né immediato, ma dipenda dalle condizioni economiche e territoriali.

Conclusioni

Il presente lavoro analizza la relazione tra la diffusione della banda ultralarga e l'attività innovativa nei comuni italiani nel periodo tra il 2012 e il 2018, utilizzando le citazioni dei brevetti come indicatore della qualità delle innovazioni. Le analisi condotte, basate su diverse metodologie econometriche, restituiscono un quadro che mette in discussione l'ipotesi di un effetto immediato e positivo delle infrastrutture digitali sull'innovazione.

L'analisi empirica ha evidenziato che la disponibilità della banda ultralarga non ha portato a un aumento delle citazioni brevettuali, ma è invece associata a una loro diminuzione statisticamente significativa. Questo risultato, confermato in diverse specificazioni metodologiche sia attraverso modelli a effetti fissi che con variabili strumentali, suggerisce che l'impatto delle infrastrutture digitali sull'innovazione non è immediato né uniforme sul territorio nazionale.

Un aspetto particolarmente rilevante emerso dall'analisi riguarda le differenze territoriali negli effetti della banda ultralarga. L'impatto varia sensibilmente tra le diverse aree del Paese: al Nord e al Centro si osserva una riduzione delle citazioni brevettuali associata alla disponibilità della fibra ottica, mentre al Sud non emergono evidenze statisticamente significative. Queste differenze dipendono dalle condizioni economiche e istituzionali dei territori, che influenzano la capacità di utilizzare le nuove tecnologie e trasformarle in innovazioni.

L'analisi della distribuzione geografica delle citazioni rileva che la banda ultralarga ha rafforzato i legami a livello locale, piuttosto che ampliare la portata delle innovazioni su scala internazionale. La riduzione della distanza media delle citazioni suggerisce infatti che la connessione veloce abbia favorito le collaborazioni tra aree geograficamente vicine, senza però stimolare collegamenti più estesi a livello globale.

Questi risultati contribuiscono al dibattito teorico sul rapporto tra le infrastrutture digitali e l'innovazione, mostrando come la sola realizzazione delle reti non sia sufficiente a stimolare i processi innovativi. L'efficacia degli investimenti nelle reti di nuova generazione dipende infatti dalla presenza di condizioni territoriali favorevoli, quali la concentrazione di imprese innovative, l'attività delle università nella ricerca e il ruolo delle istituzioni locali nel sostenere i processi innovativi.

Dal punto di vista degli interventi pubblici, l'analisi evidenzia la necessità di affiancare agli investimenti in banda ultralarga ulteriori misure di sostegno. In particolare, assumono rilievo le iniziative volte a rafforzare la ricerca e sviluppo, a promuovere la formazione di competenze specializzate e a favorire la creazione di contesti capaci di sostenere l'innovazione e valorizzare le opportunità offerte dalle nuove tecnologie digitali.

Il presente lavoro presenta alcuni limiti che potranno essere affrontati in studi successivi. L'analisi si concentra sul periodo 2012–2018, ma la diffusione su larga scala della banda ultralarga è iniziata solo nel 2015. Di conseguenza, gli anni effettivamente osservabili si riducono a tre, un'orizzonte temporale che potrebbe non essere sufficiente per cogliere appieno gli effetti di lungo periodo. Estendere l'analisi a intervalli più recenti potrà offrire una comprensione più completa dell'evoluzione di tali dinamiche.

Inoltre, l'uso delle citazioni brevettuali come misura della qualità dell'innovazione costituisce un'ulteriore limitazione, poiché non consente di cogliere tutte le forme di attività innovativa che si sviluppano a livello locale. Studi futuri potrebbero ampliare l'analisi integrando questo indicatore con altre misure, come le collaborazioni tra università e imprese, i finanziamenti alla ricerca o l'adozione di tecnologie digitali da parte delle aziende, così da restituire una visione più completa degli effetti della banda ultralarga nel contesto italiano.

In conclusione, i risultati di questa tesi dimostrano che la banda ultralarga rappresenta una condizione necessaria ma non sufficiente per promuovere l'innovazione. Gli investimenti nelle infrastrutture digitali possono generare effetti positivi solo se sostenuti da politiche economiche e territoriali capaci di valorizzarne il potenziale, attraverso il rafforzamento delle attività di ricerca e sviluppo, la formazione di competenze specializzate e la promozione di collaborazioni tra imprese, università e istituzioni. In questo modo la banda ultralarga può tradursi in crescita dell'innovazione e diffusione della conoscenza.

Appendice A

Costruzione del Dataset

In questa appendice vengono descritti in dettaglio i passaggi seguiti per la costruzione del dataset utilizzato nell'analisi. Come già accennato nel Capitolo 2, il dataset è composto da dati provenienti da diverse fonti. In particolare, i dati relativi alla diffusione della banda larga sono stati forniti direttamente dal docente, mentre tutte le informazioni relative ai brevetti sono state ottenute direttamente dall'EPO (European Patent Office). La metodologia adottata ha assicurato che il dataset finale fosse completo e affidabile. Da questo punto in poi verranno illustrati i passaggi utilizzati per la raccolta delle informazioni sui brevetti da inserire nel dataset.

A.1 Costruzione e organizzazione del dataset brevettuale

Partendo da una lista dei brevetti presenti nella colonna `referenceno` del dataset, per ciascun brevetto sono state considerate le corrispondenti `citing_pat`, ovvero i brevetti che citano il brevetto di riferimento. Inizialmente è stato effettuato un filtro per distinguere i brevetti nazionali, europei e internazionali. I brevetti possono essere identificati tramite un prefisso, che indica la giurisdizione di appartenenza:

- Prefissi come `IT`, `CN`, `US`, `DE`, ecc., identificano brevetti nazionali già concessi
- Il prefisso `EP` indica i brevetti europei, pubblicati o concessi dall'EPO (European Patent Office)
- Il prefisso `WO` indica domande internazionali presentate tramite il Trattato di Cooperazione sui Brevetti (PCT)

Questa classificazione ha permesso di applicare procedure diverse a seconda del tipo di brevetto: per i brevetti nazionali sono state assegnate automaticamente le

Tabella A.1: Tipologia dei brevetti in base al prefisso

Prefisso	Tipo di brevetto	Note
IT, CN, US, DE, ecc.	Brevetto nazionale	Documento ufficiale rilasciato dall'ufficio brevetti nazionale
EP	Brevetto europeo	Brevetto pubblicato o concesso dall'EPO
WO	Domanda internazionale PCT	Domanda pubblicata a livello internazionale

coordinate della capitale della nazione, mentre per i brevetti europei e internazionali si è proceduto all'estrazione degli inventori (sottosezione A.1.1) e alla raccolta degli indirizzi (sottosezione A.1.2). Successivamente, le città degli inventori sono state geocodificate tramite Python per ottenere latitudine e longitudine da integrare nel dataset principale (sottosezione A.1.3).

A.1.1 Estrazione degli inventori tramite OPS

Per completare il dataset brevettuale con i nomi degli inventori delle `citing_pat`, è stato sviluppato un codice in Python¹ che interagisce con le API² fornite dall'European Patent Office (EPO) tramite il servizio **Open Patent Services (OPS)**. OPS è un'interfaccia di programmazione che consente di accedere in modalità automatizzata ai dati bibliografici e giuridici dei brevetti. Per utilizzare il codice, è necessario disporre di credenziali (`Client_ID` e `Client Secret`), che devono essere richieste direttamente all'EPO; tali credenziali permettono di autenticarsi e ottenere un **token di accesso**, necessario per inviare richieste ai servizi OPS nel rispetto dei limiti di utilizzo stabiliti. Il codice importa i codici dei brevetti contenuti in un file Excel, invia le richieste al servizio OPS e analizza i dati XML restituiti, estraendo i nomi degli inventori nella loro *forma originale*, ossia così come riportati nei documenti ufficiali, senza modifiche o adattamenti. Infine, i risultati vengono salvati in un nuovo file Excel, associando a ciascun brevetto la lista completa degli inventori, rendendo i dati disponibili per le analisi successive.

Codice A.1: Estrazione della lista degli inventori su Python

```

1 # 1) Installazione delle dipendenze
2 !pip install requests lxml pandas openpyxl

```

¹**Python**: linguaggio di programmazione ad alto livello e di uso generale, caratterizzato da semplicità sintattica e ampia versatilità applicativa.

²**API** (Application Programming Interface): interfaccia che consente a software diversi di comunicare tra loro.

```

3
4 import pandas as pd, io, requests, re, time
5 from lxml import etree
6
7 # 2) Carica file Excel
8 df = pd.read_excel("patents.xlsx")
9
10 # 3) Credenziali EPO OPS
11 APP_ID = "INSERISCI_CLIENT_ID"
12 APP_KEY = "INSERISCI_CLIENT_SECRET"
13 TOKEN_URL = "https://ops.epo.org/3.2/auth/accesstoken"
14 BASE_URL = "https://ops.epo.org/3.2/rest-services/published-data/
    publication/epodoc"
15
16 def get_access_token():
17     resp = requests.post(
18         TOKEN_URL,
19         auth=(APP_ID, APP_KEY),
20         data={"grant_type": "client_credentials"}
21     )
22     resp.raise_for_status()
23     return resp.json()["access_token"]
24
25 token = get_access_token()
26 print("Token ottenuto\n")
27
28 # 4) Funzione per estrarre inventori (solo original)
29 def fetch_inventors(code, token):
30     # 1) Normalizza il doc-number (togli A1, B1, ...)
31     doc = re.sub(r'(A[0-9]|B[0-9])$', '', code.strip().upper())
32     url = f"{BASE_URL}/{doc}/biblio"
33     headers = {
34         "Accept": "application/xml",
35         "Authorization": f"Bearer {token}"
36     }
37     r = requests.get(url, headers=headers)
38     if r.status_code != 200:
39         print(f"Errore {r.status_code} per {code}")
40         return []
41
42     # 2) Parsiamo l'XML e prendiamo solo inventor con data-format="original"
43     root = etree.fromstring(r.content)
44     inventors = []
45     # seleziona ogni <inventor> con l'attributo data-format="original"
46     xpath_expr = '//*[local-name()="inventor"][@data-format="original"]'
47     for inv in root.xpath(xpath_expr):
48         # estrai il primo <inventor-name>/<name>
49         name_node = inv.xpath('//*[local-name()="inventor-name"]/*[local-
    name()="name"]')

```

```

50         if name_node and name_node[0].text:
51             inventors.append(name_node[0].text.strip())
52
53         # Rimuovi duplicati
54         return list(set(inventors))
55
56     # 5) Costruzione lista inventori per ogni brevetto
57     rows = []
58     for code in df['patent_code']:
59         names = fetch_inventors(code, token)
60         formatted = "; ".join(names)
61         if names:
62             print(f" {code}: {formatted}")
63         else:
64             print(f"Nessun inventore trovato per {code}")
65         rows.append({"patent_code": code, "inventors": formatted})
66         time.sleep(1) # Rispetta i limiti di OPS API
67
68     # 6) Salva ed esporta Excel
69     out = pd.DataFrame(rows)
70     out.to_excel("patents_inventors.xlsx", index=False)
71     print("\n File creato: patents_inventors.xlsx")

```

A.1.2 Raccolta degli indirizzi degli inventori

Una volta ottenuta la lista degli inventori per ogni brevetto, si è proceduto all'inserimento degli indirizzi corrispondenti. Poiché il processo non poteva essere automatizzato tramite OPS, tutte le informazioni sono state inserite manualmente. Per reperire gli indirizzi è stato utilizzato il sito di Espacenet³. In particolare, per ogni `citing_pat` è stato ricercato il documento originale contenente le informazioni sugli inventori. Nella Figura A.1 è mostrata un esempio di pagina del documento originale di un brevetto.

A.1.3 Geocodifica degli indirizzi degli inventori

Una volta inserito l'indirizzo degli inventori, corrispondente al nome della città, è stato utilizzato un codice sviluppato in Python per leggere un file Excel contenente tutte le città presenti nel dataset associato agli inventori e per determinare automaticamente la loro **latitudine** e **longitudine**. Il file di input, denominato `inventor_cities.xlsx`, viene caricato tramite la libreria *pandas*, che permette di

³**Espacenet**: servizio online dell'European Patent Office che consente la consultazione e la ricerca dei documenti brevettuali pubblici, inclusi i dati bibliografici e gli indirizzi degli inventori.

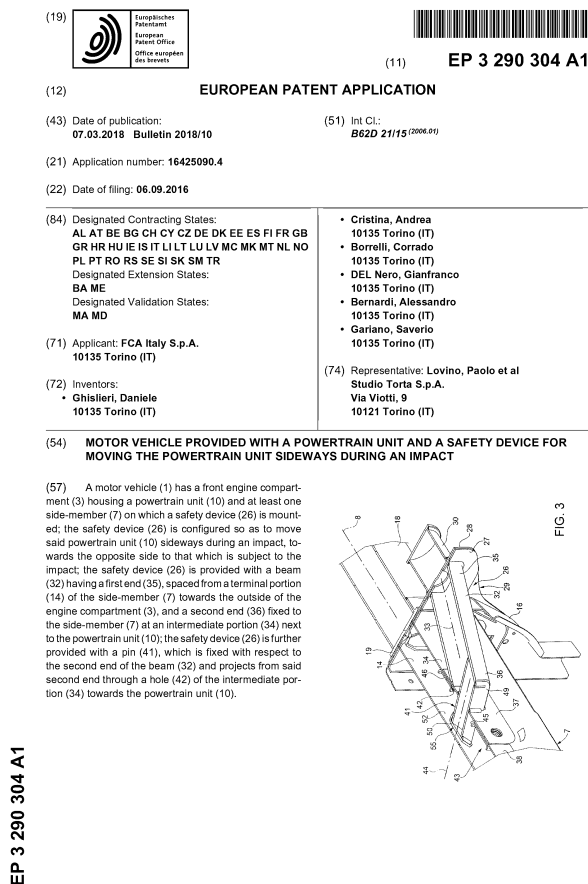


Figura A.1: Pagina di un brevetto rilasciato dall'European Patent Office

gestire i dati tabellari in modo efficiente. Per ogni città, il codice utilizza il servizio di geocodifica fornito da **Nominatim**, un'interfaccia basata su OpenStreetMap, con un sistema di *rate limiting* per evitare di sovraccaricare il servizio. Se il geocoding restituisce una corrispondenza valida, le coordinate vengono salvate in nuove colonne di un file Excel, contenente per ciascuna città la latitudine e la longitudine, per poi essere integrato nel dataset principale. In caso di città non trovate automaticamente, le informazioni mancanti sono state aggiunte manualmente utilizzando Google Maps, garantendo così la completezza dei dati geografici necessari per le analisi successive.

Codice A.2: Geocoding città con Python e Geopy

```

1 import pandas as pd
2 from geopy.geocoders import Nominatim
3 from geopy.extra.rate_limiter import RateLimiter
4 import time
5 import os
6
7 INPUT_FILE = 'inventor_cities.xlsx'
8 OUTPUT_FILE = 'geo_result.xlsx'
9 CITY_COL = 'city'
10
11 # Carica dati
12 df = pd.read_excel(INPUT_FILE)
13 total = len(df)
14 print(f" File caricato: {total} città da processare.")
15
16 # Prepara colonne per latitudine e longitudine
17 df['latitude'] = None
18 df['longitude'] = None
19
20 # Inizializza geocoder con timeout e rate limiting più conservativo
21 geolocator = Nominatim(user_agent='python_geocoder', timeout=10)
22 geocode = RateLimiter(geolocator.geocode, min_delay_seconds=2, max_retries=5,
23                       error_wait_seconds=5.0)
24
25 # Ciclo geocoding
26 for idx, row in df.iterrows():
27     city = str(row.get(CITY_COL, '')).strip()
28     if not city:
29         print(f"[{idx+1}/{total}] Nome città mancante, salto...")
30         continue
31     print(f"[{idx+1}/{total}] Geocodifica: '{city}'...", end=' ')
32     try:
33         loc = geocode(city)
34         if loc:
35             df.at[idx, 'latitude'] = loc.latitude
36             df.at[idx, 'longitude'] = loc.longitude
37             print(f"OK: ({loc.latitude:.6f}, {loc.longitude:.6f})")
38         else:
39             print("Non trovata")
40     except Exception as err:
41         print(f"Errore: {err}")
42         time.sleep(0.5) # pausa extra per sicurezza
43
44 # Salvataggio risultati
45 df.to_excel(OUTPUT_FILE, index=False)
46 print(f"File creato: {OUTPUT_FILE}")

```

Appendice B

Statistiche e grafici dei dati

Questa appendice raccoglie tabelle e grafici a supporto del Capitolo 2, offrendo ulteriori dettagli descrittivi su infrastrutture digitali e citazioni brevettuali. I materiali qui riportati hanno finalità esclusivamente esplorative e completano le evidenze presentate nel capitolo.

B.1 Statistiche descrittive

Tabella B.1: Statistiche descrittive delle variabili

	N	Mean	Median	Std. Dev.	Min	Max
Infrastrutture digitali						
tot_dum_ubb	54999	0.196	0.000	0.397	0	1.00
mindist_opb	54999	43.653	38.786	25.357	0	297.73
Citazioni brevettuali						
tot_citing	54999	1.195	0.000	11.276	0	848.00
m_citing	54999	0.241	0.000	1.061	0	65.00
sd_citing	54999	0.158	0.000	0.826	0	83.44
min_citing	54999	0.131	0.000	0.858	0	25.00
max_citing	54999	0.489	0.000	2.063	0	124.00
Distanze delle citazioni						
m_dist_citing	54999	542.997	0.000	1841.787	0	18717.20
tot_dist_citing	54999	367.374	0.000	1559.612	0	63733.04
sd_dist_citing	54999	6.261	0.000	132.712	0	6356.25
min_dist_citing	54999	541.167	0.000	1838.229	0	18717.20
max_dist_citing	54999	545.438	0.000	1848.938	0	18717.20

B.2 Diffusione banda ultralarga

Copertura della banda ultralarga nei comuni italiani - Anno 2016

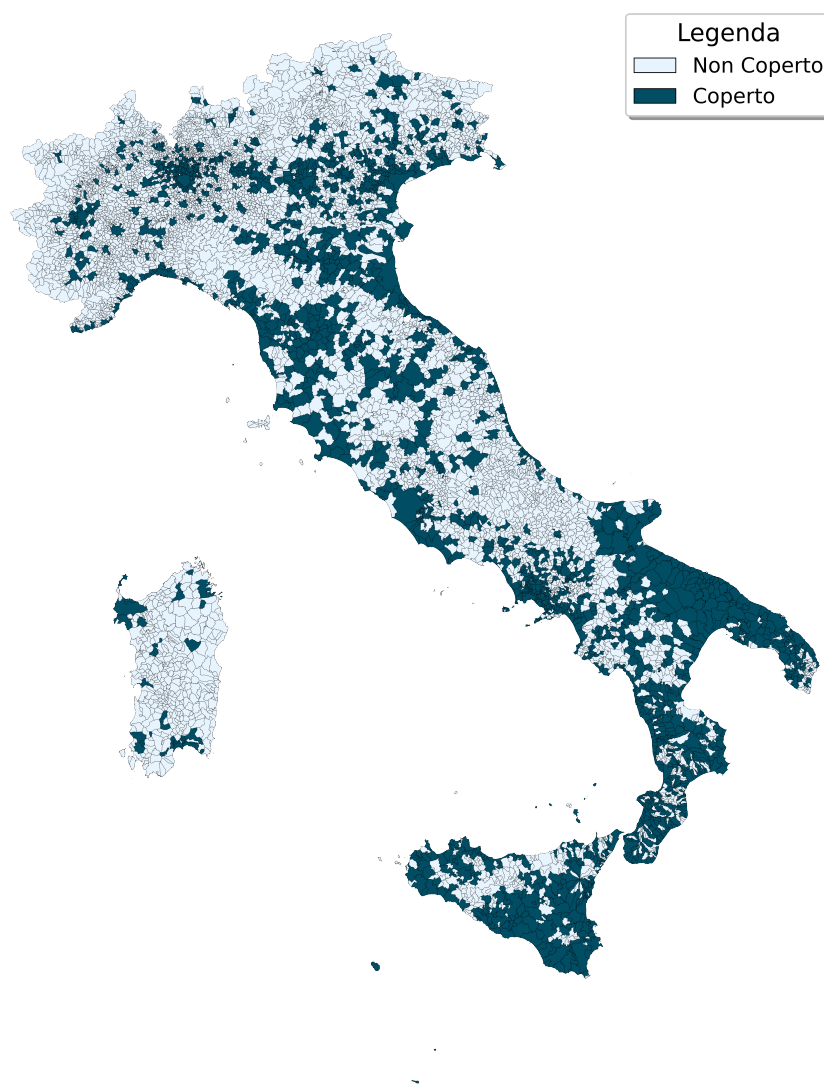


Figura B.1: Distribuzione della copertura della banda ultralarga nei comuni italiani nel 2016

Copertura della banda ultralarga nei comuni italiani - Anno 2017



Figura B.2: Distribuzione della copertura della banda ultralarga nei comuni italiani nel 2017

B.3 Citazioni brevettuali: andamento e distribuzione

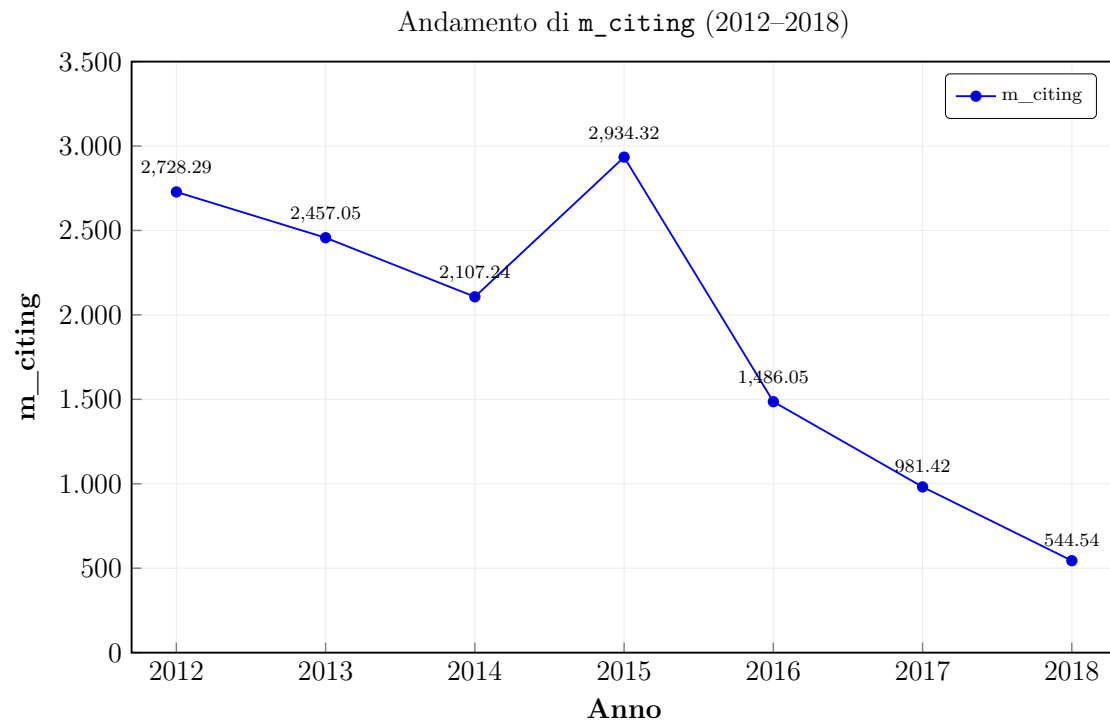


Figura B.3: Serie temporale di `m_citing` dal 2012 al 2018

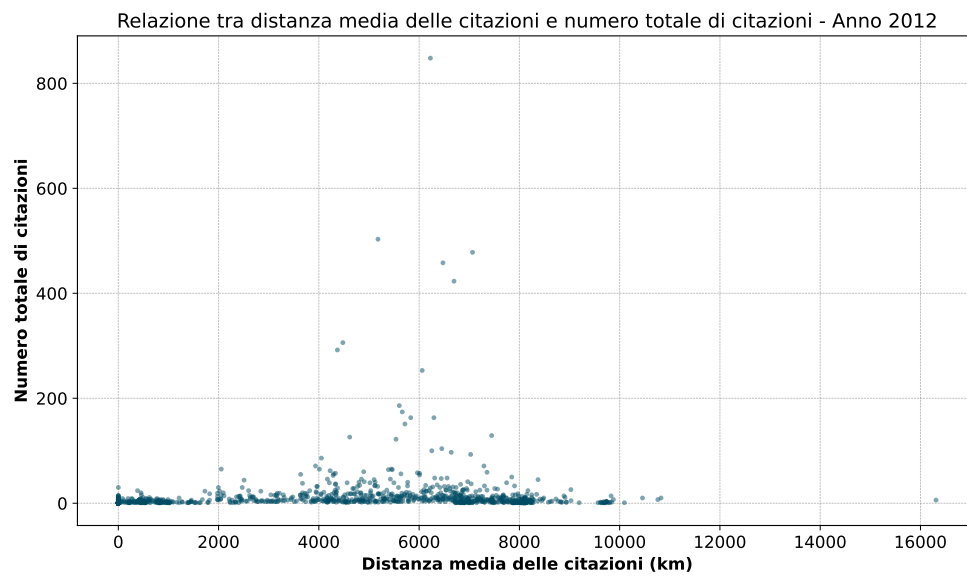


Figura B.4: Relazione tra distanza media delle citazioni (`m_dist_citing`) e numero totale di citazioni ricevute (`tot_citing`) nei comuni italiani, anno 2012

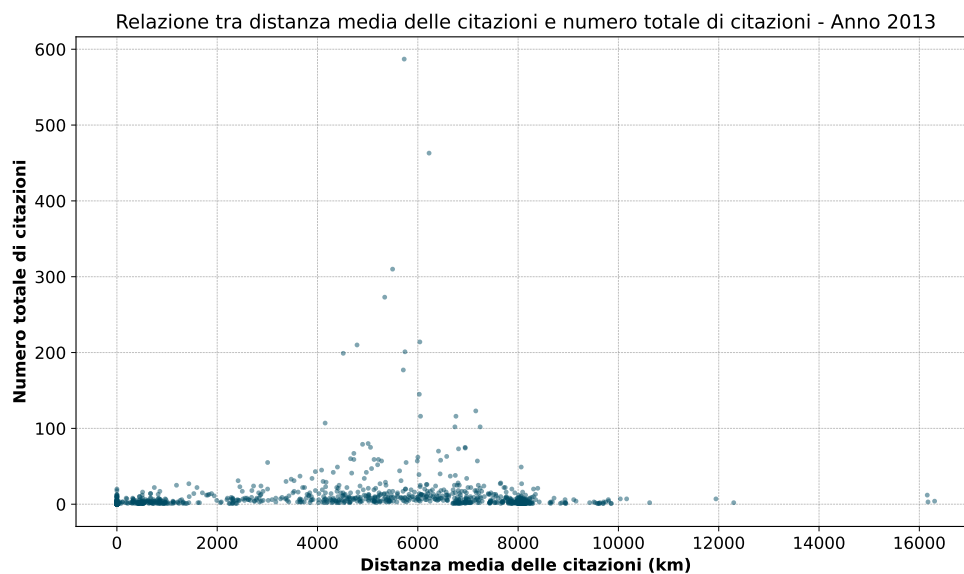


Figura B.5: Relazione tra distanza media delle citazioni (`m_dist_citing`) e numero totale di citazioni ricevute (`tot_citing`) nei comuni italiani, anno 2013

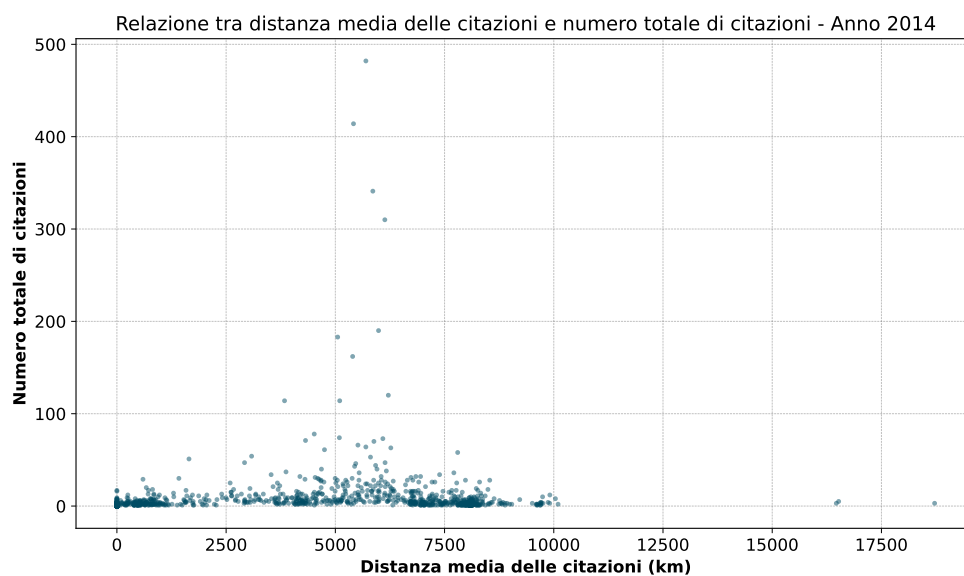


Figura B.6: Relazione tra distanza media delle citazioni (`m_dist_citing`) e numero totale di citazioni ricevute (`tot_citing`) nei comuni italiani, anno 2014

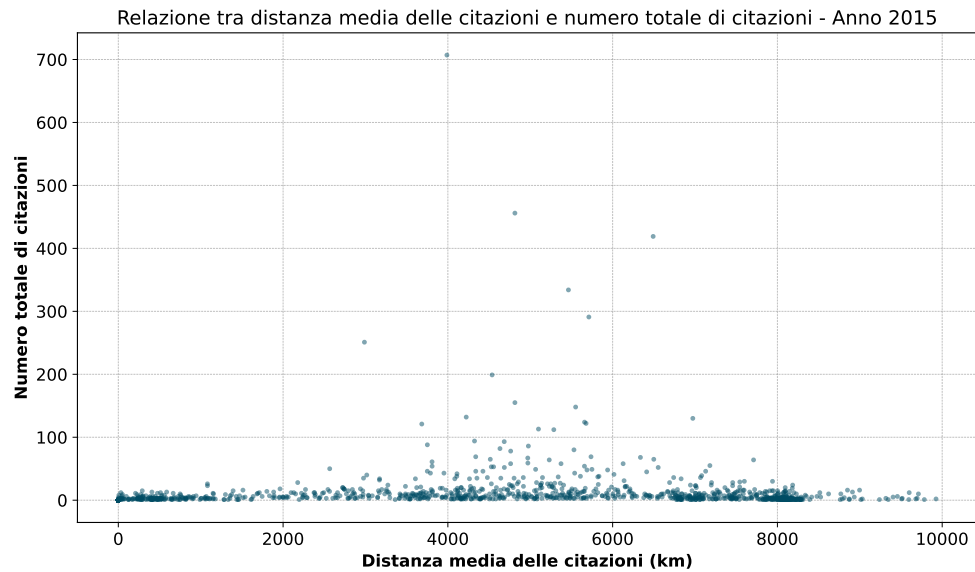


Figura B.7: Relazione tra distanza media delle citazioni (m_dist_citing) e numero totale di citazioni ricevute (tot_citing) nei comuni italiani, anno 2015

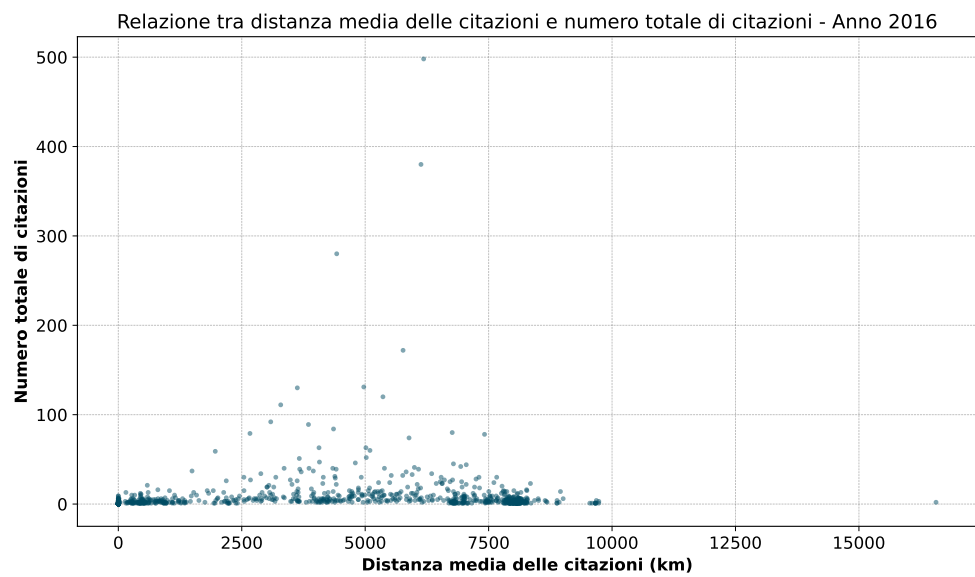


Figura B.8: Relazione tra distanza media delle citazioni (m_dist_citing) e numero totale di citazioni ricevute (tot_citing) nei comuni italiani, anno 2016

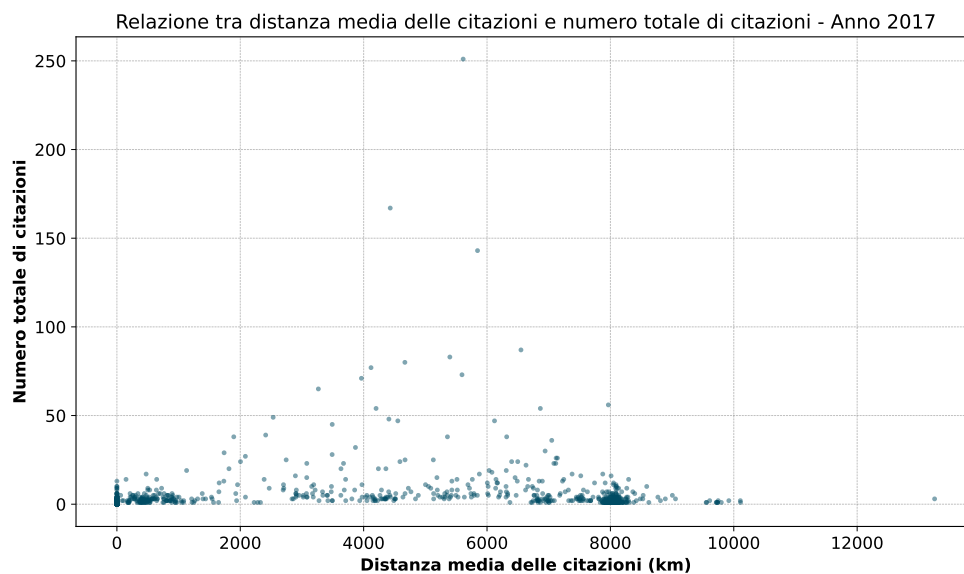


Figura B.9: Relazione tra distanza media delle citazioni (`m_dist_citing`) e numero totale di citazioni ricevute (`tot_citing`) nei comuni italiani, anno 2017

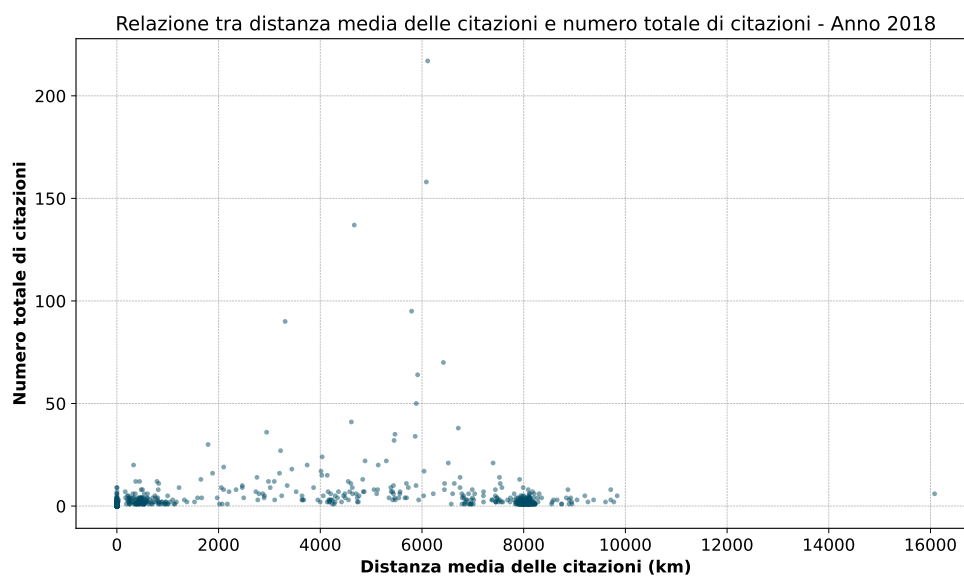


Figura B.10: Relazione tra distanza media delle citazioni (`m_dist_citing`) e numero totale di citazioni ricevute (`tot_citing`) nei comuni italiani, anno 2018

Distribuzione di max_dist_citing per comune (2012-2018)

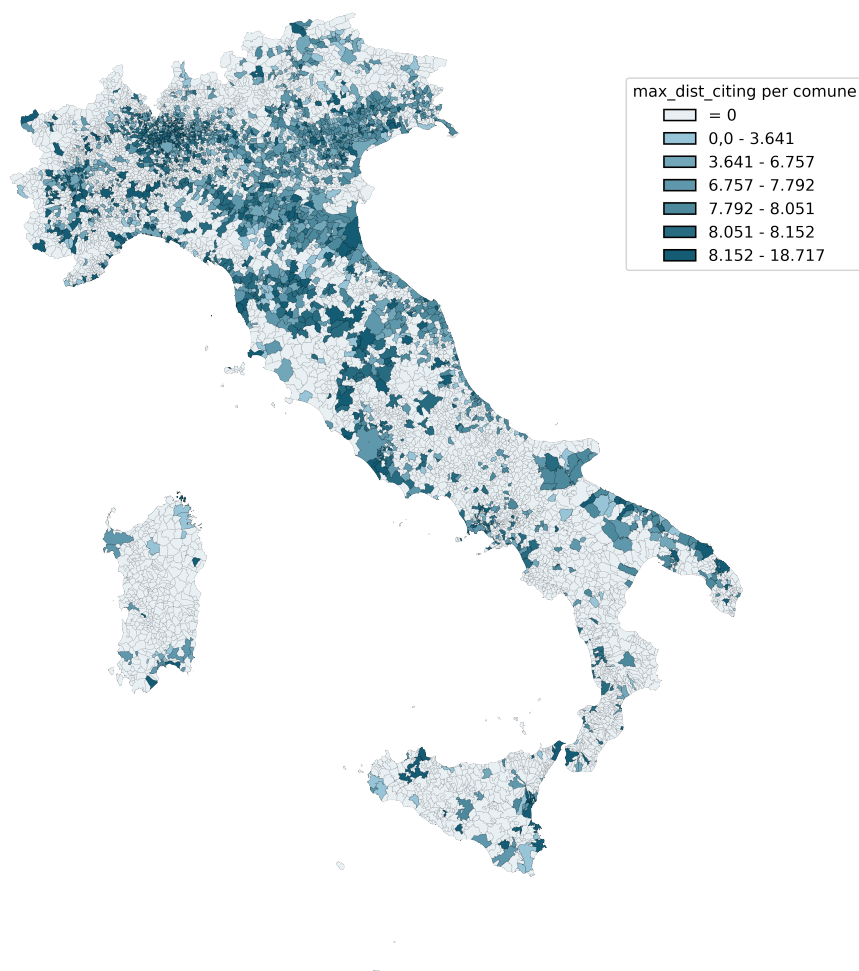


Figura B.11: Distribuzione max_dist_citing per comune (2012-2018)

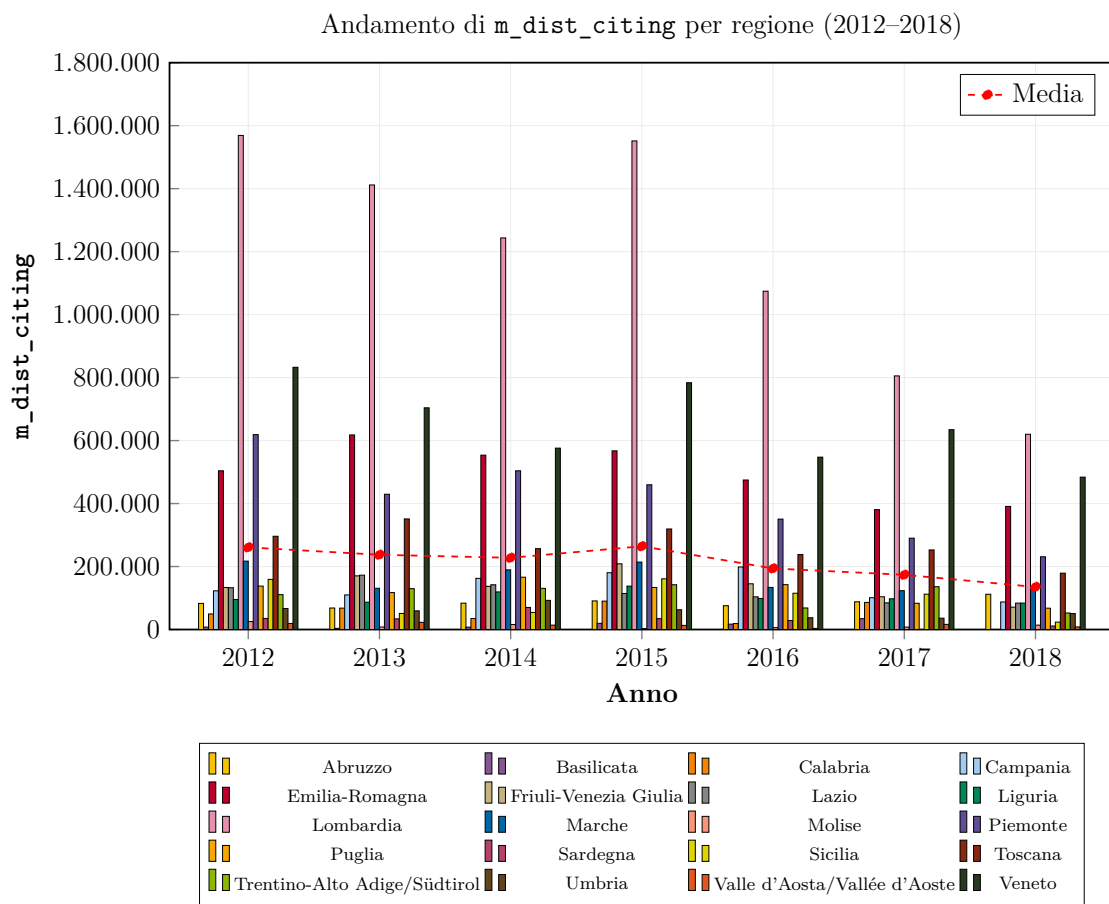


Figura B.12: Andamento della distanza media delle citazioni `m_dist_citing` a livello regione nel periodo 2012–2018. La linea tratteggiata rappresenta la media nazionale.

Bibliografia

- [1] Jialing Chen e Jiancheng Wang. The impact of broadband speed on innovation: City-level evidence from China. *Heliyon*, 9(1):e12692, 2023. ISSN 2405-8440. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12692>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022039809>.
- [2] Mengjun Yang, Shilin Zheng, e Lin Zhou. Broadband internet and enterprise innovation. *China Economic Review*, 74:101802, 2022. ISSN 1043-951X. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2022.101802>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043951X22000608>.
- [3] Ibrahim Kholilul Rohman e Erik Bohlin. Does broadband speed really matter as a driver of economic growth? Investigating OECD countries. *International Journal of Management and Network Economics*, 2(4):336–356, 2012. doi: 10.1504/IJMNE.2012.051888. URL <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJMNE.2012.051888>. PMID: 51888.
- [4] ITU. The Impact of Broadband on the Economy: Research to Date and Policy Issues. Technical report, International Telecommunication Union, Telecommunication Development Bureau, Geneva, Switzerland, April 2012. URL <http://www.itu.int/broadband>.
- [5] Robert Crandall, William Lehr, e Robert Litan. The Effects of Broadband Deployment on Output and Employment: A Cross-sectional Analysis of U.S. Data. *Issues in Economic Policy*, 6, 01 2007.
- [6] Herbert Thompson e Christopher Garbacz. Broadband impacts on state GDP: Direct and indirect impacts. 01 2008.
- [7] Nina Czernich, Oliver Falck, Tobias Kretschmer, e Ludger Woessmann. BROADBAND INFRASTRUCTURE AND ECONOMIC GROWTH. *The Economic Journal*, 121(552):505–532, 2011. ISSN 00130133, 14680297. URL <http://www.jstor.org/stable/41236989>.

- [8] David Sosa. Early Evidence Suggests Gigabit Broadband Drives GDP. Working paper, Analysis Group, September 2014.
- [9] Wolfgang Briglauer e Klaus Gugler. Go for Gigabit? First Evidence on Economic Benefits of High-speed Broadband Technologies in Europe. *JCMS: Journal of Common Market Studies*, 57(5):1071–1090, 2019. doi: <https://doi.org/10.1111/jcms.12872>. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jcms.12872>.
- [10] Wolfgang Briglauer, Carlo Cambini, Klaus Gugler, e Lorien Sabatino. Economic benefits of new broadband network coverage and service adoption: evidence from OECD member states. *Industrial and Corporate Change*, page dtae043, 01 2025. ISSN 0960-6491. doi: 10.1093/icc/dtae043. URL <https://doi.org/10.1093/icc/dtae043>.
- [11] M. Cardona, T. Kretschmer, e T. Strobel. ICT and productivity: conclusions from the empirical literature. *Information Economics and Policy*, 25(3):109–125, 2013. ISSN 0167-6245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2012.12.002>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167624513000036>. ICT and Innovation.
- [12] Timothy DeStefano, Richard Kneller, e Jonathan Timmis. Broadband infrastructure, ICT use and firm performance: Evidence for UK firms. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 155:110–139, 2018. ISSN 0167-2681. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2018.08.020>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167268118302336>.
- [13] Fabiano Schivardi e Tom Schmitz. The IT Revolution and Southern Europe’s Two Lost Decades. *Journal of the European Economic Association*, 18(5): 2441–2486, 09 2019. ISSN 1542-4766. doi: 10.1093/jeea/jvz048. URL <https://doi.org/10.1093/jeea/jvz048>.
- [14] Arthur Grimes, Cleo Ren, e Philip Stevens. The need for speed: impacts of internet connectivity on firm productivity. *Journal of Productivity Analysis*, 37(2):187–201, 2012. doi: 10.1007/s11123-011-0237-z. URL <https://doi.org/10.1007/s11123-011-0237-z>.
- [15] Richard Fabling e Arthur Grimes. Picking up speed: Does ultrafast broadband increase firm productivity? Technical Report 16_22, Motu Economic and Public Policy Research, Dec 2016. URL https://ideas.repec.org/p/mtu/wpaper/16_22.html.
- [16] Stefanie A. Haller e Seán Lyons. Broadband adoption and firm productivity: Evidence from Irish manufacturing firms. *Telecommunications Policy*,

- 39(1):1–13, 2015. ISSN 0308-5961. doi: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.10.003>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596114001554>.
- [17] Bernardo Caldarola. Mobile Internet Adoption and Inclusive Structural Change: Evidence from Nigerian Non-Farming Enterprises. (29), 2022. doi: 10.2139/ssrn.4233182. URL <https://ssrn.com/abstract=4233182>.
- [18] Carlo Cambini, Elena Grinza, e Lorian Sabatino. Ultra-fast broadband access and productivity: Evidence from Italian firms. *International Journal of Industrial Organization*, 86:102901, 2023. ISSN 0167-7187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2022.102901>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167718722000765>.
- [19] Jed Kolko. Broadband and local growth. *Journal of Urban Economics*, 71(1):100–113, 2012. ISSN 0094-1190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jue.2011.07.004>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094119011000490>.
- [20] Jonas Hjort e Jonas Poulsen. The Arrival of Fast Internet and Employment in Africa. *American Economic Review*, 109(3):1032–79, March 2019. doi: 10.1257/aer.20161385. URL <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20161385>.
- [21] Chris Forman, Avi Goldfarb, e Shane Greenstein. The Internet and Local Wages: A Puzzle. *American Economic Review*, 102(1):556–75, February 2012. doi: 10.1257/aer.102.1.556. URL <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.102.1.556>.
- [22] Anders Akerman, Ingvil Gaarder, e Magne Mogstad. The Skill Complementarity of Broadband Internet *. *The Quarterly Journal of Economics*, 130(4):1781–1824, 07 2015. ISSN 0033-5533. doi: 10.1093/qje/qjv028. URL <https://doi.org/10.1093/qje/qjv028>.
- [23] George S. Ford. Is faster better? Quantifying the relationship between broadband speed and economic growth. *Telecommunications Policy*, 42(9):766–777, 2018. ISSN 0308-5961. doi: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.05.006>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596118300831>. Broadband Policy Evaluation.
- [24] Wolfgang Briglauer, Niklas S. Dürr, Oliver Falck, e Kai Hüschelrath. Does state aid for broadband deployment in rural areas close the digital and economic divide? *Information Economics and Policy*, 46:68–85, 2019. ISSN 0167-6245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2019.01.001>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167624518300556>.

- [25] Daire McCoy, Sean Lyons, Edgar Morgenroth, Donal Palcic, e Leonie Allen. The impact of broadband and other infrastructure on the location of new business establishments. *Journal of regional science*, 58(3):509–534, 2018.
- [26] Maude Hasbi. Impact of Very High-Speed Broadband on Local Economic Growth: Empirical Evidence. 14th its asia-pacific regional conference, kyoto 2017: Mapping ict into transformation for the next information society, International Telecommunications Society (ITS), 2017. URL <https://EconPapers.repec.org/RePEc:zbw:itsp17:168484>.
- [27] Carlo Cambini e Lorien Sabatino. Digital Highways and Firm Turnover. *SSRN Electronic Journal*, 2023. doi: 10.2139/ssrn.4119355. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4119355> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4119355>.
- [28] Lisa J. Dettling. Broadband in the labor market: The impact of residential high speed internet on married women’s labor force participation. Technical report, 2013.
- [29] Hans K Hvide, Tom G Meling, Magne Mogstad, e Ola L Vestad. Broadband Internet and the Stock Market Investments of Individual Investors. Working Paper 30383, National Bureau of Economic Research, August 2022. URL <http://www.nber.org/papers/w30383>.
- [30] Brad M. Barber e Terrance Odean. Online Investors: Do the Slow Die First? *Review of Financial Studies*, 15:455–488, 01 2002. doi: 10.1093/rfs/15.2.455.
- [31] James J. Choi, David Laibson, e Andrew Metrick. How does the Internet affect trading? Evidence from investor behavior in 401(k) plans. *Journal of Financial Economics*, 64(3):397–421, 2002. ISSN 0304-405X. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(02\)00130-7](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(02)00130-7). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304405X02001307>.
- [32] Jeffrey R. Brown e Austan Goolsbee. Does the Internet Make Markets More Competitive? Evidence from the Life Insurance Industry. *Journal of Political Economy*, 110(3):481–507, 2002. ISSN 00223808, 1537534X. URL <http://www.jstor.org/stable/10.1086/339714>.
- [33] Nina Czernich. Does broadband internet reduce the unemployment rate? Evidence for Germany. *Information Economics and Policy*, 29:32–45, 2014. ISSN 0167-6245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2014.10.001>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167624514000420>.

- [34] Gabriel Ahlfeldt, Pantelis Koutroumpis, e Tommaso Valletti. Speed 2.0: Evaluating Access to Universal Digital Highways. *Journal of the European Economic Association*, 15(3):586–625, 01 2017. ISSN 1542-4766. doi: 10.1093/jeea/jvw013. URL <https://doi.org/10.1093/jeea/jvw013>.
- [35] Caroline L Freund e Diana Weinhold. The effect of the internet on international trade. *Journal of International Economics*, 62(1):171–189, 2004. ISSN 0022-1996. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(03\)00059-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(03)00059-X). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002219960300059X>.
- [36] Clément Malgouyres, Thierry Mayer, e Clément Mazet-Sonilhac. Technology-induced trade shocks? Evidence from broadband expansion in France. *Journal of International Economics*, 133:103520, 2021. ISSN 0022-1996. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2021.103520>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022199621001008>.
- [37] World Bank. *World Development Report 2016: Digital Dividends*. World Bank, Washington, DC, 2016. ISBN 978-1-4648-0671-1. doi: 10.1596/978-1-4648-0671-1. URL <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016>.
- [38] Halit Ünver. Explaining Education Level and Internet Penetration by Economic Reasoning - Worldwide Analysis from 2000 through 2010. *International Journal for Infonomics*, 7:898–912, 03 2014. doi: 10.20533/iji.1742.4712.2014.0107.
- [39] Rachaphum Panichsombat. Impact of Internet Penetration on Income Inequality in Developing Asia: an Econometric Analysis. *ASR: Chiang Mai University Journal of Social Sciences and Humanities*, 3, 12 2016. doi: 10.12982/CMUJASR.2016.0009.
- [40] Caria Ningsih e Yong-Jae Choi. An Effect of Internet Penetration on Income Inequality in Southeast Asia Countries. *Information Society & Media*, 20: 121–138, 12 2019. doi: 10.52558/ISM.2019.12.20.3.121.
- [41] Georges Vivien Hounghonon e Julianne Liang. Broadband Internet and Income Inequality. Working Papers hal-01653815, HAL, December 2017. URL <https://ideas.repec.org/p/hal/wpaper/hal-01653815.html>.
- [42] Jose Maria Barrero, Nicholas Bloom, e Steven J Davis. Internet Access and its Implications for Productivity, Inequality, and Resilience. Working Paper 29102, National Bureau of Economic Research, July 2021. URL <http://www.nber.org/papers/w29102>.

- [43] Filipe Campante, Ruben Durante, e Francesco Sobbrío. Politics 2.0: The Multifaceted Effect of Broadband Internet on Political Participation. *Journal of the European Economic Association*, 16(4):1094–1136, 12 2017. ISSN 1542-4766. doi: 10.1093/jeea/jvx044. URL <https://doi.org/10.1093/jeea/jvx044>.
- [44] Manudeep Bhuller, Tarjei Havnes, Edwin Leuven, e Magne Mogstad. Broadband Internet: An Information Superhighway to Sex Crime?, journal = The Review of Economic Studies. 80(4):1237–1266, 04 2013. ISSN 0034-6527. doi: 10.1093/restud/rdt013. URL <https://doi.org/10.1093/restud/rdt013>.
- [45] Arthur Grimes e Wilbur Townsend. Effects of (ultra-fast) fibre broadband on student achievement. *Information Economics and Policy*, 44:8–15, 2018. ISSN 0167-6245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2018.06.001>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167624517301828>.
- [46] Philippe Aghion, Richard Blundell, Rachel Griffith, Peter Howitt, e Susanne Prantl. The Effects of Entry on Incumbent Innovation and Productivity. *The Review of Economics and Statistics*, 91(1):20–32, 02 2009. ISSN 0034-6535. doi: 10.1162/rest.91.1.20. URL <https://doi.org/10.1162/rest.91.1.20>.
- [47] Irene Bertschek, Daniel Cerquera, e Gordon J. Klein. More bits – more bucks? Measuring the impact of broadband internet on firm performance. *Information Economics and Policy*, 25(3):190–203, 2013. ISSN 0167-6245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2012.11.002>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167624512000509>. ICT and Innovation.
- [48] Eric J. Bartelsman, Martin Falk, Eva Hagsten, e Michael Polder. Productivity, technological innovations and broadband connectivity: firm-level evidence for ten European countries. *Eurasian Business Review*, 9(1):25–48, 2019. doi: 10.1007/s40821-018-0113-0. URL <https://doi.org/10.1007/s40821-018-0113-0>.
- [49] Xu Xu, Alison Watts, e Markum Reed. Does access to internet promote innovation? A look at the U.S. broadband industry. *Growth and Change*, 50(4):1423–1440, 2019. doi: <https://doi.org/10.1111/grow.12334>. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/grow.12334>.
- [50] Yihuan Mao, Ning Hu, Tiecheng Leng, e Ying Liu. Digital economy, innovation, and firm value: Evidence from china. *Pacific-Basin Finance Journal*, 85:102355, 2024. ISSN 0927-538X. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2024.102355>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927538X24001069>.

- [51] A. Kaufmann, P. Lehner, e F. Tödtling. Effects of the Internet on the spatial structure of innovation networks. *Information Economics and Policy*, 15(3):402–424, 2003. ISSN 0167-6245. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-6245\(03\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0167-6245(03)00005-2). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167624503000052>.
- [52] Peter Thompson e Melanie Fox-Kean. Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: A Reassessment. *The American Economic Review*, 95(1):450–460, 2005. ISSN 00028282. URL <http://www.jstor.org/stable/4132691>.
- [53] Adam B. Jaffe, Manuel Trajtenberg, e Rebecca Henderson. Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations. *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3):577–598, 1993. ISSN 00335533, 15314650. URL <http://www.jstor.org/stable/2118401>.
- [54] Chris Forman e Nicolas van Zeebroeck. From Wires to Partners: How the Internet Has Fostered R&D Collaborations Within Firms. *Management Science*, 58(8):1549–1568, 2012. doi: 10.1287/mnsc.1110.1505. URL <https://doi.org/10.1287/mnsc.1110.1505>.
- [55] Kathrin Wernsdorf, Markus Nagler, e Martin Watzinger. ICT, collaboration, and innovation: Evidence from BITNET. *Journal of Public Economics*, 211:104678, 2022. ISSN 0047-2727. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2022.104678>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047272722000809>.
- [56] Evgenii Fadeev. Creative Construction: Knowledge Sharing and Cooperation Between Firms. Job Market Paper, June 2024. URL https://evgeniifadeev.github.io/files/fadeev_jmp.pdf.
- [57] Gerard Hoberg, Yuan Li, e Gordon M Phillips. Internet Access and U.S. - China Innovation Competition. Working Paper 28231, National Bureau of Economic Research, December 2020. URL <http://www.nber.org/papers/w28231>.
- [58] Yanfeng Zheng e Qinyu (Ryan) Wang. Shadow of the great firewall: The impact of Google blockade on innovation in China. *Strategic Management Journal*, 41(12):2234–2260, 2020. doi: <https://doi.org/10.1002/smj.3179>. URL <https://sms.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.3179>.
- [59] Vincenzo Spiezia. Are ICT Users More Innovative?: an Analysis of ICT-Enabled Innovation in OECD Firms. *OECD Journal: Economic Studies*, 2011(1):1–21, 2011. doi: 10.1787/eco_studies-2011-5kg2d2hkn6. URL <https://ideas.repec.org/a/oec/ecokac/5kg2d2hkn6vg.html>.

- [60] USPTO. Progress and Potential: A Profile of Women Inventors on U.S. Patents. Technical Report IP Data Highlights Number 2, February 2019, U.S. Patent and Trademark Office, Alexandria, VA, 2019. URL <https://www.uspto.gov/sites/default/files/documents/Progress-and-Potential-2019.pdf>. Prepared in collaboration with University of Bordeaux and Bocconi University research teams.
- [61] Jennifer Hunt, Jean-Philippe Garant, Hannah Herman, e David J Munroe. Why Don't Women Patent? Working Paper 17888, National Bureau of Economic Research, March 2012. URL <http://www.nber.org/papers/w17888>.
- [62] Federico Caviggioli, Alessandra Colombelli, e Chiara Ravetti. Gender differences among innovators: a patent analysis of stars. *Economics of Innovation and New Technology*, 32(7):1000–1018, 2023. doi: 10.1080/10438599.2022.2065634. URL <https://doi.org/10.1080/10438599.2022.2065634>.
- [63] Catherine Beaudry e Vincent Larivière. Which gender gap? Factors affecting researchers' scientific impact in science and medicine. *Research Policy*, 45(9):1790–1817, 2016. ISSN 0048-7333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.05.009>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004873331630083X>.
- [64] Gaétan de Rassenfosse, Jan Kozak, e Florian Seliger. Geocoding of worldwide patent data. *Scientific Data*, 6(1):260, 2019. doi: 10.1038/s41597-019-0264-6. URL <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0264-6>.
- [65] Bronwyn H. Hall, Adam Jaffe, e Manuel Trajtenberg. Market Value and Patent Citations. *The RAND Journal of Economics*, 36(1):16–38, 2005. ISSN 07416261. URL <http://www.jstor.org/stable/1593752>.
- [66] Alan C. Marco. The dynamics of patent citations. *Economics Letters*, 94(2):290–296, 2007. ISSN 0165-1765. doi: <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2006.08.014>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165176506002837>.
- [67] Aditi Mehta, Marc Rysman, e Tim Simcoe. Identifying the age profile of patent citations: new estimates of knowledge diffusion. *Journal of Applied Econometrics*, 25(7):1179–1204, 2010. doi: <https://doi.org/10.1002/jae.1086>. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jae.1086>.
- [68] Manuel Trajtenberg. A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations. *The RAND Journal of Economics*, 21(1):172–187, 1990. ISSN 07416261. URL <http://www.jstor.org/stable/2555502>.

- [69] Laura Abrardi e Carlo Cambini. Ultra-fast broadband investment and adoption: A survey. *Telecommunications Policy*, 43(3):183–198, 2019. ISSN 0308-5961. doi: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.02.005>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596119300072>.
- [70] Wolfgang Briglauer, Jan Krämer, e Nicole Palan. Socioeconomic benefits of high-speed broadband availability and service adoption: A survey. *Telecommunications Policy*, 48(7):102808, 2024. ISSN 0308-5961. doi: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2024.102808>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596124001058>.
- [71] James H. Stock e Mark W. Watson. *Introduzione all'econometria*. Pearson, 2005. ISBN 9788871922676.