Jan, 2026
GRINS DISCUSSION PAPER SERIES DP N° 77/2026 ISSN 3035-5567

GRINS

Pendolarismo climatico? Gli effetti del cambiamento climatico sulla mobilità di breve periodo nella Montagna Fiorentina

DP N° 77/2026

Authors:
Anastasia Allkurti, Maria Grazia Pazienza, Gianluca Stefani

Jan, 2026
GRINS DISCUSSION PAPER SERIES DP N° 77/2026 **ISSN 3035-5567**

Pendolarismo climatico? Gli effetti del cambiamento climatico sulla mobilità di breve periodo nella Montagna Fiorentina

Anastasia Allkurti, Maria Grazia Pazienza, Gianluca Stefani

KEYWORDS

climate change | internal migration | labor mobility

JEL CODE

R23, Q54, J61

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by the European Union - NextGenerationEU, in the framework of the GRINS - Growing Resilient, INclusive and Sustainable project (GRINS PE00000018). The views and opinions expressed are solely those of the authors and do not necessarily reflect those of the European Union, nor can the European Union be held responsible for them.

CITE THIS WORK

Author(s): Anastasia Allkurti, Maria Grazia Pazienza, Gianluca Stefani. Title: Pendolarismo climatico? Gli effetti del cambiamento climatico sulla mobilità di breve periodo nella Montagna Fiorentina. Publication Date: 2026.

Il presente lavoro si propone di analizzare il fenomeno del pendolarismo climatico nel contesto della Metromontagna fiorentino-pratese, con particolare riferimento ai 14 comuni montani situati a nord della piana. L'obiettivo dello studio è quello di valutare in che misura le variazioni climatiche – in particolare i differenziali di temperatura e le notti tropicali – influenzino i movimenti temporanei della popolazione, distinguendoli dalle migrazioni residenziali di medio-lungo periodo. Il lavoro si inserisce nel più ampio filone di studi sulle migrazioni indotte dal clima, con un focus specifico sui paesi sviluppati e sugli spostamenti di breve periodo, spesso trascurati dalla letteratura prevalente, tradizionalmente concentrata sugli eventi climatici estremi.
La base dati utilizzata è stata costruita integrando diverse fonti informative, comunque organizzate per comune. Ai dati sugli spostamenti delle residenze (migrazioni di medio periodo) e ai dati sugli indici strutturali (vulnerabilità, resilienza, hazards) sono stati aggiunti dati sui movimenti giornalieri rilevati tramite agganci alle celle telefoniche, che permettono di individuare la presenza degli individui nella piana durante il giorno e nei comuni montani durante la notte, e i dati relativi alle temperature registrate nei diversi comuni. L'integrazione delle fonti ha comunque diverse periodicità temporali per cui è stato costruito un sottoinsieme di dati come panel con frequenza bisettimanale riferito al periodo 2023–2024, in cui il dato climatico è sistematicamente associato ai flussi di mobilità osservati.
Le conclusioni del lavoro evidenziano che l'aumento delle temperature estive nella piana fiorenti-

no-pratese e i differenziali termici con la montagna sono associati a un incremento significativo del pendolarismo verticale giornaliero. Tale mobilità rappresenta una forma di adattamento climatico già in atto, distinta dalle migrazioni permanenti e fortemente influenzata dalle caratteristiche altimetriche, infrastrutturali e di resilienza dei comuni montani considerati. Il fenomeno individuato offre inoltre spunti rilevanti per le politiche territoriali: la crescente attrattività delle aree interne in risposta al riscaldamento urbano potrebbe infatti essere sostenuta da adeguati investimenti infrastrutturali, favorendo percorsi di rivitalizzazione e una maggiore stabilizzazione nel medio periodo delle presenze nei territori montani, arrestando così le dinamiche di spopolamento di lungo periodo.

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani
GRINS FOUNDATION

GRINS FOUNDATION

Discussion Paper Series

Pendolarismo climatico? Gli effetti del cambiamento climatico sulla mobilità di breve periodo nella Montagna Fiorentina

Discussion paper n./2025

Anastasia Allkurti, Maria Grazia Pazienza e Gianluca Stefani
Università di Firenze

GRINS – Growing Resilient, Inclusive and Sustainable

Spoke 6 – Working Group 1

Progetto Ideates

Pendolarismo climatico? Gli effetti del cambiamento climatico sulla mobilità di breve periodo nella Montagna Fiorentina[1]

Anastasia Allkurti, Maria Grazia Pazienza e Gianluca Stefani

Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa, Università di Firenze – Unità di Ricerca Sviluppo Territoriale e Aree Interne (URSTAI)

Abstract

Il presente lavoro si propone di analizzare il fenomeno del pendolarismo climatico nel contesto della Metromontagna fiorentino-pratese, con particolare riferimento ai 14 comuni montani situati a nord della piana. L'obiettivo dello studio è quello di valutare in che misura le variazioni climatiche – in particolare i differenziali di temperatura e le notti tropicali – influenzino i movimenti temporanei della popolazione, distinguendoli dalle migrazioni residenziali di medio-lungo periodo. Il lavoro si inserisce nel più ampio filone di studi sulle migrazioni indotte dal clima, con un focus specifico sui paesi sviluppati e sugli spostamenti di breve periodo, spesso trascurati dalla letteratura prevalente, tradizionalmente concentrata sugli eventi climatici estremi.

La base dati utilizzata è stata costruita integrando diverse fonti informative, comunque organizzate per comune. Ai dati sugli spostamenti delle residenze (migrazioni di medio periodo) e ai dati sugli indici strutturali (vulnerabilità, resilienza, hazards) sono stati aggiunti dati sui movimenti giornalieri rilevati tramite agganci alle celle telefoniche, che permettono di individuare la presenza degli individui nella piana durante il giorno e nei comuni montani durante la notte, e i dati relativi alle temperature registrate nei diversi comuni. L'integrazione delle fonti ha comunque diverse periodicità temporali per cui è stato costruito un sottoinsieme di dati come panel con frequenza bisettimanale riferito al periodo 2023–2024, in cui il dato climatico è sistematicamente associato ai flussi di mobilità osservati.

Le conclusioni del lavoro evidenziano che l'aumento delle temperature estive nella piana fiorentino-pratese e i differenziali termici con la montagna sono associati a un incremento significativo del pendolarismo verticale giornaliero. Tale mobilità rappresenta una forma di adattamento climatico già in atto, distinta dalle migrazioni permanenti e fortemente influenzata dalle caratteristiche altimetriche, infrastrutturali e di resilienza dei comuni montani considerati. Il fenomeno individuato offre inoltre spunti rilevanti per le politiche territoriali: la crescente attrattività delle aree interne in risposta al riscaldamento urbano potrebbe infatti essere sostenuta da adeguati investimenti infrastrutturali, favorendo percorsi di rivitalizzazione e una

[1] Lo studio pubblicato è stato finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU, Missione 4, Componente 2, nell'ambito del progetto GRINS - Growing Resilient, INclusive and Sustainable (GRINS PE00000018 – CUP C93C22005270001). I punti di vista e le opinioni espresse sono esclusivamente quelle degli autori e non riflettono necessariamente quelle dell'Unione Europea, né può l'Unione Europea essere ritenuta responsabile per esse.

maggiore stabilizzazione nel medio periodo delle presenze nei territori montani, arrestando così le dinamiche di spopolamento di lungo periodo.

1. Introduzione

La crescente pressione esercitata dal cambiamento climatico su scala globale sta determinando l'emergere di nuovi orientamenti nelle strategie di risposta e nello sviluppo di strumenti volti a mitigare e gestire le relative conseguenze (Mendelsohn, 2025). Le proiezioni mostrano che, in assenza di interventi adeguati, un numero sempre maggiore di persone sarà indotto a migrare a causa dell'aumento delle temperature globali, anche se i modelli teorici sulle determinanti della migrazione hanno finora riconosciuto solo in modo marginale il caldo e l'aumento delle temperature come fattori propulsivi della mobilità (Issa et al., 2023).

In tale contesto, l'adattamento assume un ruolo cruciale: gli individui e le imprese possono reagire in vari modi, tra cui investendo in sistemi di raffreddamento, o sviluppando strategie di gestione delle risorse idriche ed ecosistemiche o, nel caso di produttori agricoli, scegliendo colture più adatte. Anche i governi possono intervenire, ad esempio difendendo le coste urbane, gestendo la conservazione ambientale o rafforzando i sistemi sanitari per far fronte a nuove minacce (Mendelsohn, 2025).

Altri esempi sono gli adattamenti strutturali, come la piantumazione di alberi o altra vegetazione, oltre a indicazioni su misure preventive di lungo periodo per ridurre i rischi (come la riduzione dell'isola di calore urbana tramite la pianificazione urbanistica) (Issa et al., 2023). Oltre all'adattamento pianificato con politiche pubbliche, la migrazione come forma di adattamento individuale assume particolare rilievo per l'impatto sociale ed economico che genera. Se considerata in chiave proattiva, essa può costituire uno strumento efficace per limitare l'esposizione agli effetti delle ondate di calore. A questo scopo, la migrazione può assumere forme diverse, a seconda del contesto socioeconomico di riferimento. Mentre le migrazioni oltre i confini nazionali legate al cambiamento climatico sono argomento ampiamente dibattuto nello scenario scientifico/accademico, le migrazioni interne di piccolo raggio rappresentano un argomento di studio in evoluzione e di interesse crescente. In particolare, nel contesto italiano si è coniato il termine *migrazione verticale* per indicare quei movimenti migratori dal piano al monte che iniziano a manifestarsi per una molteplicità di cause, fra cui non ultimo il cambiamento climatico (Membretti e Tartari, 2023) e che assumono la direzione opposta alle migrazioni che nella prima metà del '900 hanno visto spopolarsi le montagne a favore delle zone di pianura (Treves, 1976).

Il presente studio si inserisce nel dibattito sulle migrazioni interne legate al cambiamento climatico, concentrandosi sugli effetti delle variazioni di temperatura sugli spostamenti temporanei e sul pendolarismo stagionale. L'obiettivo è approfondire il fenomeno della migrazione temporanea, con particolare attenzione al cosiddetto "pendolarismo climatico" in un'area specifica dell'Italia centrale. L'analisi prende in esame 14 comuni montani intorno alla piana fiorentina, indagando i flussi di mobilità quotidiana tra pianura e montagna in relazione alle condizioni meteorologiche locali, con un focus particolare sulla frequenza delle "notti tropicali".

2. Migrazioni e cambiamento climatico: i principali risultati della letteratura

Il cambiamento climatico e le sue conseguenze rappresentano una fonte di crescente preoccupazione a livello globale: sebbene la temperatura media sia un indicatore comunemente utilizzato per monitorare il clima e i suoi cambiamenti, negli ultimi decenni si è osservato anche un aumento significativo sia della frequenza sia dell'intensità degli eventi climatici estremi (Fan et al., 2016). Ondate di calore, piogge intense e siccità mobilitano non solo il dibattito pubblico e politico, ma stimolano anche la ricerca scientifica, che si muove per approfondire le cause dei fenomeni e analizzarne le conseguenze a livello ambientale, sociale ed economico (Bakar et al., 2018). L'ultimo decennio (2011–2020) è stato il più caldo mai registrato, con una temperatura media globale superiore di 1,0–1,1 °C rispetto ai livelli preindustriali e durante questo periodo, sono state rilevate numerose e intense ondate di calore su scala mondiale, alcune delle quali attribuibili o chiaramente aggravate dal cambiamento climatico di origine antropica (Issa et al., 2023). Da notare che il riscaldamento globale non influenza solo le estati, rendendole più calde, ma determina anche una maggiore imprevedibilità delle temperature invernali (Arzberger et al., 2024).

La letteratura scientifica offre un ampio numero di studi che analizzano le conseguenze degli eventi climatici sul benessere e sul comportamento dei singoli e sulla società. In questo ambito, gli effetti dell'incremento delle temperature appaiono come uno degli aspetti più critici, perché l'incremento del calore esterno compromette la capacità dell'organismo di mantenere l'equilibrio termico, aggravando eventuali condizioni patologiche preesistenti e generando ripercussioni su diverse funzioni essenziali, tra le quali il sistema cardiovascolare, respiratorio, cerebrovascolare, renale, ormonale e psicologico, con esiti potenzialmente gravi quali disabilità o morte prematura (Issa et al., 2023), ma anche fatica, stress psicologico, soprattutto in individui più deboli quali gli anziani (Renninger et al., 2024).

La migrazione umana è una possibile risposta al cambiamento climatico, in quanto le persone possono reagire spostandosi verso aree percepite come più vivibili. Secondo l'Organizzazione Internazionale della Migrazione, la migrazione consiste nello spostamento di persone dal proprio luogo di residenza abituale, sia all'interno di un Paese (migrazione interna) sia oltre i confini nazionali (migrazione internazionale), in modo temporaneo o permanente e per motivi diversi. La definizione comprende forme di migrazione interna e internazionale, temporanea e permanente, e include diverse categorie di migranti, come migranti ambientali, lavoratori stagionali, richiedenti asilo, rifugiati e popolazioni bloccate (Issa 2023).

Il calore può spingere le persone a migrare in forme diverse, rendendo l'aumento delle temperature allo stesso tempo un fattore push o pull della migrazione (Issa et al., 2023). Tuttavia, le motivazioni che sottendono tali scelte sono molteplici e interconnesse: le caratteristiche demografiche e sociali, quali età, livello di istruzione, reddito familiare, stato civile, influenzano la propensione a migrare e la sensibilità agli estremi climatici. Fan et al. (2016), in particolare, evidenziano che negli Stati Uniti i laureati sono più sensibili alle temperature estreme e sono disposti a pagare di più rispetto ad altri gruppi demografici per evitare il caldo; e anche le variabili culturali e territoriali, come la presenza di istituzioni culturali, l'altitudine e la vicinanza alla costa, contribuiscono a definire l'attrattività di un'area.

Nei paesi sviluppati, le maggiori risorse economiche e infrastrutturali – come aria condizionata, trasporti privati e sistemi sanitari, nonché l'accesso a una rete elettrica stabile – riducono la vulnerabilità delle popolazioni e quindi anche la necessità di migrare (Renninger et al., 2024).

Un'altra parte della letteratura si è focalizzata sugli effetti degli eventi climatici estremi – quali incendi, cicloni, siccità e altri disastri naturali – sugli spostamenti delle persone e sulle connesse vulnerabilità sociali. Nel complesso, si prevede un incremento dei flussi migratori a causa della crescente frequenza e intensità di tali eventi; tuttavia, le conoscenze disponibili rimangono ancora limitate e frammentarie, soprattutto per via della complessità del fenomeno e dell'interazione tra i molteplici fattori che lo determinano (Bakar et al., 2018). Infatti, se la ricerca ha ampiamente studiato fenomeni migratori interni e transnazionali dovuti agli impatti climatici nei paesi in via di sviluppo, poca attenzione è stata dedicata allo stesso fenomeno nei paesi sviluppati, in particolare per i movimenti interni, che è invece il focus principale di questo lavoro.

Tra i pochi lavori che trattano della relazione tra migrazione e cambiamento climatico, distinguendo le tipologie di migrazione, Bohra-Mishra et al. (2014) evidenziano che, mentre la migrazione permanente in Indonesia appare maggiormente correlata a cambiamenti climatici graduali e persistenti, in particolare all'aumento delle temperature, gli eventi estremi tendono invece a favorire spostamenti temporanei piuttosto che trasferimenti definitivi.

Bakar et al., (2018) analizzano la situazione in Australia trovando che gli spostamenti di popolazione sono fortemente influenzati da eventi climatici estremi, oltre che da fattori economici locali. Le temperature estreme hanno un impatto negativo e significativo sul flusso netto di popolazione, mentre una maggiore quantità di pioggia annua è associata a flussi positivi, probabilmente perché condizioni idriche favorevoli aumentano l'attrattività delle aree agricole. Al contrario, l'esposizione a ondate di calore e a periodi di siccità prolungati contribuisce alla perdita di popolazione nelle aree agricole, con implicazioni importanti per la pianificazione territoriale e per le politiche di adattamento al cambiamento climatico, soprattutto per la gestione delle comunità rurali e delle risorse agricole.

Uno studio sul Bangladesh evidenzia infine che la maggior parte della mobilità dovuta a ragioni climatiche avviene su piccola scala e per periodi limitati, risultando spesso invisibile ai grandi dataset tradizionali ma centrale nelle strategie di sussistenza delle famiglie rurali nei Paesi a basso reddito. Gli spostamenti tendono infatti a essere temporanei, di breve raggio e in risposta a shock ambientali (Call et al., 2017). Lo studio di Call et al. (2017) si avvale di dati di sorveglianza demografica ad alta frequenza relativi a 200.000 individui in un arco temporale di 18 anni, che combinano l'alta frequenza dei dati derivanti da registri telefonici con la dimensione longitudinale dei panel survey, che integra dati ambientali e di flussi migratori. I dati vengono raccolti con cadenza mensile, e l'unità di analisi scelta è il "persona-mese": ciò significa che ogni individuo è stato considerato a rischio di migrazione in ciascun mese del periodo compreso tra il 1986 e il 2003. In particolare, è stata calcolata la probabilità di migrazione in funzione delle variabili ambientali (alluvioni, precipitazioni, temperature) e controllando al contempo per caratteristiche socioeconomiche e contestuali quali ricchezza, età, genere, dimensione del nucleo familiare, distanza dal fiume e protezione da argini.

Questo lavoro utilizza una base dati che si avvicina a quella implementata nello studio di Call et al. (2017) perché combina dati sulle temperature e agganci alle celle telefoniche, sia pure per un periodo di tempo molto più limitato.

3. L'obiettivo dell'analisi

Questo lavoro si inserisce all'interno della letteratura che studia le migrazioni interne indotte dalle variazioni climatiche, con particolare attenzione agli effetti sugli spostamenti temporanei e sul pendolarismo stagionale. Lo studio si focalizza sul pendolarismo climatico nel contesto di una specifica area italiana, parte delle province di Firenze e Prato in Toscana, indagando gli effetti delle variazioni di temperatura sulle migrazioni di natura temporanea.

L'analisi si concentra su un campione di 14 comuni montani situati nell'area a nord della piana fiorentino-pratese, con l'obiettivo di esaminare i flussi di mobilità tra il contesto pianeggiante - a forte vocazione industriale/servizi - e le aree montane limitrofe, alla luce delle variazioni climatiche (temperature e notti tropicali)[2] registrate dalle stazioni meteorologiche locali[3].

La base dati integra due fonti di dati: i movimenti giornalieri della popolazione, rilevati mediante gli agganci alle celle telefoniche - che consentono di identificare gli individui agganciati alle celle della piana fiorentino-pratese durante il giorno e a quelle dei 14 comuni montani durante la notte - e le misurazioni di temperatura delle stazioni meteorologiche dell'area, che includono temperature minime e massime per i diversi comuni. L'integrazione di queste fonti, che copre il periodo 2023-2024, consente di associare in maniera sistematica i movimenti delle persone alle condizioni climatiche corrispondenti nelle località di partenza e di arrivo. Tale approccio consente di far venire alla luce una migrazione di breve periodo indotta dal clima, un fenomeno diverso rispetto alle migrazioni di medio-lungo periodo, osservate attraverso le variazioni anagrafiche di residenza.

La scelta del caso di studio è motivata dalle peculiarità del territorio considerato e si inserisce nella prospettiva di un contributo allo studio delle aree interne. L'area oggetto del caso di studio è infatti preliminarmente analizzata con indicatori di vulnerabilità, resilienza, hazards e anomalie climatiche che evidenziano le forti differenziazioni tra l'area della piana fiorentino-pratese e le aree interne rappresentate dai 14 comuni montani. Il quadro è poi completato da dati di migrazioni permanenti (i cambi di residenza) interne all'area e dati sulle evoluzioni climatiche di lungo periodo. A differenza della letteratura prevalente, che pone l'accento sugli eventi climatici estremi – quali alluvioni, incendi, frane e terremoti – come principali determinanti dei processi migratori, il presente lavoro focalizza l'attenzione su variabili climatiche ordinarie, quali le temperature minime e massime e le notti tropicali.

4. Il contesto geografico

Allkurti et al. (2025) hanno messo in relazione il saldo migratorio dei comuni toscani con un indice di attrattività su base comunale costruito sulla base del lavoro di Membretti e Tartari (2023). Questo lavoro si focalizza invece su un'area ristretta, composta da un'area interna identificata dalla programmazione 2021-27 della Strategia Nazionale delle Aree Interne (SNAI) e dalla confinante area metropolitana che include due capoluoghi di provincia, Prato e Firenze, e i comuni contermini.

In particolare, sposando il concetto di Metromontagna di Barbera e De Rossi (2021) - che vede la relazione tra aree metropolitane e territori montani come un sistema integrato e

[2] Si definiscono notti tropicali quelle in cui la temperatura minima registrata è superiore a 20 °C.

[3] In questo contesto, per *migrazioni permanenti* si intendono quegli spostamenti determinati da cambi di residenza da un comune urbano verso un comune montano-rurale; per *migrazioni temporanee o pendolarili* si intendono quegli spostamenti temporanei (di breve periodo, anche pochi giorni); per migrazioni verticali si intendono infine quelle da e verso zone montane e rurali.

interdipendente - l'analisi si concentra sull' area della piana di Prato e Firenze da un lato[4], quale attrattore economico del pendolarismo dalla montagna limitrofa rappresentata dalle aree Valdarno e Valdisieve, Mugello e Val di Bisenzio[5] (Figura 1).

Figura 1 - Piana e Sottozone della Montagna fiorentino-pratese



Fonte: Elaborazione degli autori su dati ISTAT

Nel corso degli ultimi decenni, l'area della piana fiorentino-pratese ha registrato un progressivo aumento delle temperature medie[6]: Le serie storiche disponibili evidenziano una crescita costante, particolarmente marcata nei mesi estivi, con un incremento delle temperature massime e una riduzione della variabilità stagionale. Tale tendenza è riconducibile ai processi di cambiamento climatico globale, ma risulta amplificata da fattori locali, come l'urbanizzazione e la conseguente formazione di isole di calore urbane, che incidono significativamente sul microclima dell'area metropolitana fiorentina e pratese.

Parallelamente, le dinamiche demografiche mostrano nell'ultimo decennio un aumento delle migrazioni permanenti (spostamenti di residenza) dalla piana verso i comuni montani della Metromontagna. L'ipotesi è che essi riflettano, oltre a motivazioni socio-economiche, come la ricerca di alloggi economicamente accessibili, anche condizioni ambientali. L'indagine dell'interazione tra variazioni climatiche e dinamiche migratorie di brevissimo periodo potrebbe anticipare i futuri spostamenti di residenza e costituisce un elemento centrale per testare l'evoluzione del territorio fiorentino e le possibili traiettorie di adattamento di breve termine. Di

[4] Nell'area della Piana fiorentina sono compresi i comuni di Firenze, Sesto Fiorentino, Calenzano, Prato, Carmignano, Poggio a Caiano, Signa e Campi Bisenzio.

[5] L'area montana circostante la piana fiorentina comprende in questo studio i comuni di Firenzuola, Palazzuolo sul Senio, Marradi, Barberino di Mugello, Borgo San Lorenzo, Scarperia e San Piero, Dicomano, Vicchio per il Mugello; Londa, Rufina, San Godenzo per Valdarno e Val di Sieve; Vernio, Cantagallo e Vaiano per la Val di Bisenzio.

[6] Si veda la figura 6 sotto.

seguito si elencano brevemente alcune caratteristiche delle 4 sottozone in cui si divide la montagna fiorentina e pratese.

4.1 Alto Mugello o Romagna Toscana

L'Alto Mugello comprende i comuni di Firenzuola, Marradi e Palazzuolo sul Senio, tutti con popolazione inferiore ai 5.000 abitanti — con Firenzuola che rappresenta il centro demograficamente più rilevante. In base alla classificazione dell'ISTAT[7], tali comuni rientrano nelle aree rurali o scarsamente popolate a prevalente carattere montano, presentando quindi una bassa densità insediativa e una struttura territoriale frammentata, con un'altitudine media del centro di 400 metri sul livello del mare.

Dal punto di vista geografico e infrastrutturale, l'Alto Mugello si distingue per la notevole distanza dai principali poli metropolitani di Firenze e Prato, pari a circa 65 km nel primo caso e 80 km nel secondo. Tuttavia, più che la distanza, a incidere sulla connettività territoriale sono i tempi di percorrenza elevati, soprattutto nei casi di Marradi e Palazzuolo sul Senio, che raggiungono mediamente i 90 minuti per gli spostamenti verso Firenze e i 97 minuti verso Prato. Tali condizioni contribuiscono a definire solitamente l'Alto Mugello come un'area periferica e marginale rispetto ai flussi quotidiani dell'area metropolitana fiorentina.

4.2 Basso Mugello

I comuni del Basso Mugello comprendono Borgo San Lorenzo, Scarperia e San Piero, Barberino di Mugello, Vicchio e Dicomano, che si collocano prevalentemente in contesti collinari e presentano un grado di urbanizzazione intermedio (livello 2 o 3 secondo la classificazione ISTAT). Rispetto ai comuni dell'Alto Mugello, essi si distinguono per una maggiore densità abitativa e per una popolazione complessiva più consistente, con valori compresi tra circa 5.000 e 18.000 residenti.

I comuni del Basso Mugello hanno una maggiore prossimità ai centri di Firenze e Prato, favorita dalla presenza di infrastrutture viarie principali come l'Autostrada A1, la superstrada Firenze–Bologna (E35) e la linea ferroviaria regionale, che collega direttamente i comuni mugellani all'area della piana. Quest'area può dunque essere definita come una fascia di transizione della Metromontagna, con un grado di integrazione funzionale più elevato rispetto all'Alto Mugello.

Dal punto di vista insediativo, il Basso Mugello presenta una maggiore continuità territoriale e una struttura policentrica, con Borgo San Lorenzo e Barberino di Mugello che svolgono un ruolo di poli locali di servizio, mentre Vicchio e Dicomano si configurano come centri residenziali di dimensioni medio-piccole, ma in crescita. Nel complesso, l'area si distingue per un più alto livello di urbanizzazione e accessibilità, che ne rafforza l'attrattività residenziale, pur mantenendo una significativa componente rurale e paesaggistica.

4.3 Valdarno e Val di Sieve

[7] Grado di urbanizzazione 3, zona altimetrica 1. Le classificazioni per grado di urbanizzazione e i dati sulla popolazione di tutti i comuni sono di fonte Istat e disponibili al link https://www.istat.it/classificazione/codici-dei-comuni-delle-province-e-delle-regioni/

I tre comuni dell'area Valdarno-Val di Sieve, San Godenzo, Londa e Rufina, sono classificati da ISTAT come "piccole città e sobborghi" (grado di urbanizzazione intermedio - 2 o 3), caratterizzati da una morfologia prevalentemente montana e collinare. Con una popolazione compresa tra 1.000 e 7.000 abitanti, questi centri presentano una densità abitativa contenuta e una struttura insediativa diffusa in piccoli nuclei rurali.

La posizione geografica della Val di Sieve, situata lungo l'asse che collega Firenze con il Casentino e l'Alto Mugello, conferisce al territorio un ruolo di cerniera tra l'area appenninica e la pianura fiorentina. I collegamenti stradali e ferroviari, pur consentendo una relativa accessibilità, risultano eterogenei: mentre Rufina beneficia di un buon livello di connessione con il capoluogo regionale (circa 30–35 km, percorribili in meno di un'ora), i comuni di Londa e San Godenzo presentano condizioni di maggiore isolamento, con tempi di percorrenza superiori e una minore frequenza dei servizi di trasporto pubblico.

4.4 Val di Bisenzio

I comuni di Vaiano, Vernio e Cantagallo si caratterizzano per una morfologia montana e un grado di urbanizzazione intermedio (livello 2 o 3 secondo ISTAT), con una popolazione compresa tra 3.000 e 9.000 abitanti. L'area funge da zona di transizione tra l'area metropolitana di Prato e il crinale appenninico, presentando livelli di accessibilità differenziati: i collegamenti con Firenze variano da 51 a 70 minuti, mentre quelli con Prato da 26 a 46 minuti. La valle si distingue per una struttura insediativa policentrica e una funzione residenziale di cintura, combinando prossimità urbana e qualità ambientale, elementi che ne rafforzano la vocazione territoriale intermedia tra pianura e montagna.

4.5 Gli indici

La breve descrizione delle aree interne e del loro ruolo nell'ambito della Metromontagna qui analizzata è approfondita sulla base di alcuni indicatori - vulnerabilità, resilienza, rischi idrogeologici e sismici e anomalie climatiche - presentati nei prossimi paragrafi, che sono parte di un più generale indice generale di attrattività costruito per i comuni toscani[8].

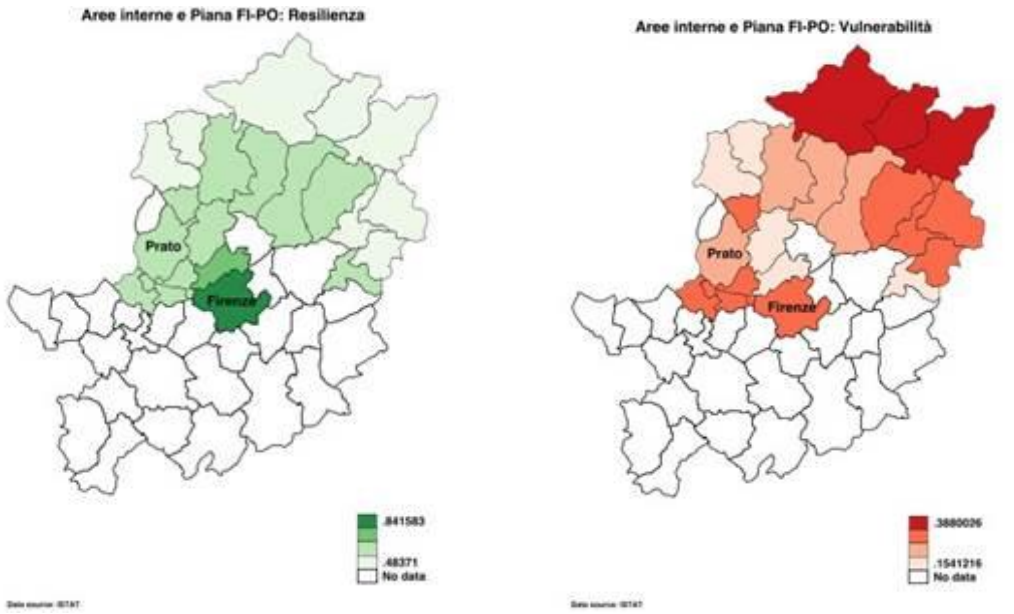
4.5.1 Resilienza

L'indice di resilienza (Figura 2 pannello di sinistra) mostra un gradiente crescente da nord verso sud, identificato dall'intensità della colorazione nella figura, riflettendo differenze strutturali e funzionali tra le macroaree.
Nell'Alto Mugello i valori sono medio-bassi, penalizzati da marginalità geografica e scarsa dotazione di servizi e infrastrutture. La struttura demografica anziana e la limitata diversificazione economica contribuiscono a una risposta meno pronta ai possibili shock, inclusi quelli climatici (Unione Montana dei Comuni del Mugello, 2023). Il Basso Mugello evidenzia una discreta capacità di risposta a eventi avversi, sostenuta dai centri intermedi e dai collegamenti con la piana fiorentina, la quale funge da supporto funzionale. La Val di Sieve si distingue per valori medi (più alti per Rufina), grazie alla maggiore accessibilità e integrazione con l'area metropolitana. La maggiore accessibilità ai servizi e la prossimità al mercato del lavoro determinano una capacità adattativa superiore alla media regionale. La

[8] Per un approfondimento sulla metodologia di costruzione degli indicatori (definizione, composizione, variabili), si veda Allkurti et al. (2025).

Val di Bisenzio, infine, manifesta una resilienza contenuta (ad eccezione di Vaiano, che presenta un livello di resilienza più alto), limitata da isolamento e carenze infrastrutturali, pur beneficiando di una forte coesione sociale locale. La dipendenza dal polo pratese per servizi e occupazione si traduce in una resilienza inferiore alla media toscana[9], pur in presenza di buone risorse ambientali e sociali locali.

Figura 2 - Indici di Resilienza e Vulnerabilità



Fonte: Elaborazione degli autori su dataset Allkurti et al., 2025a

4.5.2 Vulnerabilità

La vulnerabilità (Figura 2 pannello di destra), ovvero la tendenza a subire danni in seguito all'esposizione a pressioni e shock esterni (Modica e Zoboli, 2016) mostra un quadro eterogeneo, con livelli generalmente compresi tra medio e alto. Nell'Alto Mugello i valori sono elevati, a causa della fragilità demografica, della scarsa accessibilità e della limitata diversificazione economica (Unione Montana dei Comuni del Mugello, 2023). Il Basso Mugello presenta una vulnerabilità media, mitigata dalla presenza di centri di servizio e infrastrutture locali. La Val di Bisenzio evidenzia valori medio-bassi, beneficiando della prossimità al sistema metropolitano e di un buon accesso a risorse e opportunità. La Val di Sieve, infine, manifesta una vulnerabilità medio-alta, influenzata dallo spopolamento dei piccoli centri e da una struttura economica tradizionale.

4.5.3 Anomalie climatiche e Hazards

Per quanto riguarda le anomalie climatiche, esse mostrano una forte differenziazione tra i vari comuni e risultano decisamente più elevate nella piana fiorentino-pratese[10]. Nelle aree montane si osservano situazioni differenziate, determinate dalla quota altimetrica,

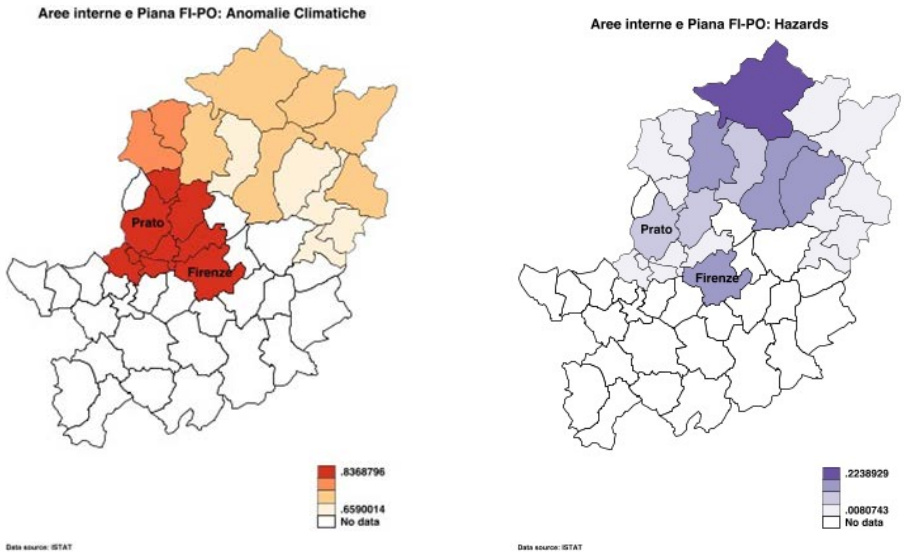
[9] Per un approfondimento sulla Toscana si veda Allkurti et al., 2025.

[10] Questi dati, a differenza di quelli usati nel paragrafo 4.6.2 e per l'analisi del pendolarismo climatico, provengono da serie storiche di lungo periodo georeferenziate, ottenute dal Joint Research Centre interpolando i dati delle stazioni meteorologiche.

dall'esposizione dei versanti e dall'orientamento delle valli, che modulano localmente l'intensità delle variazioni termiche e pluviometriche.

La pericolosità ambientale, che sintetizza i possibili rischi geo-idrologici e sismici, presenta un gradiente crescente verso il centro-nord dell'area, con valori massimi nelle aree appenniniche (Figura 3 pannello di destra).
Il Mugello mostra nel complesso i livelli più elevati di hazard della zona in analisi, riflettendo oltre alla complessità geomorfologica e l'elevata suscettibilità a fenomeni franosi e idraulici, anche la sismicità della zona[11]. Firenzuola è il comune con più alto grado di pericolosità sismica e idrogeologica, mentre il Basso Mugello si colloca su valori medio-alti, con criticità puntuali nei fondivalle e lungo le principali assi fluviali. La Val di Bisenzio e la Val di Sieve evidenziano un livello di rischio di eventi estremi coerente con la morfologia valliva incisa e la frequenza storica di eventi di frana e piena.

Figura 3 - Anomalie climatiche e Pericoli (Hazards)



Fonte: Elaborazione degli autori su dataset Allkurti et al., 2025a

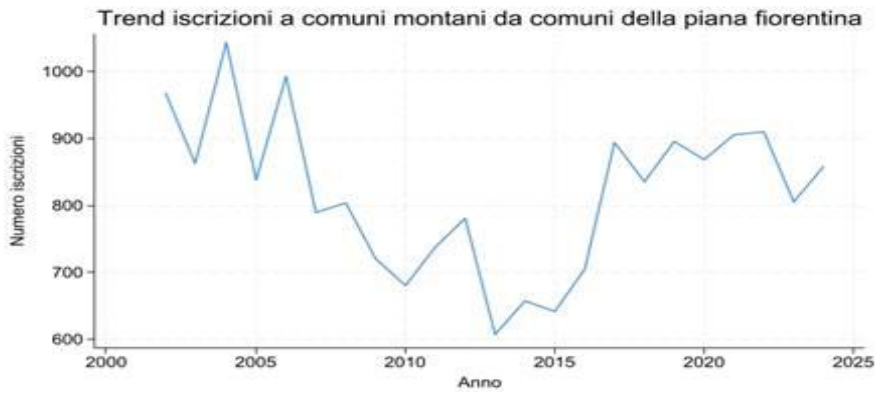
4.6 Le tendenze di lungo periodo

L'analisi congiunta delle serie storiche di temperatura e dei dati demografici comunali consente di inserire l'analisi in un quadro più generale. L'analisi delle cancellazioni anagrafiche nella piana fiorentina mostra una tendenza crescente alla mobilità residenziale verso i comuni dell'area montana e collinare limitrofa[12]. A partire dal 2013, i dati evidenziano un progressivo incremento del numero di residenti che si trasferiscono in territori a maggiore altitudine e nel contempo una chiara tendenza a un aumento delle temperature estive nell'area della piana (Par. 4.6.2).

[11] Per i dettagli sui pericoli di eventi estremi si veda Allkurti et al. (2025).

[12] Le cancellazioni dalla piana ai comuni montani seguono un'evoluzione analoga a quella del saldo migratorio calcolato come differenza tra iscrizioni all'anagrafe di comuni montani e cancellazioni anagrafiche dei medesimi territori verso la piana, per i dettagli si veda Appendice 2.

Figura 4 - Iscrizioni anagrafiche dalla piana alla montagna



Fonte: elaborazione dati ISTAT

4.6.1 La migrazione a medio-lungo termine: i trasferimenti di residenza

L'andamento delle iscrizioni anagrafiche dalla piana verso i comuni montani mostra fluttuazioni significative ma due trend generali ben identificabili.

Nel primo quinquennio (2000–2005), i valori oscillano intorno a livelli relativamente elevati — prossimi o superiori alle 900–1.000 iscrizioni annue — segnalando una fase di mobilità verso l'area montana sostenuta, che poi si riduce via via raggiungendo il punto di minimo nel 2013, con valori inferiori alle 700 unità annue.

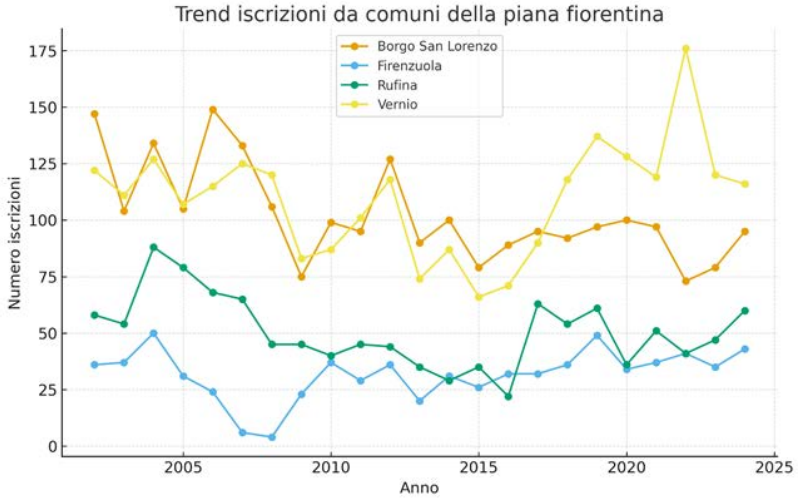
Dal 2014 in poi, il trend mostra una ripresa graduale: il numero di iscrizioni cresce fino al 2019, quando si torna a valori prossimi alle 900 iscrizioni annue, mantenendosi su livelli medio-alti fino al 2023. Tale fase di recupero sembra indicare un rinnovato interesse per i territori montani, probabilmente sostenuto da una crescente attenzione alla qualità ambientale e, più recentemente, dagli effetti indiretti della pandemia (Issa et al., 2023).

In particolare, per il periodo 2020–2022 l'alta mobilità verso la montagna è plausibilmente riconducibile alla diffusione del lavoro da remoto e alla ricerca di condizioni abitative più sostenibili per i ridotti valori immobiliari nelle zone montane. Dopo un lieve calo nel 2023, il 2024 mostra una nuova risalita, suggerendo che la tendenza alla riallocazione verso contesti montani non si è esaurita.

Le fluttuazioni osservate lungo l'intero periodo possono essere disaggregate per comune di destinazione. Alcuni centri montani — meglio connessi con l'area metropolitana e dotati di infrastrutture essenziali — risultano più attrattivi, mentre altri mostrano andamenti più irregolari legati a una minore accessibilità o a una struttura demografica più fragile.

Nella Figura 5 è raffigurato l'andamento delle cancellazioni anagrafiche dalla piana fiorentina verso i comuni montani di Firenzuola, Borgo San Lorenzo, Rufina e Vernio, rappresentativi delle rispettive sottozone (Alto Mugello, Mugello, Valdarno, Val di Bisenzio).

Figura 5 - Trend di iscrizioni di residenze per trasferimento dalla piana



Fonte: elaborazione degli autori su dati ISTAT

In generale si nota che Borgo San Lorenzo e Vernio, rappresentativi di Basso Mugello e Val di Bisenzio, si collocano su valori strutturalmente più elevati rispetto alle altre aree, proprio come riflesso delle caratteristiche già descritte di accessibilità, dotazione infrastrutturale e resilienza. Per tutte le aree, con l'eccezione di Borgo San Lorenzo, gli ultimissimi anni vedono una crescita rispetto al punto di minimo raggiunto con l'uscita dalla crisi finanziaria del 2015.

Complessivamente, si conferma la polarizzazione territoriale tra la piana fiorentino-pratese - caratterizzata da elevata densità urbana e crescente pressione climatica - ed i comuni montani, che appaiono progressivamente più attrattivi come luoghi di residenza. Le variazioni anagrafiche rappresentano dunque non solo un indicatore demografico, ma anche un riflesso di mutamenti socio-ambientali più ampi, dove i fattori climatici, economici e di qualità della vita interagiscono nel plasmare le dinamiche insediative del territorio. Tuttavia, il confronto tra Firenzuola, Borgo San Lorenzo, Vernio e Rufina evidenzia andamenti differenziati della mobilità residenziale proveniente dalla piana, pur nell'ambito di una dinamica ciclica comune – contrazione post-2008, ripresa dal 2016 e stabilizzazione recente – modulata dal grado di urbanizzazione, accessibilità e ruolo territoriale dei singoli comuni.

4.6.2 Le temperature nell'ultimo ventennio

A conferma di quanto evidenzia la letteratura sul cambiamento climatico (Fan et al., 2016; Issa et al., 2023), le rilevazioni per l'area di studio in questione mostrano un aumento generale delle temperature negli ultimi venti anni. In particolare, visto il nostro 'interesse alla mobilità di breve periodo come strategia di adattamento, l'analisi si è focalizzata sulle temperature medie minime e massime del mese di luglio dal 2005 al 2024 nell'area oggetto di studio (Figura 6)[13].

Per il periodo considerato, il pannello di sinistra della figura 6 mostra le temperature massime di luglio (la media delle massime dei 31 giorni del mese) da cui è evidente un trend crescente generalizzato, con valori medi più elevati nella piana (fino a oltre 35 °C nei picchi più recenti.

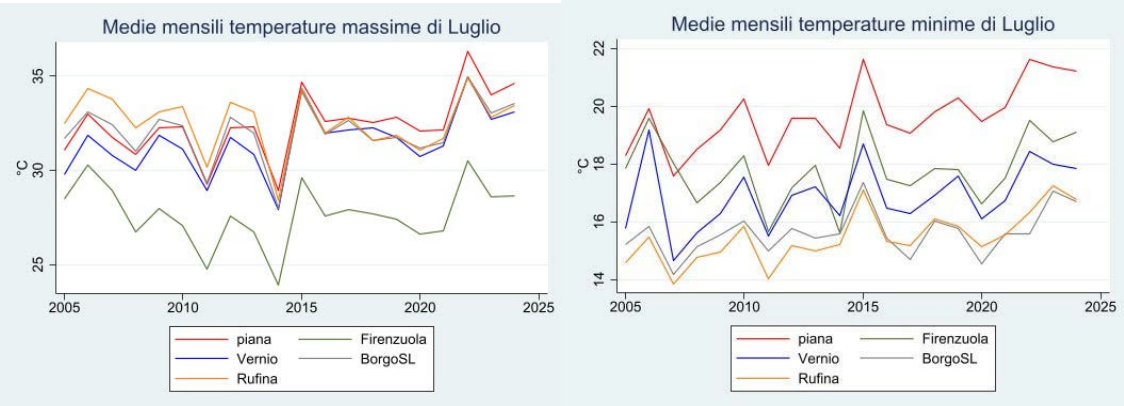
[13] Si noti che a differenza delle mappe sulle anomalie climatiche presentate nel paragrafo 4.5.3 i dati comunali qui analizzati sono ottenuti dalla semplice correzione per l'altezza dei dati di stazioni meteo situate nel comune o, in assenza, in un comune vicino, senza alcuna interpolazione tra stazioni.

Il primato delle temperature massime della piana è costante dopo il 2015, indicativo di un accentuato surriscaldamento dovuto, oltre che a ragioni geomorfologiche (conca chiusa) a un accelerato sfruttamento del suolo. Le aree di Rufina e Borgo San Lorenzo seguono un andamento analogo, con valori lievemente inferiori alla piana dal 2015 ma comunque prossimi ai 33–34 °C nei periodi più caldi, riflettendo la transizione climatica tra pianura e collina. Vernio presenta temperature massime mediamente inferiori di 2–3 °C rispetto alla piana, mentre Firenzuola mostra medie nettamente inferiori, comprese tra 26 °C e 29 °C grazie all'effetto mitigante dell'altitudine.

Le temperature minime di luglio seguono un'evoluzione analoga, ma con scarti più ampi tra la piana e i comuni montani (Figura 6 pannello di destra). La piana registra sistematicamente le notti più calde, con medie che oscillano tra 20 °C e 22 °C, confermando l'effetto cumulativo dell'urbanizzazione e della conformazione orografica con la presenza di frequenti notti tropicali. Firenzuola mostra valori più bassi (intorno a 17–19 °C), con maggiore variabilità interannuale e oscillazioni più pronunciate durante le ondate di calore. Vernio si colloca su livelli simili, evidenziando una maggiore escursione termica diurna rispetto alla piana. Borgo San Lorenzo e Rufina sono i comuni con le temperature minime medie strutturalmente più basse. In linea generale, a partire dal 2015, si osserva un aumento strutturale delle minime, con una riduzione delle notti fresche anche nei comuni montani, indicando una tropicalizzazione del clima estivo.

Nel complesso, i due grafici confermano un trend di riscaldamento estivo diffuso, dove anche i comuni montani evidenziano un incremento delle medie estive, segnale del progressivo avanzamento del riscaldamento climatico regionale.

Figura 6 - medie mensili delle temperature massime e minime di luglio per la piana e l'area montana



Fonte: elaborazione degli autori su dati Servizio Idrologico Regionale

5. I dati e primi risultati dell'analisi econometrica

Per l'analisi sul pendolarismo climatico tra la piana fiorentino-pratese e i 14 comuni di montagna sono state utilizzate due principali fonti di dati. La prima riguarda i movimenti giornalieri della popolazione, ricavati dagli agganci alle celle telefoniche, che permettono di

individuare gli individui presenti nella piana fiorentino-pratese durante il giorno e nei comuni montani durante la notte, con rilevazioni bisettimanali per il biennio 2023-2024[14].

La seconda fonte comprende i dati meteorologici provenienti dal Servizio Idrologico Regionale della Toscana che forniscono serie storiche di temperature minime, massime e precipitazioni giornaliere. Tali dati sono organizzati in stazioni meteo e coprono un lasso di tempo più ampio, con una copertura media che va dal 2000 all'inizio del 2025. Analogamente a quanto sopra, l'analisi è stata condotta selezionando le stazioni meteo della Piana e dei 14 comuni montani oggetto di analisi. In particolare, le temperature rilevate sono state modificate in base al differenziale di quota altimetrica tra la stazione e il capoluogo[15] applicando pertanto una correzione altimetrica della temperatura: per ogni 100 metri di differenza altimetrica, la temperatura minima viene ridotta di 0,3 °C e quella massima di 0,7 °C[16].

Combinando questi dati è possibile mettere in relazione i flussi quotidiani di mobilità con le condizioni climatiche specifiche di quella giornata, rendendo possibile l'analisi del movimento di breve periodo come strategie di adattamento alla crescita delle temperature medie.

5.1 L'analisi descrittiva

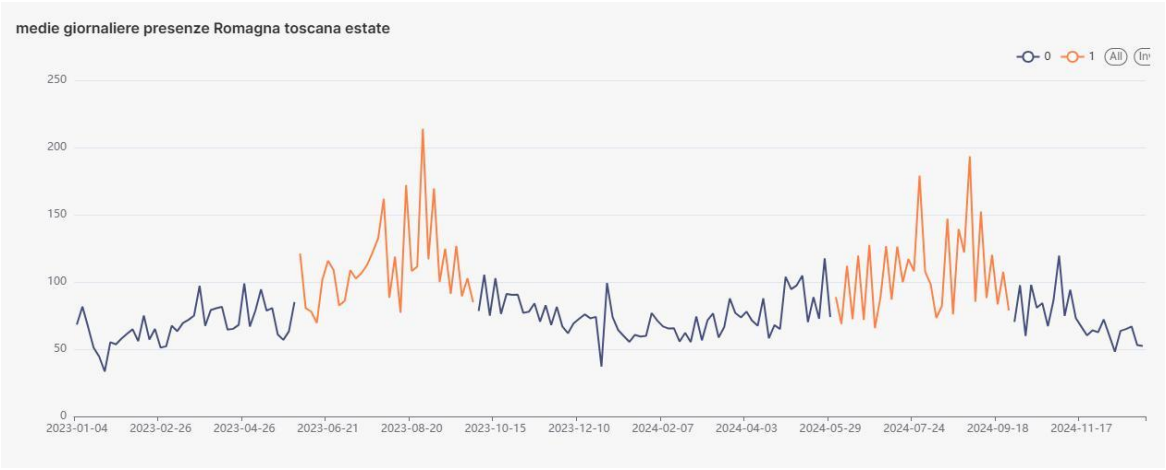
Una prima analisi dei dati guarda alle medie mensili dei pernottamenti giornalieri per apprezzare eventuali fenomeni di stagionalità in modo differenziato per sub-area montana e per tipo di giorno di rilevazione (festivo o feriale). I grafici mostrano che l'andamento stagionale dei pernottamenti feriali in area montana riferibili a fenomeni di pendolarismo - e quindi di spostamento per motivi di studio e lavoro - differiscono sensibilmente dall'andamento dei pernottamenti del fine settimana. In particolare, i pernottamenti feriali (collegati alla presenza durante il giorno nella Piana) sono in genere più numerosi di quelli fine-settimanali per tutte le sottoaree eccetto l'Alto Mugello dove si osserva l'andamento opposto (Figura 7). Un'altra particolarità riguarda il mese di agosto, tipicamente dedicato alle ferie. Come ci si aspetta in questo mese i pernottamenti per noi rilevanti, soprattutto quelli feriali, si riducono in tutte le aree perché i residenti non si recano più nella piana a lavorare essendo in ferie oppure partono per un'altra destinazione. Unica eccezione è l'Alto Mugello (o Romagna Toscana) dove si osserva un picco di pernottamenti feriali proprio nei mesi di luglio e agosto, evidentemente persone con seconde case che si aggiungono ai residenti nell'alimentare una sorta di pendolarismo stagionale. Sempre nella stessa sottozona si osservano picchi di pernottamenti nei fine-settimana dei mesi estivi (figura 8) dovuti anche questi presumibilmente a seconde case occupate nel fine-settimana ma non necessariamente legati a pendolarismo per lavoro quanto piuttosto a trasferimento nella seconda casa nel fine settimana.

Figura 7 - Medie giornaliere dei pernottamenti

[14] In particolare, l'analisi della mobilità tra la Piana fiorentino-pratese e i 14 comuni montani selezionati si basa su dati di presenza bisettimanali forniti da TIM, ottenuti dal conteggio degli agganci alle celle telefoniche nel periodo 4 gennaio 2023 – 29 dicembre 2024. Per ogni settimana sono stati considerati un giorno feriale (mercoledì) e uno festivo (domenica), per un totale di 192 giornate di rilevazione. Per maggiori dettagli, si veda l'Appendice 1.

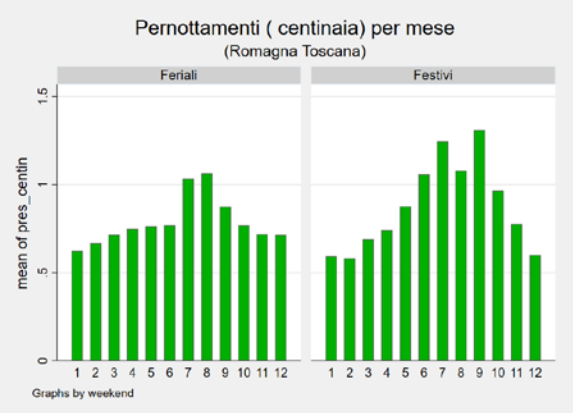
[15] http://www.castelnuovometeo.it/webfiles/toscana.html

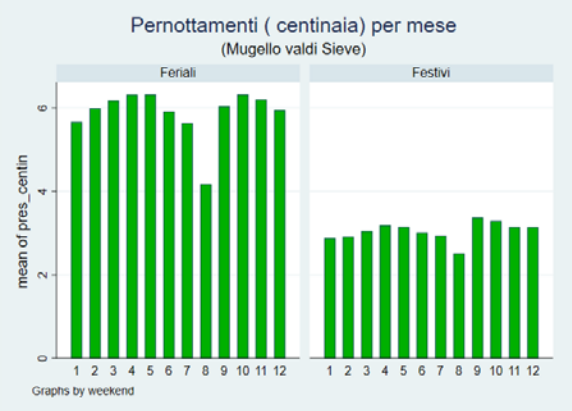
[16] Questi coefficienti (0.3 e 0.7 °C/100 m) rappresentano un gradiente termico verticale empirico, che serve a tener conto di comuni caratterizzati da una ampia estensione altimetrica.

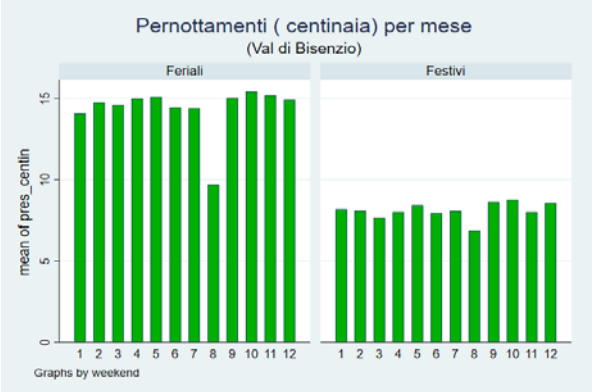


Fonte: elaborazione degli autori su dataset (Appendice 1)

Figura 8 - Medie mensili dei pernottamenti giornalieri







Fonte: elaborazione degli autori su dataset (Appendice 1)

5.2 L'Analisi econometrica

L'ipotesi da testare è se le particolari condizioni climatiche che si registrano nell'area della piana di Firenze e Prato nei mesi estivi, conseguenza del trend climatico di lungo periodo che vede l'innalzamento delle temperature (già commentato nel paragrafo 4.6) attivi una

migrazione addizionale e temporanea dall'area della piana verso le aree interne, andando dunque ad aggiungersi agli spostamenti delle residenze che identificano una migrazione più stabile e che può essere letta solo considerando un insieme complesso di cause.

Dalla banca dati complessiva è stato estratto un panel contenente i dati degli indicatori per comune, i dati climatici e i dati degli spostamenti desunti dalle celle telefoniche. Si tratta dunque del panel dei 14 comuni per 192 giorni (un giorno feriale e un giorno festivo per tutte le settimane del periodo), per un totale di 2668 osservazioni che copre il periodo temporale compreso tra Gennaio 2023 e Dicembre 2024, coperto dai dati delle celle telefoniche, così come dettagliato nell'Appendice 1.

La variabile dipendente è stata dunque individuata nella media delle presenze di soggetti che sono presenti nella piana nelle ore diurne e sono presenti nei comuni di montagna nelle ore notturne del giorno precedente.

Tra le variabili esplicative la presenza di notti tropicali nelle sole aree della piana (una dummy che assume valore 1 quando in montagna la minima del giorno precedente è inferiore a 20 gradi mentre in pianura è superiore), il differenziale di temperatura tra le due aree, sia relativamente ai valori massimi, sia a quelli minimi, le specificità del territorio così come segnalate dagli indici di vulnerabilità, resilienza ed hazards, la differenziazione tra giorno feriale e giorno del fine settimana e la giornata specifica del Gran Premio del Mugello, che attira ogni anno molte presenze nei comuni di Scarperia e limitrofi e potrebbe dunque distorcere il valore dei coefficienti se non correttamente evidenziata.

L'ipotesi di ricerca da stimare può dunque essere sintetizzata da una formulazione del tipo:

$$Presenze_{i,t} = Notti_trop_{i,t} + diff\ max_{i,t} + diff\ min_{i,t} + indici_attrat_{i} + controlli_{i,t} + \varepsilon_{it}$$

Come si può notare dalla formulazione, gli indici di attrattività dei comuni coinvolti non hanno una variabilità temporale nella base dati perchè la loro costruzione fa riferimento a dati di natura strutturale che vengono aggiornati ad ampi intervalli temporali (vedi Allkurti et al. 2025a). Questo ha vincolato il metodo di stima che, seguendo anche le indicazioni del test di Hausman, ci ha condotto a scegliere una semplice specificazione di stima a effetti fissi, in cui le specificità comunali evidenziate dagli indici sono assorbite dalla variabile che rappresenta l'intercetta specifica del comune di riferimento (α_i). La formulazione diventa dunque:

$$Presenze_{i,t} = Notti_trop_{i,t} + diff\ max_{i,t} + diff\ min_{i,t} + controlli_{i,t} + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

La tabella riassume le statistiche descrittive delle variabili scelte per la stima a effetti fissi.

Tabella 1 - Statistiche descrittive per le variabili utilizzate nella regressione

	mean	sd	min	max	p90	p95
Presenze	511.4	589.0	3.1	3081.4	1351.1	1603.7
Notti tropicali	0.1	0.3	0.0	1.0	1.0	1.0
d temperature max	-2.3	2.0	-8.5	10.0	-0.2	0.6
d temperature min	-2.7	2.0	-9.8	8.9	-0.4	0.4
granpremio	0.0	0.2	0.0	1.0	0.0	0.0
weekend	0.5	0.5	0.0	1.0	1.0	1.0

Presenze	Media oraria presenza nella pina in ore diurne e in montagna ore notturne
Notti tropicali	dummy: 1 se giorno precedente notte tropicale in piana ma non in montagna
d temperature max	differenza temperatura max del giorno tra montagna e pianura
d temperature min	differenza temperatura min del giorno tra montagna e pianura
granpremio	dummy: 1 se gran premio all'autodromo del mugello
weekend	dummy 1 se weeekwnd

Fonte: Ns elaborazione su dati TIM e Servizio Idrologico Regione Toscana

Come atteso, i differenziali di temperatura sono prevalentemente negativi in oltre il 90 percento delle osservazioni. Mentre la media oraria delle presenze in piana dei pernottanti in montagna si attesta sulle 500 unità, sia pure con una notevole varianza.

La stima dei parametri evidenzia la significatività delle due variabili di interesse (differenziali di temperature minime e massime) oltre che della dummy per i giorni festivi e per il mese di agosto, mentre non risulta significativa la presenza di notti tropicali.

Tabella 2 - L'influenza del clima sul pendolarismo di breve periodo: stima ad effetti fissi

	Coefficient	Std. err.	[95% conf.	interval]
notti tropicali	26.01	15.09	-3.58	55.6
d temperature max	-5.86	2.23	-10.24	-1.48
d temperature min	6.13	1.9	2.39	9.86
granpremio	7.16	20.68	-33.38	47.7
weekend	-297.86	6.65	-310.89	-284.82
Gennaio	-32.66	16.2	-64.42	-0.91
Febbraio	-14.86	16.14	-46.5	16.79
Marzo	-5.23	16.19	-36.98	26.53
Aprile	8.95	16.27	-22.95	40.86
Maggio	15.45	16.41	-16.72	47.63
Giugno	-11.42	18.87	-48.42	25.58
Luglio	-27.93	19.83	-66.82	10.96
Agosto	-142.24	18.48	-178.49	-106
Settembre	19.07	16.61	-13.5	51.64
Ottobre	28.58	16.19	-3.17	60.33
Novembre	4.96	16.16	-26.73	36.64
Dicembre	0	(omitted)		
Costante	675.37	12.94	650.01	700.74
LL	-1.884.611.958			
R^2within	0.4332617841			
R^2between	0.08250342039			
R^2overall	0.05921190052			

Fonte: Ns Elaborazioni su dati TIM e Servizio Idrologico Regione Toscana

Per quanto riguarda i segni dei parametri, questi riflettono sostanzialmente le aspettative. Per il differenziale delle temperature massime, il parametro stimato assume segno negativo: essendo i differenziali di temperatura quasi sempre negativi questo implica che, quando il differenziale in valore assoluto aumenta, quindi le temperature in montagna sono molto più fresche che in pianura, si osservano a parità di valori delle altre variabili, più presenze nella piana di persone che hanno pernottato in montagna.

Segno opposto assume invece il parametro per il differenziale delle minime: temperature troppo più rigide nelle ore notturne scoraggiano i pernottamenti in montagna a parità di valori dei controlli. Il parametro per le notti tropicali pur non essendo significativo al 5% mostra il segno corretto: quando in pianura nel giorno precedente si e verificata una temperatura minima superiore a 20° gradi e in montagna no, si osserva un aumento del pendolarismo sulle seconde case di montagna.

In conclusione, i dati non sembrano smentire l'ipotesi di partenza di questo lavoro e cioè che le decisioni di trasferirsi temporaneamente nelle seconde case nei periodi più caldi ma non in quelli più freddi siano influenzate dai differenziali termici tra le zone di pianura e quelle di montagna nel breve periodo: pendolarismo verticale climatico è il termine con cui indichiamo questo fenomeno.

6. Conclusioni

La letteratura che studia le relazioni tra cambiamento climatico e movimenti di popolazione è molto abbondante per i paesi in via di sviluppo, in particolare in connessione agli episodi climatici estremi, meno per quanto riguarda i paesi sviluppati e le migrazioni di breve periodo, che si possono definire di puro adattamento.

In questo lavoro si vuole dunque contribuire a questo specifico filone considerando in particolare gli spostamenti dalle aree a bassi indici altimetrici, più soggette allo stress dell'aumento delle temperature, verso le aree di montagna che nel nostro paese sono certamente "aree interne", ovvero aree caratterizzate da una significativa distanza dai centri di offerta dei maggiori servizi. Migrazioni di medio lungo periodo dalle zone di pianura a quelle di montagna (spostamenti delle residenze) sono state documentate in varie regioni italiane, specie nei sistemi di cosiddetta Metromontagna (Membretti et al. 2023), dove le attività lavorative rimangono nelle zone della piana o nei comuni più grandi si attiva un pendolarismo verticale specifico. Dove, infine, la presenza di seconde case permette un pendolarismo stagionale da parte di soggetti normalmente residenti nella pianura che si trasferiscono nelle seconde case nei mesi estivi, pur continuando a lavorare in pianura, si ha un pendolarismo verticale climatico. Il fenomeno assume una certa rilevanza anche nell'area oggetto di studio, la Metromontagna fiorentino-pratese che continua a vedere un saldo migratorio positivo delle residenze verso i comuni di montagna situati a nord della piana di Firenze e Prato e oggetto di studio in questo lavoro. Questo tipo di mobilità risponde a un complesso mix di determinanti socio-economiche e ambientali, tra cui non ultima la minore vivibilità delle aree delle pianure per il progressivo aumento delle temperature medie estive. Per provare a enucleare questa specifica componente, ci si è focalizzati in questo lavoro sulle mobilità di breve periodo dei periodi estivi - che non è affetta dai fattori di attrazione tipici dei cambiamenti di residenza (possibilità occupazionali, valori immobiliari, vicinanza ai servizi etc)-, individuando un pendolarismo verticale per motivi di studio e lavoro (presenza nella piana nelle ore diurne e

presenza in montagna nelle ore notturne) come reazione di adattamento alla crescita delle temperature nella piana e ai differenziali con le temperature registrate nelle zone di montagna.

A questo fine è stato costruito un dataset originale che considera particolari dati spaziali (quelli di soggetti in movimento) all'interno delle aree di riferimento individuate (la piana e 14 comuni di montagna) e climatici per tutti i comuni dell'area di studio. È stato costruito così un panel di dati bisettimanali per il biennio 2023-2024 che unisce temperature e spostamenti e per cui è possibile verificare se l'aumento delle temperature e delle notti tropicali nella piana, aumenta gli spostamenti pendolari con attività lavorative nella piana e pernottamenti in montagna.

Le analisi di regressione confermano che c'è un aumento delle mobilità verticali nell'area della Metromontagna fiorentino-pratese nei mesi estivi e che l'incremento del pendolarismo verticale giornaliero ha una relazione statisticamente significativa con i differenziali di temperatura tra montagna e piana. I 14 comuni di montagna considerati - l'area interna di riferimento - appaiono relativamente omogenei se valutati rispetto al territorio nazionale o dell'intera regione toscana, ma presentano comunque un certo grado di differenziazione al loro interno, elemento che può essere colto non nell'analisi di regressione ma guardando agli indicatori di resilienza, adattamento e dei rischi idrogeologici così come la dotazione infrastrutturale di trasporto. I comuni hanno inoltre diverse caratteristiche altimetriche e dunque diversi differenziali medi di temperatura con la piana e dunque la scelta delle varie aree risponde sia alle strategie di adattamento sia alla dotazione di infrastrutture e attrattività. Il fenomeno individuato può infatti contribuire a ideare dei sentieri di rivitalizzazione delle aree interne che tengano conto dell'aumento delle temperature, anche investendo sui collegamenti infrastrutturali che possano trasformare il "pendolarismo di adattamento" in presenze più stabili nel medio-lungo periodo.

Bibliografia

Allkurti, A., Pazienza, M. G., & Stefani, G. (2025). *Una base informativa integrata per lo studio delle migrazioni verticali: aspetti metodologici e prime evidenze* (Discussion Paper No. 26/2025). GRINS FOUNDATION.

Arzberger, S., Egerer, M., Suda, M., & Annighöfer, P. (2024). Thermal regulation potential of urban green spaces in a changing climate: Winter insights. Urban Forestry & Urban Greening, 100, 128488.

Barbera, F., & De Rossi, A. (2021). *Metromontagna: Un progetto per riabitare l'Italia*. Donzelli editore.

Bohra-Mishra, P., Oppenheimer, M., & Hsiang, S. M. (2014). Nonlinear permanent migration response to climatic variations but minimal response to disasters. Proceedings of the national academy of sciences, 111(27), 9780-9785.

Bakar, K. S., & Jin, H. (2018). Spatio-temporal quantitative links between climatic extremes and population flows: a case study in the Murray-Darling Basin, Australia. Climatic Change, 148(1), 139-153.

Call, M. A., Gray, C., Yunus, M., & Emch, M. (2017). Disruption, not displacement: Environmental variability and temporary migration in Bangladesh. *Global environmental change*, *46*, 157-165.

Issa R, Robin van Daalen K, Faddoul A, Collias L, James R, Chaudhry UAR, et al. (2023). Humanmigration on a heating planet: A scoping review. PLOS Clim 2(5): e0000214. https://doi.org/ 10.1371/journal.pclm.0000214

Fan, Q., Klaiber, H. A., & Fisher-Vanden, K. (2016). Does extreme weather drive interregional brain drain in the US? Evidence from a sorting model. *Land Economics*, *92*(2), 363-388.

Lybbert, T.J., Sumner, D.A., (2012). Agricultural technologies for climate change in developing countries: policy options for innovation and technology diffusion. Food Policy 37 (1), 114–123.

Membretti A., Tartari G. (A cura di), (2023), Migrazioni climatiche e mobilità interna nella metro-montagna padana. Fondazione Cariplo. Rapporto Finale del Progetto MICLIMI. 119 pp.

Modica, M., & Zoboli, R. (2016). Vulnerability, resilience, hazard, risk, damage, and loss: a socio-ecological framework for natural disaster analysis. Web Ecology, 16(1), 59-62.

Renninger, A., Holubowska, O., & Blanchard, P. (2024). Remote sensing and GPS mobility reveal heat's impact on human activity across diverse climates. *arXiv preprint arXiv:2409.20437*.

Treves A., (1976). Le Migrazioni interne nell'Italia fascista, Torino, Einaudi.

UNCEM (2025). Rapporto Montagne Italia 2025. Istituzioni Movimenti Innovazioni. Le Green Community e le sfide dei territori, Soveria mannelli, Rubbettino.

UNIONE MONTANA DEI COMUNI DEL MUGELLO, (2023). Osservatorio Economico, Nota Statistica Numero 1: Demografia

APPENDICE 1 - I dati spazio-temporali

Ilaria Freddi, Università di Firenze

L'origine dati

Per l'analisi della mobilità tra la Piana fiorentina e i 14 comuni montani individuati per l'analisi, sono stati utilizzati dati di presenza bisettimanali – come conteggio degli agganci alle celle telefoniche - forniti da TIM, compresi tra il 4 gennaio 2023 e il 29 dicembre 2024. Per ogni settimana prevista tra questi due estremi sono stati estratti dati relativi a un giorno feriale (il mercoledì) e un giorno festivo (la domenica), per un totale di 192 giornate.

I dati sono pervenuti da TIM organizzati in cartelle giornaliere[17]. All'interno di ciascuna cartella sono presenti 72 file CSV generati a intervalli di 15 minuti tra le 6:00 e le 23:45 (18 ore complessive). Ogni file contiene dati secondo la seguente struttura: data, comune_giorno_codice, comune_giorno_nome, comune_notte_codice, comune_notte_nome, presenze.

La variabile comune_notte identifica il comune di pernottamento, mentre comune_giorno indica il rilevamento diurno delle presenze.

I dati rappresentano dunque il conteggio delle persone che pernottano nei comuni montani delle province di Firenze e Prato (comuni notte) e che durante il giorno vengono rilevate in altri comuni delle stesse province (comuni giorno). I comuni giorno comprendono tutti i comuni presenti in provincia di Firenze e Prato. I comuni notte sono i comuni montani presenti in provincia di Firenze e Prato: Barberino di Mugello, Borgo San Lorenzo, Cantagallo, Dicomano, Firenzuola, Londa, Marradi, Palazzuolo sul Senio, Rufina, San Godenzo, San Piero a Sieve, Scarperia, Vaiano, Vernio, Vicchio.

Elaborazione dati

Per concentrarsi sulla mobilità nella Piana fiorentina, i dati sono stati filtrati selezionando soltanto i record con comune_giorno corrispondenti ai principali comuni della Piana: Firenze, Sesto Fiorentino, Calenzano, Prato, Carmignano, Poggio a Caiano, Signa, Campi Bisenzio. Successivamente, le presenze sono state aggregate per ciascun comune_notte e intervallo temporale di 15 minuti, sommando i valori relativi a tutti i comuni della Piana.

L'analisi si è focalizzata sui due giorni campione della settimana presenti nella base dati, la domenica e il mercoledì, per complessive 97 e 95 giornate rispettivamente nel periodo considerato, per un totale di 192 giornate. A partire dai dati aggregati per ciascun intervallo temporale di 15 minuti, sono state calcolate medie sia a livello giornaliero sia orario. Il dataset inoltre è stato arricchito con variabili booleane per la stagionalità, che indicano se il periodo è compreso tra giugno e settembre oppure tra luglio e agosto[18], nonché la collocazione temporale nel fine settimana.

[17] Ogni cartella, denominata secondo la convenzione UniFi_Presenze_per_Provenienza_FP_AAAMMDD, rappresenta un giorno.

[18] Stagione estiva 1: giugno–settembre; Stagione estiva 2: luglio–agosto.

Per esplorare le potenzialità dei dati utilizziamo come esempio la rappresentazione grafica dei dati del comune di Firenzuola (figure 1-3).

La prima immagine presenta la distribuzione delle presenze su base oraria in formato tridimensionale: questo consente di visualizzare con dettaglio le fasce di maggiore mobilità, sia per ora del giorno sia per stagione, facilitando l'identificazione dei pattern temporali dell'afflusso dalla montagna alla Piana fiorentina.

In particolare:

- L'asse X (hh:mm): rappresenta l'ora del giorno, dalle 6:00 alle 23:00. Questo asse permette di osservare le fluttuazioni delle presenze durante il giorno.

- L'asse Y (Giorno): indica il giorno di osservazione, da gennaio 2023 a dicembre 2024. L'andamento su questo asse mostra i cambiamenti delle presenze a livello di mesi o stagioni.

- L'asse Z (Sum presenze): misura il numero totale di presenze registrate. La sua altezza indica la quantità di persone presenti in un determinato giorno e a una specifica ora.

La seconda immagine rappresenta l'andamento medio giornaliero delle presenze aggregate per il comune scelto e rende visibile la stagionalità con i picchi estivi, segno di una mobilità potenzialmente legata all'aumento delle temperature nei comuni della Piana.

In questo caso :

- L'asse X (Giorno): indica il giorno di osservazione.

- L'asse Y (mean sum presenze): indica la media sulle ore delle presenze giornaliere nel dato giorno[19].

La terza immagine mostra il confronto tra giorni feriali e festivi, evidenziando come la mobilità tra i comuni montani e quelli della Piana sia più intensa nei fine settimana.

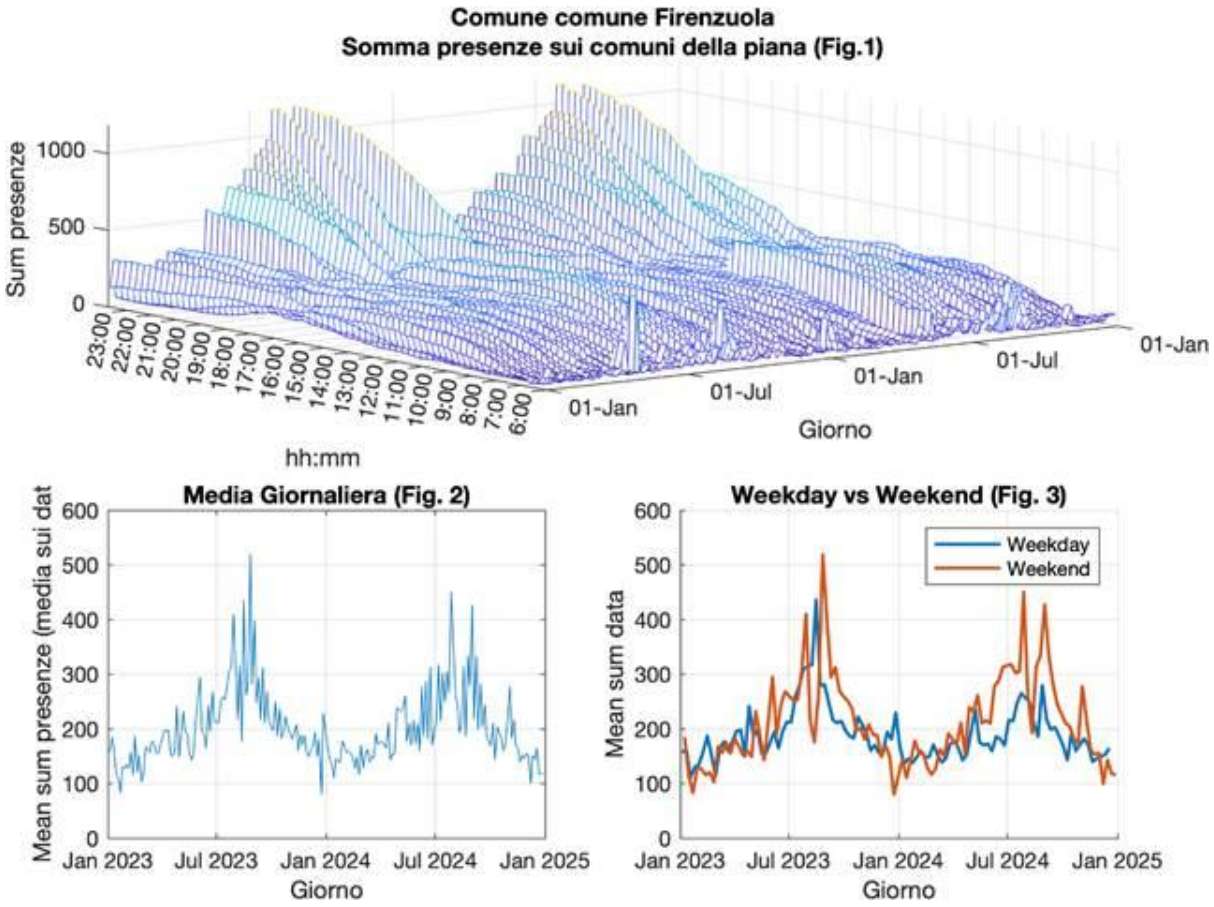
In figura 3:

- L'asse X (Giorno): indica il giorno di osservazione.

- L'asse Y (mean sum presenze): indica la media sulle ore delle presenze giornaliere nel dato giorno.

Figure 1-3 - Rappresentazione delle presenze nel comune di Firenzuola per orario, stagione e tipologia giornaliera

[19] L'asse Y della figura 2 è la media dei valori in asse X della figura 1, per un determinato giorno.



Fonte: Elaborazioni su dati Telecom

APPENDICE 2 – Il Saldo migratorio dalla piana fiorentino-pratese ai comuni dell'area montana circostante dal 2002 al 2024

Anastasia Allkurti

L'origine dei dati

Per l'analisi della mobilità tra la Piana fiorentina e i 14 comuni montani individuati per l'analisi, è stata utilizzata la matrice ISTAT dei cambi di residenza, la quale registra per l'intero territorio italiano le cancellazioni anagrafiche di ogni singolo comune verso un altro comune per gli anni dal 2002 al 2024. La matrice contiene quattro variabili che identificano l'anno di riferimento, il codice del comune dal quale viene effettuata la cancellazione, il codice del comune al quale viene effettuata l'iscrizione e il numero di iscrizioni al nuovo comune dal vecchio comune.

Elaborazione dati

I dati ISTAT sono stati elaborati in prima istanza accorpando i comuni di Firenze, Sesto Fiorentino, Calenzano, Prato, Carmignano, Poggio a Caiano, Signa e Campi Bisenzio, creando un unico codice identificativo che rappresenta l'intera area della piana fiorentina, in modo da avere cancellazioni e iscrizioni che confluiscono in un unico macro comune eliminando quindi i passaggi di residenza interni alla piana. Sono stati invece mantenuti separati i dati dell'area circostante[20] alla piana. Infine, è stato possibile calcolare il saldo migratorio per ogni anno. Nella figura 1 sono rappresentati tre anni a titolo esemplificativo.

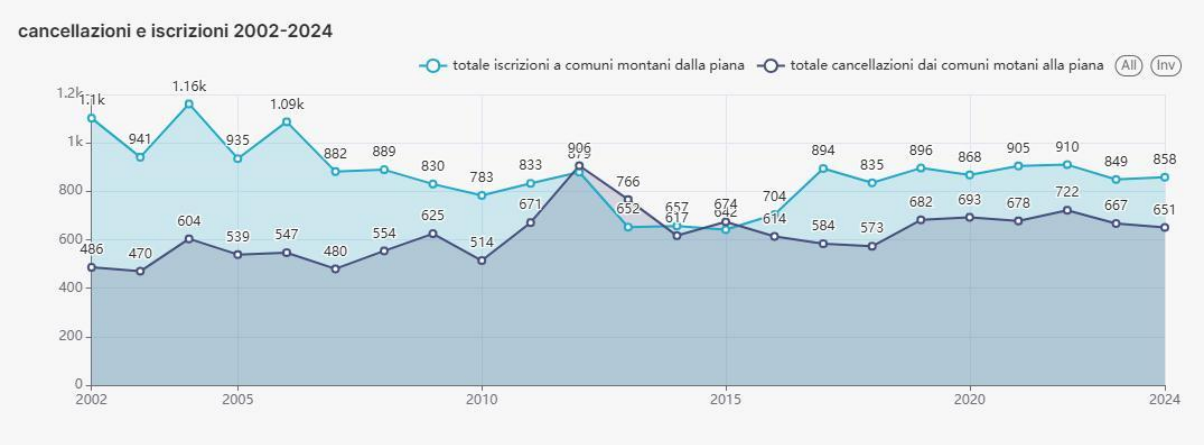
Figura 1 - saldo migratorio area Metromontagna fiorentina

[20] Firenzuola, Palazzuolo sul Senio, Marradi, Barberino di Mugello, Borgo San Lorenzo, Scarperia e San Piero, Dicomano, Vicchio per il Mugello; Londa, Rufina, San Godenzo per Valdarno e Val di Sieve; Vernio, Cantagallo e Vaiano per la Val di Bisenzio

	ISCRIZIONI ALLA PIANA DA COMUNE MONTANO		ISCRIZIONE A COMUNE MONTANO DALLA PIANA		CANCELLAZIONI - ISCRIZIONI dalla PIANA
anno	COMUNE	n. di scrizioni	COMUNE	n. di scrizioni	SALDO
2002	Barberino di Mugello	53	Barberino di Mugello	149	96
2002	Borgo San Lorenzo	68	Borgo San Lorenzo	147	79
2002	Dicomano	20	Dicomano	47	27
2002	Firenzuola	20	Firenzuola	36	16
2002	Londa	28	Londa	31	3
2002	Marradi	4	Marradi	7	3
2002	Palazzuolo sul Senio	2	Palazzuolo sul Senio	3	1
2002	Rufina	30	Rufina	58	28
2002	San Godenzo	3	San Godenzo	22	19
2002	Vicchio	28	Vicchio	97	69
2002	Scarperia e San Piero	46	Scarperia e San Piero	133	87
2002	Cantagallo	22	Cantagallo	75	53
2002	Vaiano	104	Vaiano	175	71
2002	Vernio	58	Vernio	122	64
2013	Barberino di Mugello	65	Barberino di Mugello	67	2
2013	Borgo San Lorenzo	119	Borgo San Lorenzo	90	-29
2013	Dicomano	45	Dicomano	17	-28
2013	Firenzuola	31	Firenzuola	20	-11
2013	Londa	14	Londa	9	-5
2013	Marradi	10	Marradi	3	-7
2013	Palazzuolo sul Senio	1	Palazzuolo sul Senio	2	1
2013	Rufina	46	Rufina	35	-11
2013	San Godenzo	14	San Godenzo	16	2
2013	Vicchio	41	Vicchio	40	-1
2013	Scarperia e San Piero	70	Scarperia e San Piero	45	-25
2013	Cantagallo	47	Cantagallo	61	14
2013	Vaiano	167	Vaiano	173	6
2013	Vernio	96	Vernio	74	-22
2024	Barberino di Mugello	68	Barberino di Mugello	68	0
2024	Borgo San Lorenzo	92	Borgo San Lorenzo	95	3
2024	Dicomano	31	Dicomano	33	2
2024	Firenzuola	18	Firenzuola	43	25
2024	Londa	12	Londa	24	12
2024	Marradi	4	Marradi	11	7
2024	Palazzuolo sul Senio	1	Palazzuolo sul Senio	3	2
2024	Rufina	36	Rufina	60	24
2024	San Godenzo	4	San Godenzo	12	8
2024	Vicchio	25	Vicchio	50	25
2024	Scarperia e San Piero	41	Scarperia e San Piero	72	31
2024	Cantagallo	61	Cantagallo	56	-5
2024	Vaiano	176	Vaiano	215	39
2024	Vernio	82	Vernio	116	34

Fonte: Elaborazione su dati ISTAT

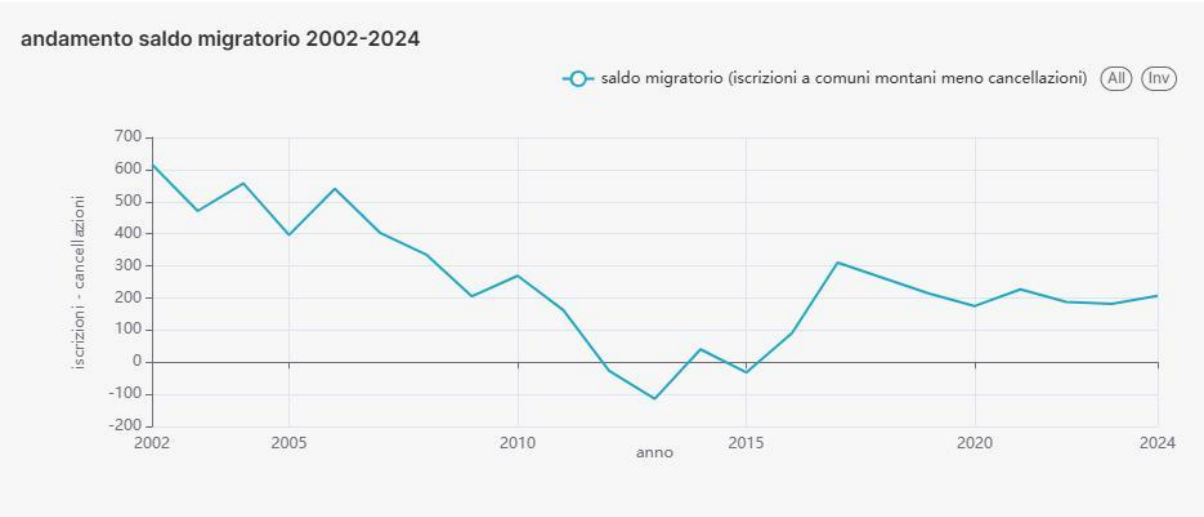
Figura 2 - Cancellazioni e iscrizioni anagrafiche nell'area della Metromontagna fiorentina



Fonte: Elaborazione dati ISTAT

Il grafico seguente (Figura 3), rappresenta il saldo tra le cancellazioni e le iscrizioni dalla piana fiorentina ai comuni montani sotto analisi.

Figura 3 - Saldo migratorio dell'area della Metromontagna fiorentina



Fonte: Elaborazione dati ISTAT

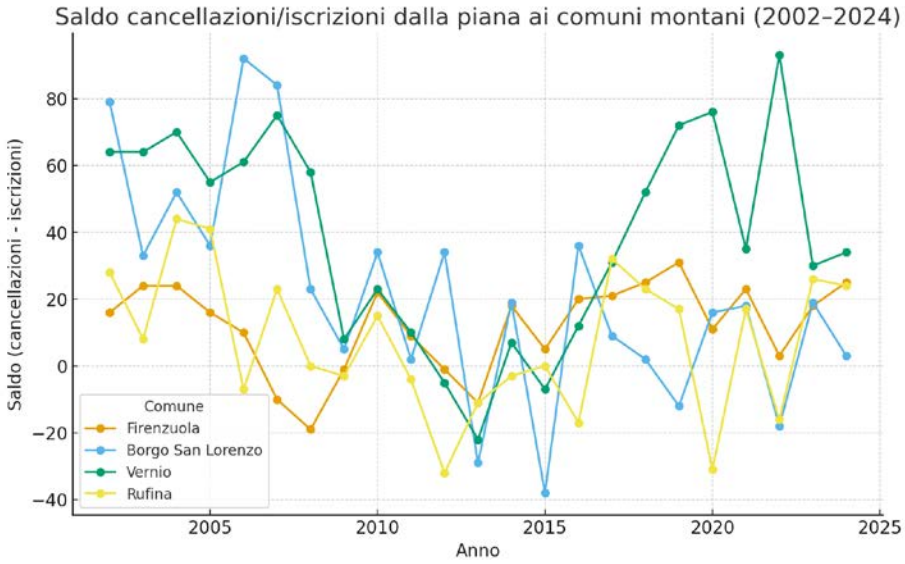
Dai dati si può notare un saldo positivo crescente — cioè un aumento delle iscrizioni dai comuni della piana verso quelli montani — dopo il 2015.
A partire dai primi anni 2000 si osserva un progressivo incremento dei trasferimenti residenziali verso i territori a maggiore altitudine. La tendenza si accentua dopo il 2016 e trova un nuovo picco tra il 2020 e il 2022, in corrispondenza del periodo post-pandemico, coerentemente con il fenomeno di rilocalizzazione verso aree meno dense e più verdi.

Si osserva chiaramente che:

- nei primi anni Duemila il saldo era positivo, con valori relativamente stabili intorno alle 1000 unità l'anno;
- tra il 2008 e il 2015 si registra una contrazione (diminuzione dei flussi verso la montagna) ed il saldo diventa negativo tra il 2012 e il 2015
- dal 2016 in poi emerge una ripresa costante, segno di un rinnovato interesse per le aree collinari e montane, anche in relazione al post-pandemia e a nuovi modelli abitativi.

In sintesi, negli ultimi 10 anni si è verificato un progressivo incremento dei trasferimenti residenziali verso territori di maggiore altitudine, soprattutto nell'ultimo lustro, in linea con i dati presentati recentemente anche nel rapporto Montagne Italia 2025 dell'Uncem (2025).

Figura 4 - Saldo migratorio per comune di ogni area della Metromontagna fiorentina



Fonte: Elaborazione dati ISTAT

Un' analisi disaggregata per i quattro comuni principali — Firenzuola, Borgo San Lorenzo, Vernio e Rufina — nel periodo 2002–2024 conferma che, sebbene con intensità diverse, tutti questi comuni hanno beneficiato di un progressivo aumento dei flussi residenziali dalla piana, soprattutto negli anni più recenti, che riflette un rinnovato interesse per i territori di maggiore altitudine e minore densità, nonché nuove esigenze abitative e di qualità territoriale. I trend sono conformi ai dati utilizzati nel testo che raffigurano le cancellazioni dalla piana ai comuni montani.