

# Borghi

## Introduzione

Studiare il livello di connettività ed accessibilità nelle aree interne (in termini di accesso ai servizi, supporto alla mobilità e alle attività produttive, attrazione di cittadini/visitatori/utenti/clienti, etc.) passa innanzitutto dalla realizzazione di una mappatura dell'esistente in termini di infrastrutture digitali e di trasporti, di servizi sanitari, sociali e culturali e di realtà produttive.

Questo report, in particolare, ha l'obiettivo di descrivere, attraverso strumenti di *data visualization* lo stato attuale dell'infrastruttura dei trasporti pubblici nei territori della Garfagna.

La prima parte è dedicata alla descrizione e introduzione delle tecnologie e strumenti utilizzati per le analisi. Successivamente alla descrizione dei dati utilizzati, sono presentati gli applicativi impiegati per la generazione dei dati mostrati nella visualizzazione.

Nella seconda parte vengono mostrati e discussi alcuni risultati emersi dall'analisi dei dati di trasporto, con l'obiettivo principale di rendere esplicita la situazione in termini di accessibilità tramite trasporto pubblico delle aree della Media Valle Lucchese.

## Raccolta dati

I paragrafi successivi sono inerenti alle tecnologie impiegate per la raccolta e strutturazione dei dati utilizzati. Le prime due sezioni forniscono una descrizione dettagliata dell'utilizzo di dati in formato General Transit Feed Specification (GTFS) e dell'applicazione di OpenTripPlanner (OTP). Nel terzo paragrafo viene trattata la generazione dei dati necessari alla realizzazione dei grafici mediante il software Tableau.

## Orari trasporto pubblico (GTFS)

I dati inerenti alle corse, orari e fermate del trasporto pubblico riguardanti la zona della media valle lucchese sono stati ottenuti utilizzando il servizio OpenData della Regione Toscana<sup>1</sup>. Questi sono disponibili in formato General Transit Feed Specification (GTFS) [1] ampiamente utilizzato per la gestione di questo tipo di informazioni [2][3][4][5]. La struttura interna presenta una suddivisione del contenuto in 7 file:

- Agency: informazioni sulla società di trasporto a cui si riferiscono i dati
- Stops: punti di salita/discesa dei passeggeri (fermate, stazioni)
- Routes: linee di trasporto

---

<sup>1</sup> <https://dati.toscana.it/dataset/rt-oraritb>

- Trips: corse per ogni linea di trasporto
- Stop times: orari di arrivo e partenza ad ogni fermata di ciascuna corsa
- Calendar: calendario di servizio
- Shapes: coordinate (latitudine, longitudine) per disegnare le corse su una mappa

In particolare sono stati considerati i dati relativi al servizio ferroviario del Trasporto Ferroviario Toscano S.p.A., nonché alle linee di autobus urbani ed extraurbani della provincia di Lucca. Queste informazioni sono state selezionate in quanto rappresentano i servizi di trasporto pubblico disponibili nell'area di interesse.

## OpenTripPlanner

Per garantire una rappresentazione completa con la possibilità di interrogare in modo efficace un vasto insieme di dati, è stato scelto di utilizzare il software OpenTripPlanner (OTP)<sup>2</sup>. Lanciato nel 2009, questo strumento è il risultato della combinazione di vari progetti open source dedicati alla gestione e analisi delle reti di trasporto. Realizzato come server Java, OTP ricerca percorsi che integrano segmenti di trasporto multimodale, utilizzando dati provenienti da OpenStreetMap e GTFS, standard aperti e ampiamente accessibili. OTP consente l'accesso a questo servizio tramite un insieme di Application Programming Interface (API) web o mediante diverse librerie client Javascript, compresi moderni componenti modulari progettati per le piattaforme mobili. È ampiamente utilizzato per la gestione di servizi di pianificazione del viaggio a livello regionale e nazionale in tutto il mondo, oltre a essere integrato in numerose applicazioni mobili multi-città<sup>3</sup>. La scelta di OTP è quindi da attribuire alla versatilità e capacità di integrare dati provenienti da diverse fonti [6].

Ogni interrogazione alle API di OTP richiede sia l'orario e punto di partenza e la destinazione. Inoltre, OTP permette la configurazione di un insieme di parametri che forniscono flessibilità al sistema, come ad esempio, la massima distanza percorribile a piedi, o il maggior tempo di attesa ad una fermata.

Tipicamente OTP necessita di dati GTFS per le configurazioni dei servizi di trasporto pubblico e l'integrazione con i dati geografici in formato PBF (Protocolbuffer Binary Format)<sup>4</sup> che contribuiscono ad ottenere una alta precisione e un efficace rappresentazione cartografica all'interno del sistema OTP.

I dati restituiti dal servizio API di OTP presentano i seguenti attributi ai quali sono associati i rispettivi valori:

- fromPlaceName: Nome del comune/frazione da cui inizia il percorso

<sup>2</sup> <https://www.opentripplanner.org/>

<sup>3</sup> <https://docs.opentripplanner.org/en/v2.4.0/>

<sup>4</sup> [https://wiki.openstreetmap.org/wiki/PBF\\_Format](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/PBF_Format)

- fromPlaceCord: Coordinate geografiche del comune/frazione da cui inizia il percorso
- toPlaceName: Nome del comune/frazione da cui finisce il percorso
- toPlaceCord: Coordinate geografiche del comune/frazione da cui finisce il percorso
- date: Data in cui è disponibile il servizio
- time: Orario in cui è disponibile il servizio
- available: Valore booleano che indica se il servizio è disponibile o meno
- duration: Durata espressa in secondi del servizio
- startTime: Orario di partenza del percorso
- endTime: Orario di arrivo del percorso
- walkTime: Tempo del percorso a piedi
- walkDistance: Distanza del percorso a piedi
- transfers: Numero mezzi differenti utilizzati
- url\_to\_watch: Url alla visualizzazione del percorso tramite la dashboard di OpenTripPlanner

## Richiesta e struttura dati di OpenTripPlanner

I dati GTFS utilizzati sono quelli del trasporto extraurbano di Lucca e della rete ferroviaria, mentre i dati PBF sono relativi al centro Italia.

OpenTripPlanner è stato configurato con i dati GTFS del trasporto extraurbano di Lucca e con la mappa in formato PBF del centro Italia. Sulla seguente configurazione sono state eseguite una serie di chiamate alle API cambiando diversi parametri per cercare di comprendere la qualità del trasporto pubblico nell'area della Media Valle Lucchese e della Garfagnana.

Della lista dei parametri che è possibile configurare di OTP, il parametro "searchWindow"<sup>5</sup>, ovvero la durata dal momento della prima partenza disponibile a quello dell'ultima, è stato impostato a 5 ore. Ciò serve a garantire che la ricerca fornisca una finestra di tempo sufficientemente ampia e rappresentativa per coprire il maggior numero di viaggi programmati, inclusi quelli a lunga distanza e a frequenza ridotta.

Inoltre, dei risultati ottenuti per le diverse query effettuate, abbiamo considerato valide solo quelle che contenessero un totale di camminata inferiore ai 2 km considerando come velocità di spostamento pedonale il valore predefinito da OPT che è di 3 Miglia orarie.

Le analisi sono state effettuate interrogando le API di OTP variando:

- Giorno
- Ora del giorno
- Punto di partenza in latitudine e longitudine
- Punto di arrivo in latitudine e longitudine

---

<sup>5</sup> [http://dev.opentripplanner.org/apidoc/2.0.0/resource\\_PlannerResource.html](http://dev.opentripplanner.org/apidoc/2.0.0/resource_PlannerResource.html)

In particolare è stato selezionato un insieme di giorni rappresentativo della situazione di accessibilità tra le varie zone, ovvero un giorno feriale e festivo del periodo autunnale e un giorno feriale e festivo del periodo estivo, nello specifico:

- Mercoledì 3 Luglio 2024
- Domenica 7 Luglio 2024
- Domenica 6 Ottobre 2023
- Mercoledì 9 Ottobre 2023

La selezione di questi giorni è stata fatta considerando che, tipicamente, il servizio offerto dalle agenzie di trasporto pubblico nelle aree interne cambia tra il periodo invernale e quello estivo perché spesso a supporto della mobilità scolastica.

Inoltre, considerare tutte le ore permette di evidenziare maggiormente questo aspetto del legame tra trasporto pubblico e esigenze di mobilità legate agli orari scolastici.

Per quanto riguarda i punti di origine e destinazione abbiamo considerato tutti i comuni della Media Valle e della Garfagnana. Attraverso Google Maps<sup>6</sup> abbiamo estratto latitudine e longitudine di questi comuni considerandole come rappresentative del centro del comune.

Le coordinate sono state utilizzate per le richieste a OTP utilizzandole sia come origine che destinazione.

In Tabella 1 riportiamo la lista dei comuni considerata.

Comuni
Bagni di Lucca
Barga
Borgo a Mozzano
Camporgiano
Careggine
Castelnuovo di Garfagnana
Castiglione di Garfagnana
Fabbriche di Vergemoli
Fosciandora
Galliciano
Lucca
Minucciano
Molazzana
Pescaglia

---

<sup>6</sup> <https://www.google.com/maps>

Piazza al Serchio
Pieve Fosciana
San Romano in Garfagnana
Sillano Giuncugnano
Villa Collemandina

La combinazione dei vari parametri e l'uso delle diverse località come punti di origine e di destinazione ha generato 254 591 richieste a OTP. Al fine di individuare informazioni utili all'interno di questa considerevole mole di dati si sono calcolate alcune aggregazioni per studiare la rete, il numero di spostamenti possibili e altre dimensioni che verranno discusse successivamente.

## Visualizzazione dei risultati

Una volta interrogato il sistema di *journey planner* OTP con le diverse possibili combinazioni dei parametri di input, i risultati di queste interrogazioni sono stati oggetto di ulteriori aggregazioni per permettere un'analisi puntuale di alcune caratteristiche del trasporto pubblico.

In questa sezione verranno presentate le aggregazioni effettuate e le relative visualizzazioni descritte. In particolare, verranno studiati evidenziati casi particolari che potrebbero indicare la necessità di azioni concrete da parte dell'agenzia dei trasporti e dagli amministratori del territorio.

Per la visualizzazione è stato utilizzato il software Tableau che permette la creazione di dashboard di *data visualization* condivisibili sia attraverso un sito web che attraverso l'applicazione reader.

Oltre ad alcuni risultati interessanti individuabile attraverso la dashboard, questa verrà condivisa come prodotto del progetto in formato .twbx accessibile da Tableau Reader.

## Raggiungibilità

Con l'obiettivo di visualizzare in maniera efficace i dati di partenza su una mappa, è stata adottata la strategia di associare a ciascuna area di partenza dei viaggi il comune di appartenenza e le coordinate geospaziali che identificano in modo univoco l'area geografica in questione. Per implementare questa funzionalità, è stato scelto il formato shp, noto anche come shapefile<sup>7</sup>, un'estensione di archiviazione di dati vettoriali sviluppato da Esri<sup>8</sup>. Gli shapefile rappresentano un insieme di file interconnessi e contenenti una Feature Class, che racchiude dettagli sulla posizione, la forma e gli attributi delle aree geografiche.

Questi sono reperibili sul sito web dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT), all'interno della sezione dedicata<sup>9</sup>. L'impiego di questa tipologia di dati contribuisce a migliorare

<sup>7</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Shapefile>

<sup>8</sup> <https://www.esri.com/en-us/home>

<sup>9</sup> <https://www.istat.it/it/archivio/222527>

significativamente la comprensione e l'analisi dei dati di partenza dei viaggi offrodo la possibilità di consultare i dati ottenuti visivamente all'interno di una mappa.

Questa aggregazione di dati è rappresentata In Figura 1, dove viene riportata una rappresentazione dei comuni che possono essere raggiunti dati giorno, orario e comune di partenza. Il colore dei poligoni dei comuni è funzione della durata del viaggio necessario a raggiungerli. Se il poligono non è raggiungibile non appare nella visualizzazione. Inoltre, il grafico è composto da 4 aree, ognuna corrispondente a una giornata considerata nelle interrogazioni a OTP. In alto a sinistra il 3 Luglio, in alto a destra il 7 Luglio, in basso a sinistra il 6 Ottobre, infine in basso a destra il 9 Ottobre. A destra è possibile selezionare il comune di partenza, filtrare una durata desiderata e decidere l'orario di partenza e di arrivo.

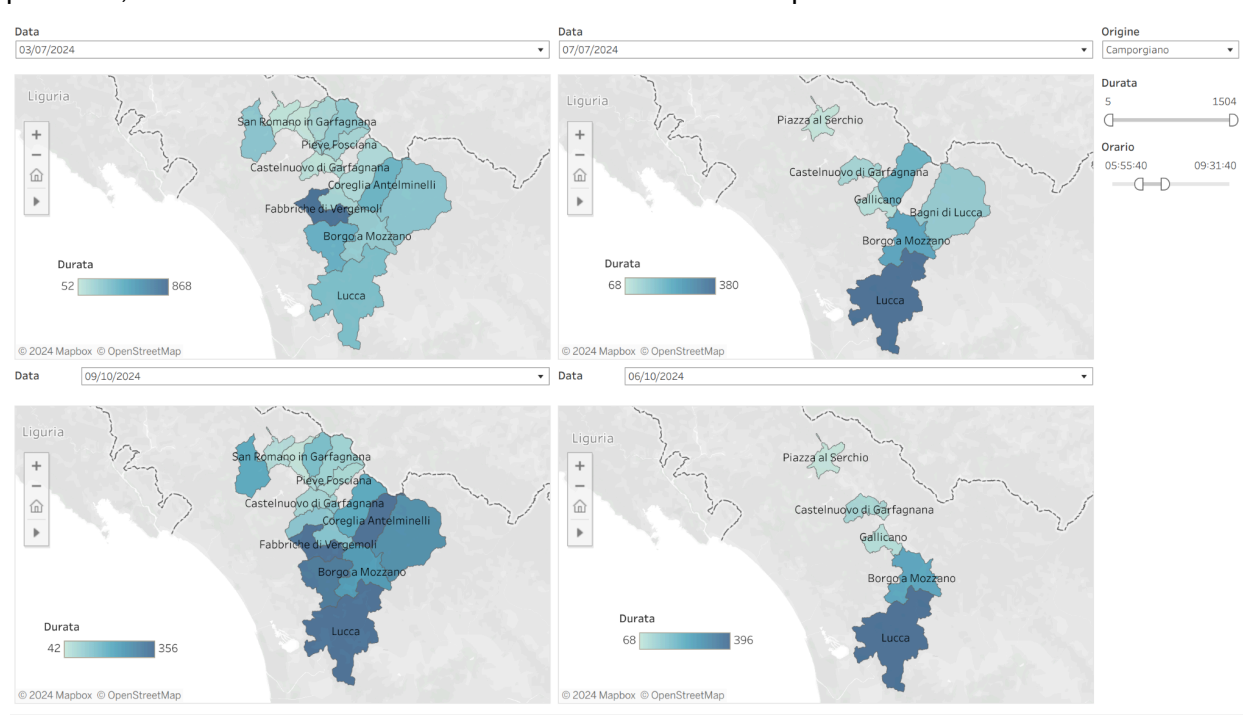


Figura 1. Raggiungibilità

Questa visualizzazione permette di confrontare i tempi di percorrenza necessari per raggiungere i diversi comuni considerando uno comune di origine. Nel caso di Figura 1, ad esempio, il comune di partenza è Camporgiano e l'orario di partenza è tra le 06:00 di mattina e le 09:30. È possibile notare come il numero di comuni vari tra l'orario estivo e quello invernale o scolastico, nel periodo invernale l'area raggiungibile è maggiore. Nei weekend sia estivi che invernali raggiungere altri comuni da Camporgiano sembra essere abbastanza complicato.



Figura 2. Comune di partenza San Romano di Garfagnana

Un caso ben diverso è quello di San Romano di Garfagnana, infatti, l'area raggiungibile nei giorni feriali è ridotta quando si utilizzano i mezzi di trasporti nel periodo estivo rispetto a quello invernale. Nei giorni dei weekend, il servizio pubblico non dà la possibilità di spostarsi dal comune di origine considerando un intervallo di partenza compreso tra le 6 e le 9:30.

## Popolazione e Numero di destinazioni.

Sono stati associati i dati relativi alla popolazione dei singoli comuni delle diverse aree alla loro densità demografica. Abbiamo operato questa aggregazione utilizzando i dati messi a disposizione dalla Regione Toscana nella sezione dedicata all'interno del loro portale web<sup>10</sup>. Questa integrazione ci ha fornito una prospettiva più ricca e approfondita sull'oggetto della nostra indagine. Per esplorare ulteriormente la complessità del contesto, abbiamo introdotto una suddivisione temporale dei percorsi analizzati categorizzandoli in fasce di durata e identificando intervalli temporali specifici: 0-30, 30-60, 60-120, e oltre 120 minuti. Questa suddivisione mira a fornire una visione dettagliata delle diverse tipologie di percorso e consente una valutazione più approfondita delle correlazioni presenti. L'integrazione di dati demografici e temporali contribuisce significativamente alla completezza dell'indagine, fornendo una base solida per analisi e interpretazioni più approfondite che verranno descritte in dettaglio nelle sezioni successive

<sup>10</sup> <https://www.regione.toscana.it/-/unione-dei-comuni-media-valle-del-serchio>





Figura 3. La correlazione tra il numero di destinazioni raggiungibili in massimo 30 minuti da ogni comune e la rispettiva popolazione.

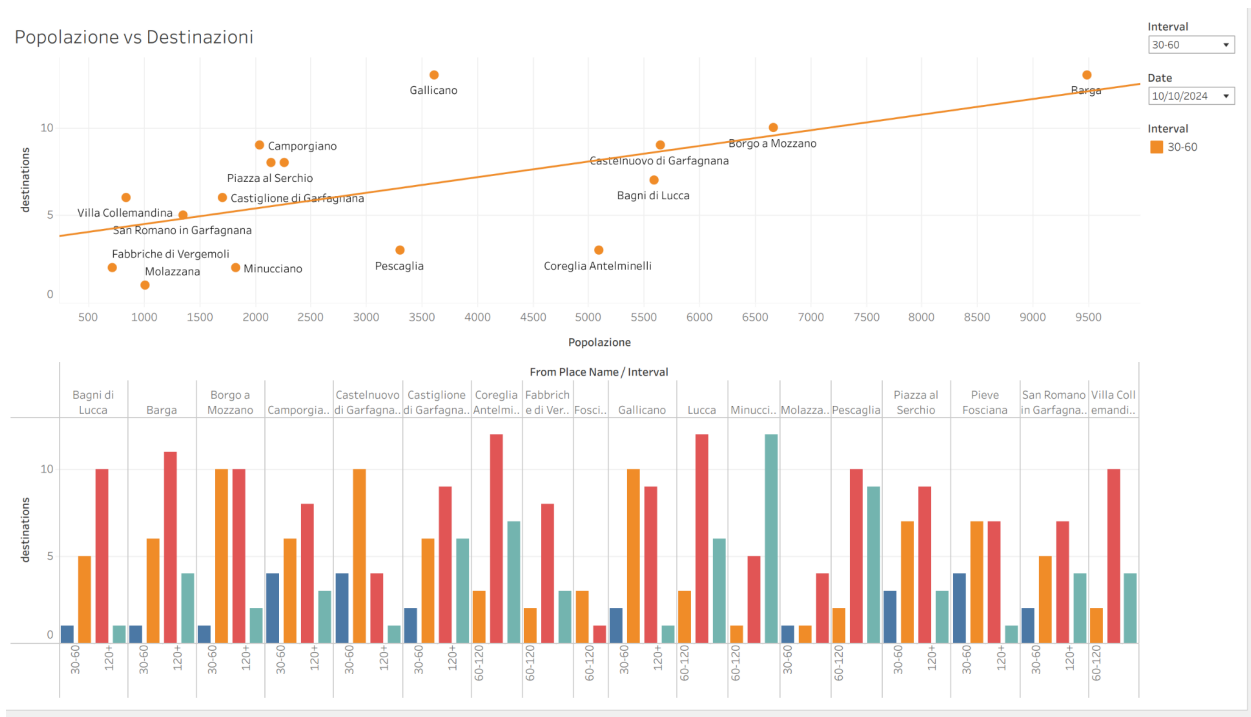


Figura 4. La correlazione tra il numero di destinazioni raggiungibili in massimo in un intervallo tra 30 e 60 minuti da ogni comune e la rispettiva popolazione.

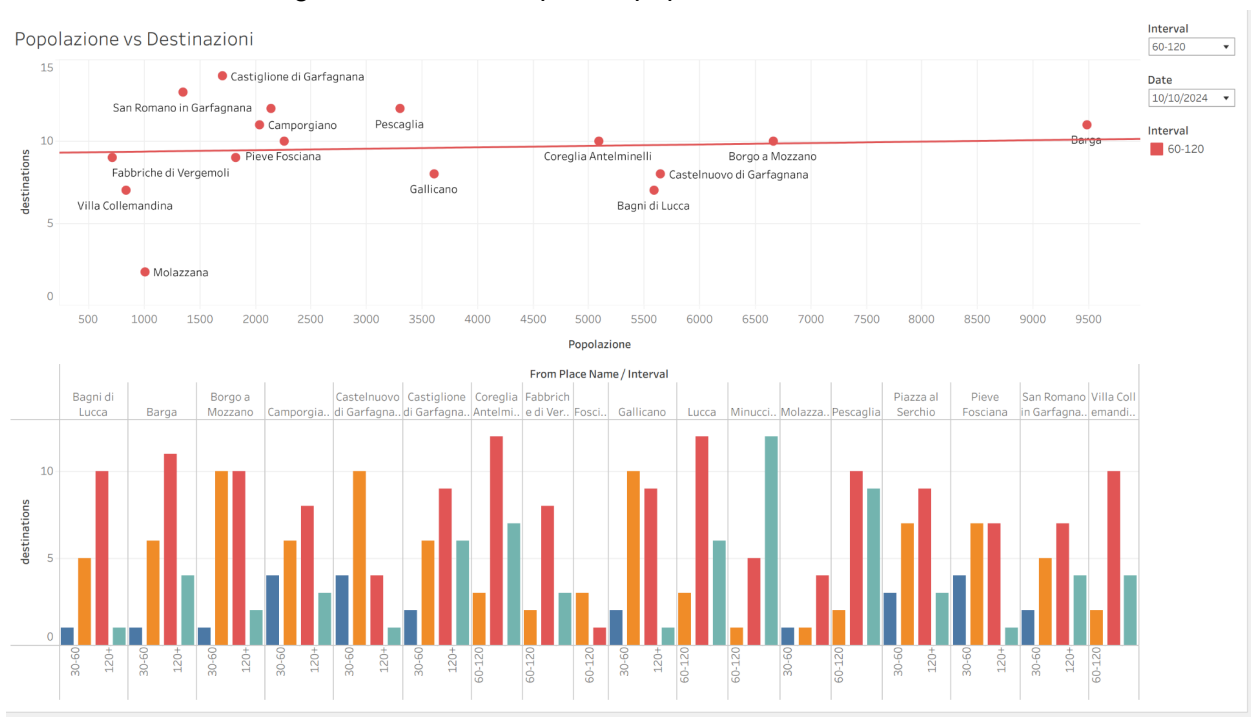


Figura 5. La correlazione tra il numero di destinazioni raggiungibili in un intervallo tra 60 e 120 minuti da ogni comune e la rispettiva popolazione.

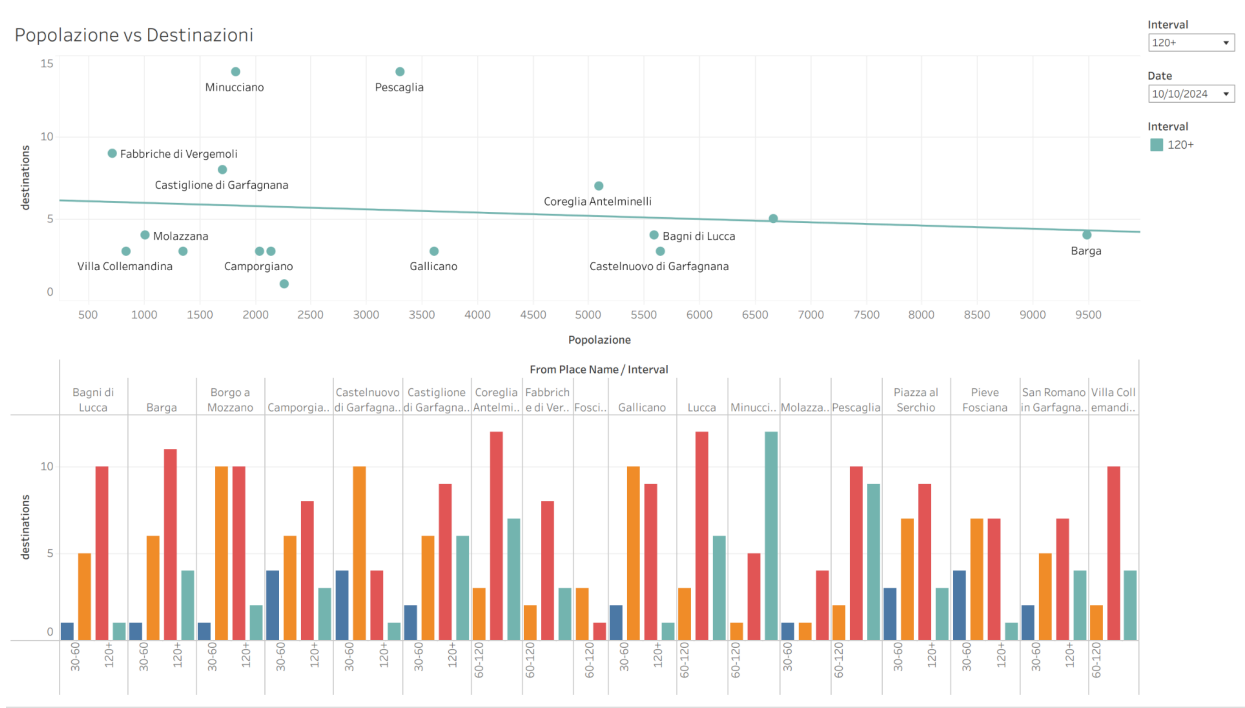


Figura 6. La correlazione tra il numero di destinazioni raggiungibili in più di 120 minuti da ogni comune e la rispettiva popolazione.

Il secondo grafico che compone la dashboard, in basso, mostra, per ogni comune, il numero di destinazioni che è possibile raggiungere in un dato intervallo di tempo. Questo grafico varia in base alla giornata selezionata.

## Rete dei Trasporti

In questo caso, l'aggregazione non è stata effettuata sul file contenente i risultati delle chiamate a OTP, ma direttamente i file GTFS. L'informazione fondamentale derivante direttamente dai dati GTFS riguarda le aree di transito per ciascuna tratta. Ogni stop è stato associato al rispettivo comune di appartenenza tramite le coordinate geografiche fornite nei file contenenti le informazioni sui poligoni (già utilizzati per creare il dataset destinato alla visualizzazione delle aree), quindi è possibile tracciare i passaggi di ogni tratta attraverso i vari comuni. Questo approccio consente di monitorare i flussi di trasporto pubblico all'interno dell'area di interesse, analizzando i comuni di appartenenza dei nodi dei servizi pubblici di trasporto. Questa analisi risulta cruciale per comprendere i servizi più frequenti e le aree terminali del sistema di trasporto pubblico nell'ambito dell'indagine condotta.

Il risultato della visualizzazione è riportato in Figura 7. Abbiamo associato alle coordinate delle fermate il relativo comune e abbiamo ricostruito il grafo considerando i comuni come i nodi e creato un arco tra due nodi se esiste un viaggio che ha fermate che collegano direttamente due comuni. Il colore e la grandezza degli archi è funzione del numero di viaggi che collegano i due

nodi della rete. A destra, inoltre, la dashboard presenta un grafico a barre in sono mostrati comune per comune le possibili destinazione e il numero di viaggi che li collegano. Da questa visualizzazione è possibile notare come ci siano un alto numero di viaggi tra Castelnuovo di Garfagnana e Pieve Fosciana. Molto ben collegate risultano anche Barga con Galliciano e Bagni di Lucca con Coreglia.

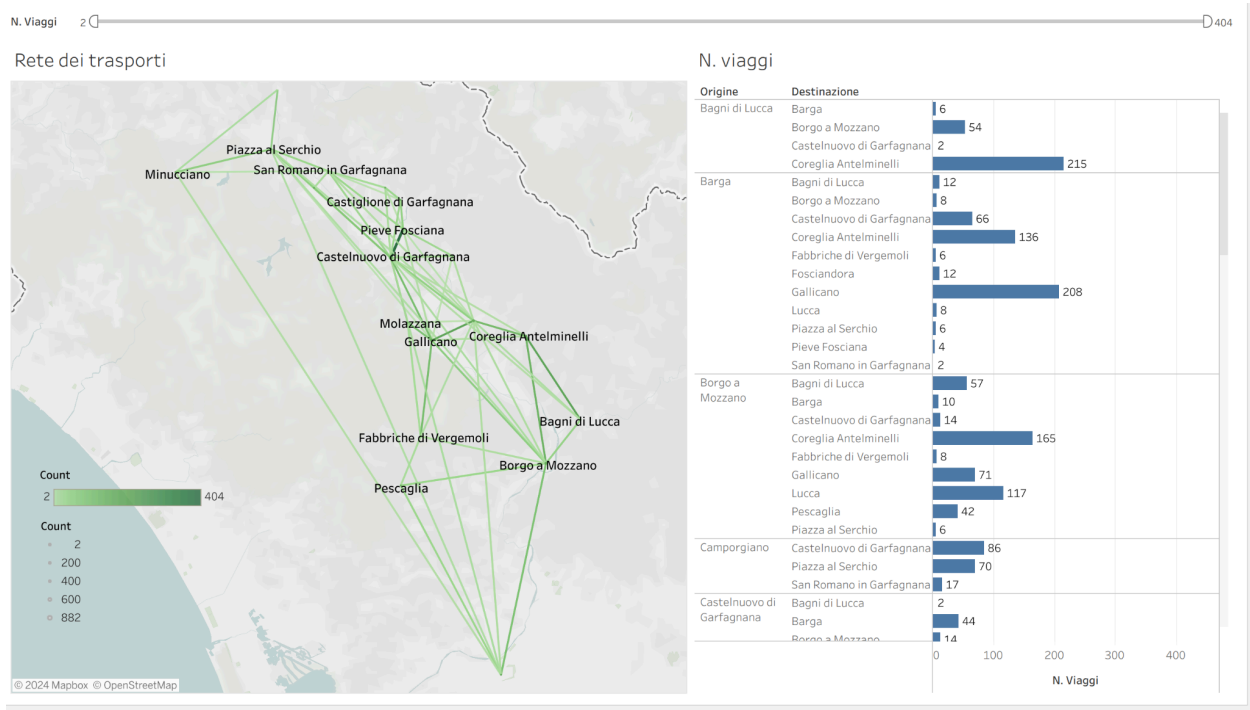


Figura 7. La rete dei trasporti extra-urbani dei comuni della media valle e della garfagnana. Nel grafico di destra vengono riportati il numero di viaggi tra una data origine e le possibili destinazioni.

## Connettività

Questa metodologia di aggregazione si basa sul conteggio delle occorrenze di un particolare itinerario tra due luoghi specifici prendendo in analisi ciascuna delle date selezionate. Questo approccio mira a fornire una visione dettagliata del peso relativo di una tratta specifica nel corso di un'intera giornata. La scelta di esaminare questo tipo di informazioni consente di cogliere le variazioni quotidiane e di comprendere meglio i modelli di viaggio. L'analisi si propone di identificare eventuali fluttuazioni nei percorsi, evidenziando quali tratte siano più frequenti o rilevanti in termini di impiego giornaliero. Tale approfondimento fornisce una prospettiva più completa e dettagliata sulla dinamica di viaggio in esame, consentendo una comprensione approfondita dei comportamenti di spostamento tra i luoghi considerati.

I risultati di tale aggregazione sono riportati nella dashboard presentata in Figura 8, dove vengono mostrate le destinazioni che è possibile raggiungere in 2 ore selezionando il comune di partenza e il giorno. Il grafico unisce l'origine con le diverse destinazioni attraverso una linea il

cui colore e la cui grandezza sono funzione del numero di viaggi che connettono i due punti. Variando il giorno di partenza è possibile notare che ci possono essere differenze tra il periodo estivo e invernale, come ci sia anche una certa differenza tra i giorni della settimana e quelli del fine settimana. Ad esempio,

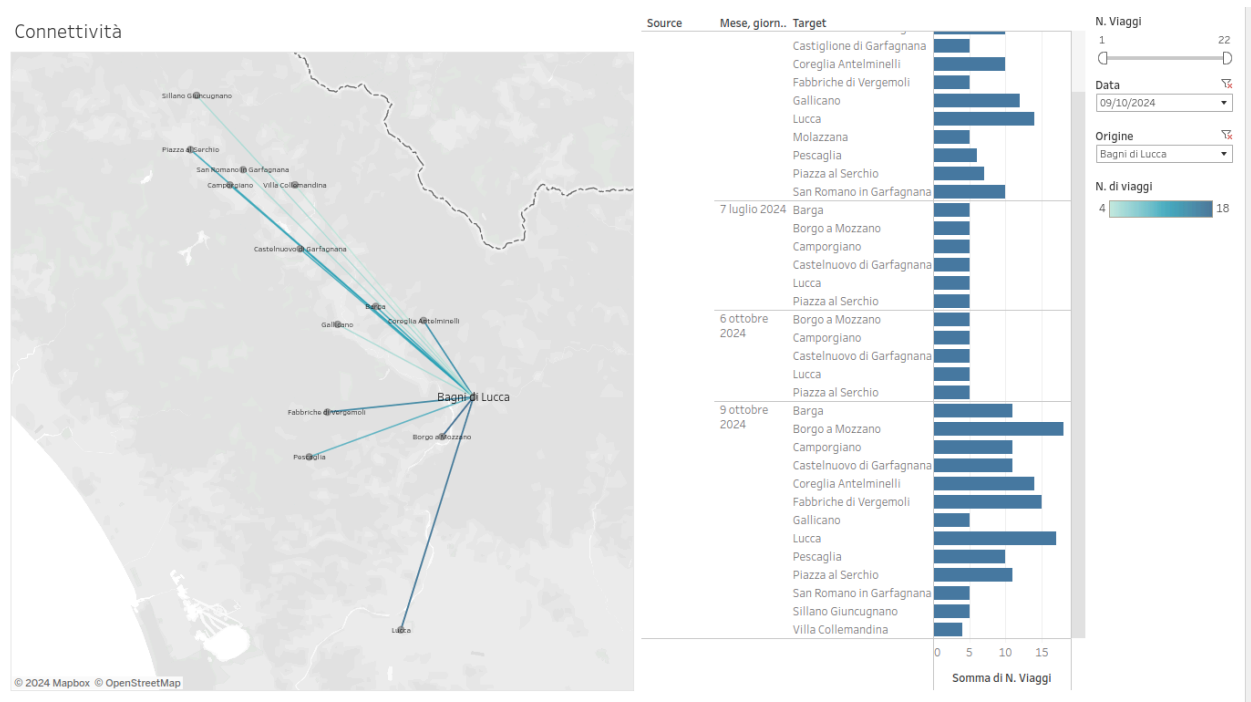


Figura 8. Il grafico riporta le possibili destinazioni che è possibile raggiungere da una origine in uno specifica data. Lo stesso risultato è riportato anche come grafico a barre. In questo esempio possiamo vedere le destinazioni raggiungibili dal comune di Bagni di Lucca come origine. Nel grafico di sinistra possiamo vedere tutte le destinazioni raggiungibili da Bagni di Lucca il 9 di Ottobre e nel grafico di destra come queste variano nei 4 giorni selezionati, in particolare la differenza tra le destinazioni raggiungibili nei weekend e il maggior numero di destinazioni nelle giornate invernali.

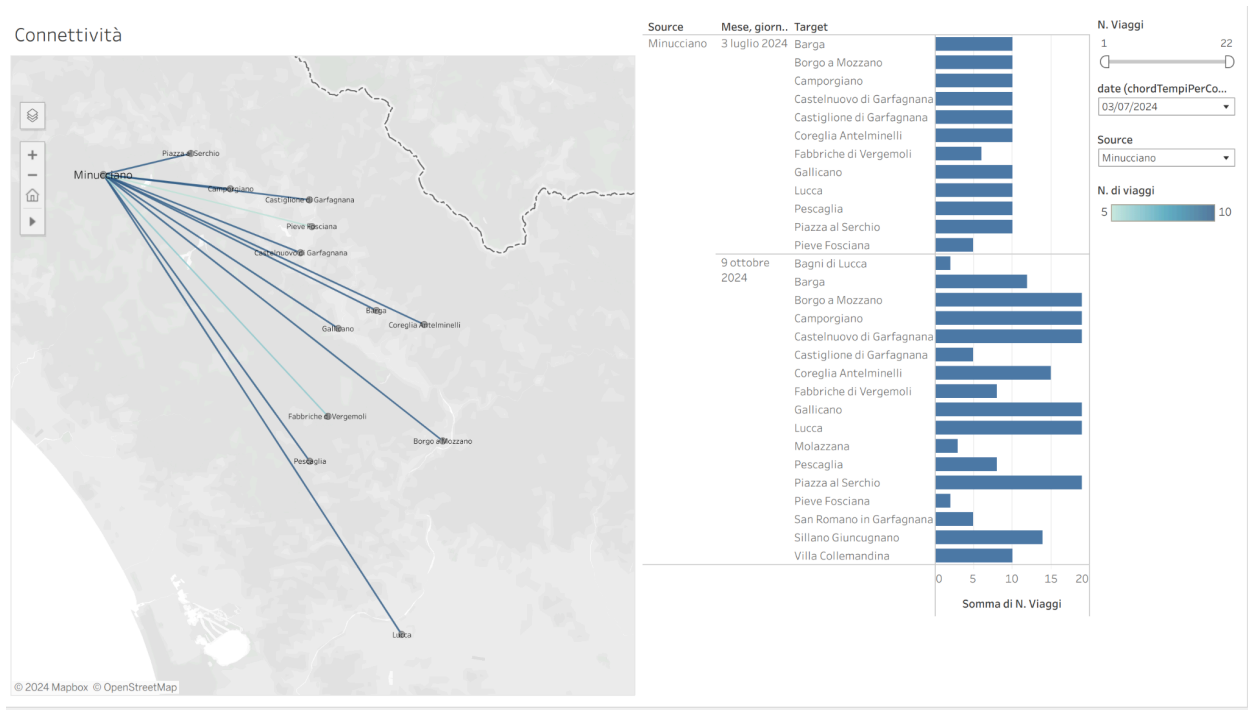


Figura 9. La figura mostra i risultati dell'analisi selezionando il comune di Minucciano. Il grafico a sinistra rende possibile comprendere quali sono le destinazioni raggiungibili. Dal grafico a destra, invece, è possibile notare come manchino i grafici per i weekend e come il numero di viaggi sia maggiore nel periodo di ottobre.

## Bibliografia

- [1] Wong, James C. Use of the general transit feed specification (GTFS) in transit performance measurement. Diss. Georgia Institute of Technology, 2013.
- [2] Nair, Rahul, et al. "Large-scale transit schedule coordination based on journey planner requests." Transportation research record 2351.1 (2013): 65-75.
- [3] Goliszek, Sławomir, and Marcin Połom. "The use of general transit feed specification (GTFS) application to identify deviations in the operation of public transport at morning peak hours on the example of Szczecin." Europa XXI 31 (2016): 51-60.
- [4] ABUSALIM, MAHMOUD. "Accuracy and Effectiveness of GTFS Transit Feeds for Trip Planning in Public Transit Networks." (2020).
- [5] Gaudette, Philippe, Robert Chapleau, and Tim Spurr. "Bus network microsimulation with general transit feed specification and tap-in-only smart card data." Transportation Research Record 2544.1 (2016): 71-80.

[6] Young, Marcus. "OpenTripPlanner-creating and querying your own multi-modal route planner." URL: <https://github.com/marcusyoung/otp-tutorial/raw/master/introotp.pdf> (2018).