

Allegato 4

**Analisi della mobilità
nella Piana Fiorentina
attraverso l'uso di Big Data**

Indice

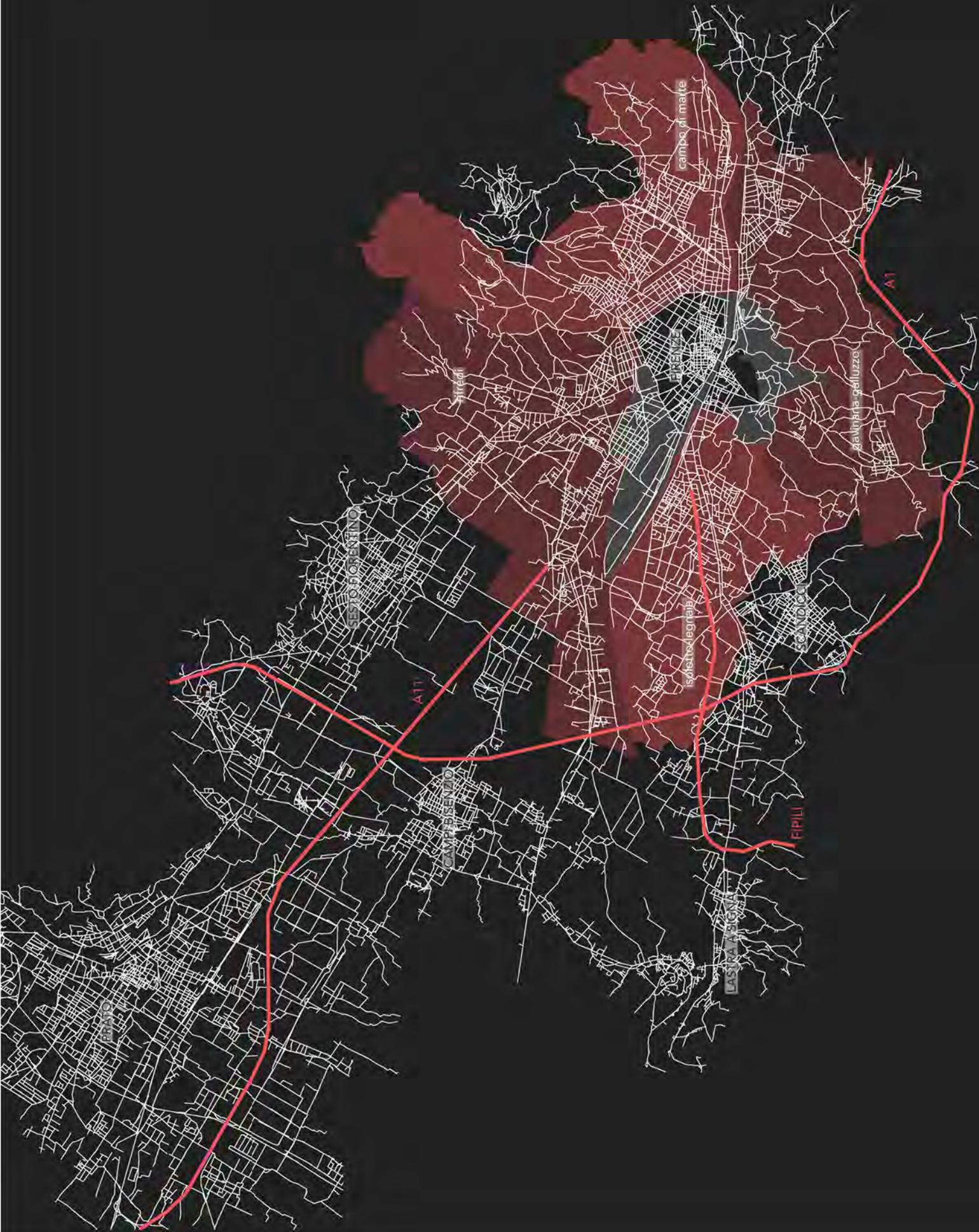
01	La città di Firenze	2
02	Pattern di mobilità	6
03	Autostrada	28
04	Atlante Urbano	32
05	Analisi dei servizi	40

Il lavoro è stato svolto all'interno della collaborazione IRPET-ISTI CNR, nell'ambito dell'Area Economia pubblica e territorio dell'IRPET coordinata da Patrizia Lattarulo.

01 La città di Firenze

Firenze e i suoi dintorni rappresentano la tipica area metropolitana europea caratterizzata da una città con forte pendolarismo con circa 540.000 utenti della città e circa 370.000 residenti.

La città copre un'area relativamente piccola (poco più di 100 km²) rispetto ad un'area metropolitana che comprende 20 comuni circostanti con circa 970.000 residenti. La mobilità dell'area è caratterizzata da circa 690.000 movimenti giornalieri di cui 480.000 al mattino.



LE CARATTERISTICHE DELLA MOBILITÀ

La città si trova sull'asse nord-sud dell'Italia, quindi è toccata dalle più rilevanti reti infrastrutturali e di trasporto.

Firenze è servita da due autostrade: A1 (Milano-Roma) e A11 (Firenze-Pisa); due superstrade: S.G.C. Fi-Pi-Li (Firenze-Pisa-Livorno) e un collegamento autostradale (Firenze-Siena); cinque strade statali che collegano la città a Roma, Bologna, Forlì, Faenza e San Marcello Pistoiese.

La stazione ferroviaria principale di "Santa Maria Novella" si trova nel centro della città, ma in tutta la città di Firenze è possibile contare più di dieci stazioni ferroviarie secondarie.

Le stazioni ferroviarie di Firenze sono organizzate in una struttura gerarchica e classificate secondo il traffico internazionale, nazionale o urbano che ricevono.

Infine, l'aeroporto internazionale Peretola si trova a nord-ovest, a 5 km dal centro della città.

Tre sono i principali accessi al contesto urbano: da nord e da sud uscendo dall'autostrada A1 e da ovest, alla fine della S.G.C. Fi-Pi-Li. La rete di trasporto urbano è organizzata in una struttura radiale dove le strade di penetrazione locale sono collegate da vie di bypass (strade anulari) a quattro o sei corsie.

Il centro della città è chiuso al traffico, anche se autobus, taxi e residenti sono ammessi con permessi appropriati. Questa zona è comunemente indicata come ZTL (Zona Traffico Limitato), suddivisa in tre sottosezioni.

La principale rete di trasporto pubblico all'interno della città è ge-

stata da ATAF & Linea, società operante con più di 500 autobus. L'offerta della società è di circa 90 linee, tra cui 10 linee forti che coprono circa il 50% della domanda totale dei passeggeri.

La flotta urbana di trasporto pubblico presenta diversi veicoli dotati di sistema alternativo di rifornimento. In particolare, il 40% dei veicoli Ataf & Linea che servono la domanda di trasporto pubblico urbano sono alimentati con il bio-metano. Secondo la strategia della città nel ridurre l'inquinamento atmosferico e con l'offerta dell'azienda di un servizio ecocompatibile, la percentuale di veicoli ad alimentazione alternativa è crescente.

A causa dell'alto livello di inquinamento atmosferico e del traffico nella città, è in costruzione una rete urbana di tram. La prima linea esistente parte da Scandicci a sud-ovest fino al lato occidentale della città, attraversando il fiume Arno in prossimità del parco delle Cascine e arrivando alla stazione ferroviaria principale di Santa Maria Novella, spostando fino a 13 milioni di passeggeri all'anno.¹

Altre due linee, che collegano la stazione principale con l'ospedale Careggi e l'Aeroporto di Peretola, sono in costruzione.

I veicoli della tramvia sono i principali veicoli elettrici che operano a Firenze, 100% ecologici.

Trenitalia (la prima compagnia ferroviaria italiana) svolge un ruolo importante nel trasporto pubblico urbano. Ci sono diverse stazioni importanti, come ad esempio Campo di Marte e Rifredi, collegate direttamente a Santa Maria Novella che aiutano la distribuzione dei pendolari di tutta la città di Firenze.

Al fine di rafforzare i trasporti pubblici, attualmente è attiva una politica di biglietteria integrata. L'integrazione di biglietteria è sta-

¹ City of Florence, Actual Mobility Context:

<http://sdr.ados.gov.pl/Documents/Wizyty/W%20C5%82ochy/City%20of%20Florence%20Actual%20Mobility%20Context.pdf>

ta sviluppata tra i principali bus manager Ataf & Linea, tra cui le linee urbane e suburbane (Lotto I, Lotto II, Lotto III) e il gestore "Tramvia" Gest.

Inoltre, un'integrazione extra-urbana di biglietteria denominata "Pegaso" è attuata dalla regione Toscana: i proprietari di abbonamenti Pegaso sono autorizzati a utilizzare ogni tipo di trasporto che collega due città fisse nella rete della Toscana; l'abbonamento può includere i mezzi pubblici all'interno della città di partenza/città di arrivo.

Un servizio di car-sharing è attivo con diverse stazioni che si trovano in tutta la città, l'accesso di questi veicoli è consentito anche nelle zone ZTL. La rete di mobilità comprende circa 80 km di piste ciclabili, principalmente situate nel vecchio centro città e dintorni. Nella città di Firenze è presente un servizio di noleggio e scambio di biciclette e le stazioni principali sono: Santa Maria Novella, Campo di Marte, Rifredi, Piazza della Libertà, Piazza della Calza e Piazza di Castello.

Per ridurre l'uso delle auto vengono attuate le politiche Park & Ride. Parecchi parcheggi si trovano lungo le principali arterie che entrano nel centro della città: parcheggio di Castello, Rovezzano e Viale Europa sono collegate alle uscite autostradali A1; Parcheggio di Via del Cavallaccio e San Lorenzo a Greve sorgono intorno alla fine della superstrada Fi-Pi-Li; altri parcheggi sono situati a Firenze Salviati e (in futuro) a Villa Costanza che saranno collegati al terminal "Tramvia".

La rete di mobilità della città di Firenze rappresenta un sistema molto complesso, dove un equilibrio instabile regna tra i vari livelli

di mobilità. Una particolare caratteristica del trasporto nella città di Firenze è rappresentata dall'alto numero di auto private: la quota è maggiore delle persone che viaggiano in autobus e tre volte il numero di visitatori che arrivano in treno.

Firenze è anche caratterizzata da un elevato numero di pendolari (i movimenti interni rappresentano da soli il 57% del totale) e un limitato utilizzo dei mezzi pubblici (il 56% delle vetture sulla rete cittadina durante la mattina proviene dall'esterno della città).

Per gestire una domanda così forte a causa della struttura radiale della rete di trasporto urbano, i fenomeni di congestione sono rigorosamente e direttamente collegati al livello di servizio dei bypass; per questo è necessario sottolineare la necessità dell'attuazione di un sistema di monitoraggio dei flussi di traffico e di un centro operativo, fornendo agli utenti numerose informazioni di mobilità e creare adeguati piani di controllo.

02 Pattern di mobilità

Il presente studio cerca di indagare le particolarità della città metropolitana di Firenze da un punto di vista della mobilità che impatta sull'area fiorentina.

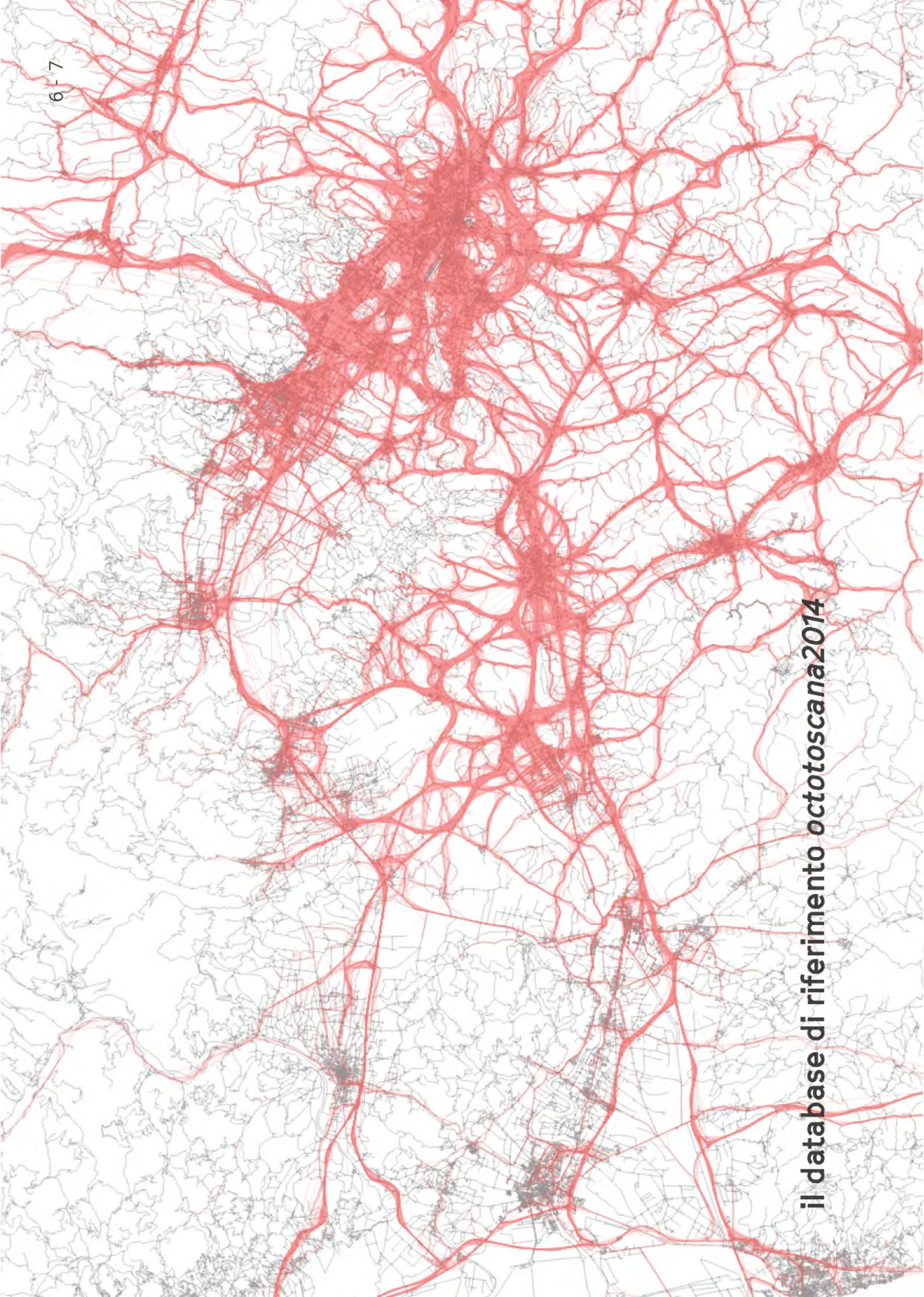
L'approfondimento nell'uso di grandi collezioni di dati di mobilità, capace di aiutare nel processo decisionale relativo alla gestione dei flussi e dei trasporti, rivela il potere analitico dei big data di mobilità. Le più diffuse base conoscitiva per l'ingegneria dei trasporti, come le matrici origine/destinazione, sono basate su grandi collezioni di dati raccolti per mezzo di sondaggi e interviste. Non è ovvio che dati come quelli che saranno utilizzati in questo progetto possano sopperire ai limiti dei sondaggi, limiti come il costo elevato, la incostante periodicità, obsolescenza, incompletezza e imprecisione. D'altro canto i dati rilevati automaticamente in tempo reale da dispositivi di localizzazione sono sì campionati fedelmente e con precisione ma mancano di contesto e significato.

A questo proposito si illustrano i risultati di una ricerca condotta sulla base di dati GPS rilevati da auto private concentrati sulla città di Firenze. I dati GPS consistono nella sequenza di rilevamenti spazio-temporali dei veicoli sui quali il dispositivo di posizionamento è installato. Tale dispositivo si occupa di ricostruire la posizione geografica del veicolo in modo continuo, comunicandola regolarmente alla centrale e seguendo alcune regole per la riduzione del

traffico di informazioni. L'accensione e spegnimento del dispositivo è automatica e contemporanea a quella del veicolo, per cui il tracciamento avviene senza discontinuità. Per condurre l'analisi di mobilità occorre elaborare il dato grezzo trasformando le coordinate geografiche in geometrie per permettere un'analisi dei dati più agevole e lineare; in particolar modo in questo caso si parla di traiettorie rappresentate da un inizio (startpoint) e una fine (endpoint) rappresentato su un piano adeguatamente referenziato con un sistema di riferimento: WGS84.²

L'obiettivo principale sarà quello di trovare risposta ad alcune delle domande più stimolanti a proposito dei comportamenti di mobilità, come ad esempio: quali sono gli itinerari più comuni seguiti dalle traiettorie e qual è la loro distribuzione spazio-temporale? Come si comportano le persone in prossimità di grandi attrattori come stazioni, aeroporti? Come si può comparare la mobilità privata a quella pubblica per capire come si possono soddisfare al meglio i bisogni degli utenti? Come si possono distinguere i residenti dai visitatori solo attraverso la distribuzione delle traiettorie nello spazio e nel tempo? Si cercherà di affrontare questi quesiti attraverso l'approfondimento e l'interpretazione delle tecniche di geodata mining.

² WGS84 (sigla di World Geodetic System 1984) è un sistema di coordinate geografiche geodetiche, mondiale; basato su un ellissoide di riferimento elaborato nel 1984.



il database di riferimento octotoscana2014

FONTI DATI

Le analisi sono state effettuate sul database *octoscano2014*, che raccoglie dati di circa 250000 veicoli, per 18873517 traiettorie, registrati dal 26/01/14 al 16/03/2014, all'interno della regione toscana. Considerando soltanto le traiettorie che interessano l'area vasta di Firenze come punto di arrivo o di partenza, il dataset consiste in 3770030 osservazioni per 57676 veicoli. Solitamente lo scopo principale della raccolta di questi dati è a scopi commerciali e al momento sono principalmente rivolti alle società assicurative che offrono ai propri clienti condizioni agevolate in cambio dell'adozione del dispositivo di tracciamento. OctoTelematics è l'azienda che si occupa del tracciamento di una flotta di veicoli tramite dispositivi GPS che ha fornito al KDD Lab un campione di tali dati relativo all'area fiorentina.

Per integrare i dati di mobilità sono stati utilizzati i dati Istat 2011 che riguardano i rilevamenti del 15° Censimento della popolazione e delle abitazioni. La collezione dei dati del censimento ISTAT 2011 fornisce un'immagine della popolazione e delle abitazioni del nostro paese: la popolazione residente distinta per sesso, la popolazione presente, i cittadini stranieri residenti e non residenti, le famiglie, gli edifici e le abitazioni, occupate e non occupate, nonché gli spostamenti sistematici per studio e lavoro.

Il censimento è uno strumento fondamentale per fotografare il paese ogni 10 anni, cogliendone, a livello microterritoriale, le caratteristiche e, nel confronto con gli anni precedenti, le trasforma-

zioni da un punto di vista demografico e socio-economico. L'indagine fornisce informazioni anche su gli edifici ad uso abitativo e, limitatamente ai centri abitati, anche di quelli ad uso non abitativo. Nel contesto specifico della mobilità, i dati censuari sono tipicamente utilizzati per studiare i flussi e gli spostamenti sistematici sul territorio. Il censimento infatti raccoglie anche dati sul primo spostamento della giornata per studio o lavoro con associata l'informazione del mezzo di trasporto, della destinazione e del tempo di percorrenza.

Il dati ISTAT 2011 riguardano 3.672.202 cittadini residenti in Toscana, pari a 1.569.378 famiglie; circa 321.800 di stranieri; circa 890.257 di edifici e di 1.921.439 abitazioni. Per le analisi del progetto sono stati selezionati i residenti del comune di Firenze per un totale di 43.193 persone e 22.567 famiglie. Il Numero di sezioni censuarie in Toscana è 28917, di cui 2187 solo su Firenze.

Di particolare utilità si rivela la matrice origine e destinazione dei movimenti pendolari della popolazione: contiene i dati relativi ai residenti toscani (2011) in famiglia che hanno dichiarato di recarsi giornalmente al luogo abituale di studio e di lavoro, partendo dall'alloggio di residenza e di rientrarvi. Le persone sono classificate oltre che per motivo dello spostamento, per il sesso, il mezzo di trasporto utilizzato, la fascia oraria di partenza e la durata del tragitto. Le variabili mezzo di trasporto utilizzato, fascia oraria di partenza e durata del tragitto sono state rilevate con metodo campionario. Sono compresi anche i residenti non toscani che si recano giornalmente per motivi di studio e di lavoro in un comune della Toscana.



PRATO

CALENZANO

SESTO FIORENTINO

CAMPI BISENZIO

FIRENZE

LASTRA A SIGNA

SCANDICCI

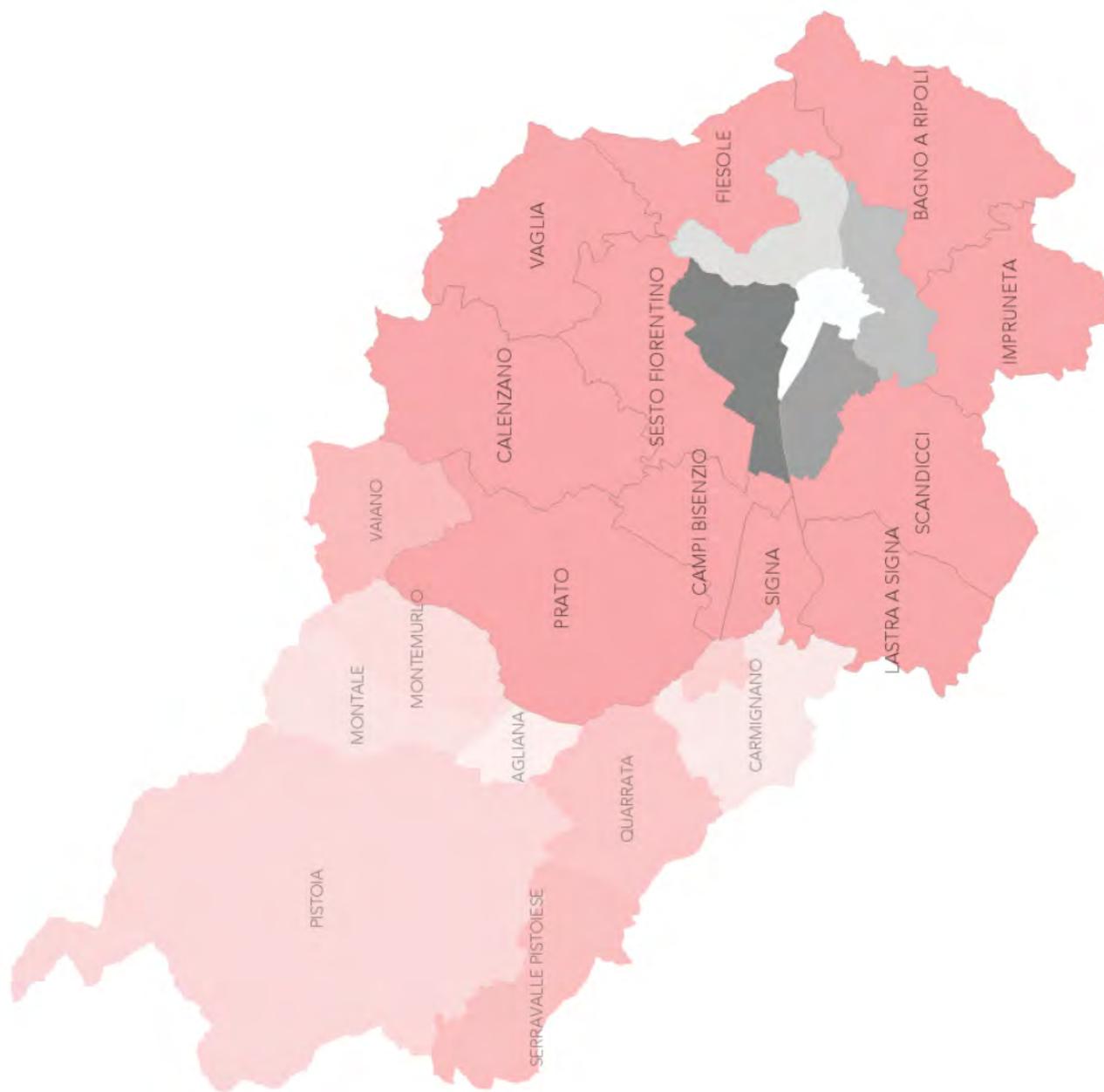
il sistema insediativo della piana fiorentina

AREA FIORENTINA

Da un primo sguardo alla espansione insediativa è chiaro come il territorio Fiorentino, come prevedibile, abbia il maggior impatto antropico proprio nel centro cittadino; è inoltre visibile una certa espansione verso la zona ovest e sud-ovest.

Nella mappa a fianco si identifica in grigio il territorio del comune di Firenze diviso per quartieri; in rosa scuro i comuni di prima cintura e nelle tonalità più chiare il territorio extra urbano, fuori dai confini della città metropolitana, che hanno una forte relazione funzionale con il territorio fiorentino.

In sintesi la suddivisione del territorio è data da Firenze più i comuni di prima cintura: Firenze, Campi Bisenzio, Sesto Fiorentino, Fiesole, Bagno a Ripoli, Impruneta, Scandicci, Lastra a Signa, Signa, Calenzano, Vaglia, ai quali è stato aggiunto anche Prato per la sua forte relazione con la città. Inoltre i comuni di seconda cintura: Carmignano, Montemurlo, Poggio a Caiano, Vaiano, Agliana, Montale, Pistoia, Serravalle Pistoiese, Quarrata. Quest'ultima definisce un'area sovra-comunale che si estende sul territorio delle tre provincie di Firenze, Prato, e Pistoia (quest'ultima definizione è spesso utilizzata nelle analisi sulla valutazione di impatto dei servizi di trasporto pubblico).



comuni di prima e seconda cintura

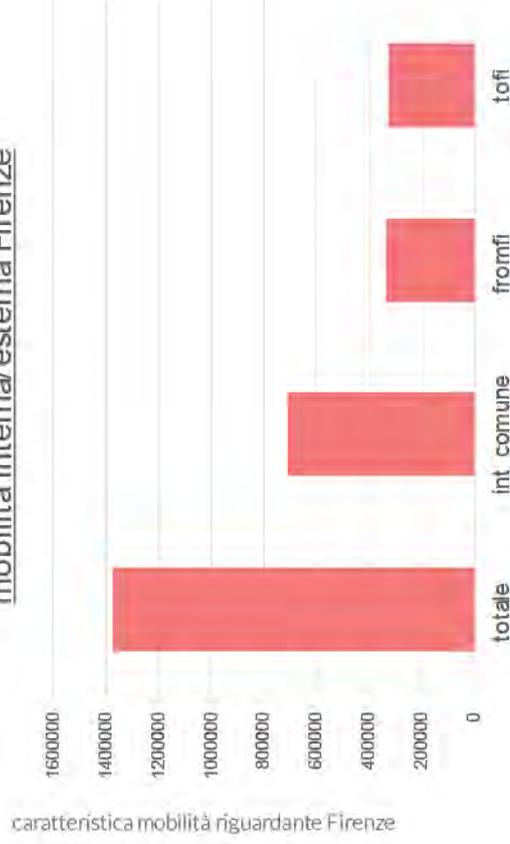
MOBILITÀ VEICOLARE

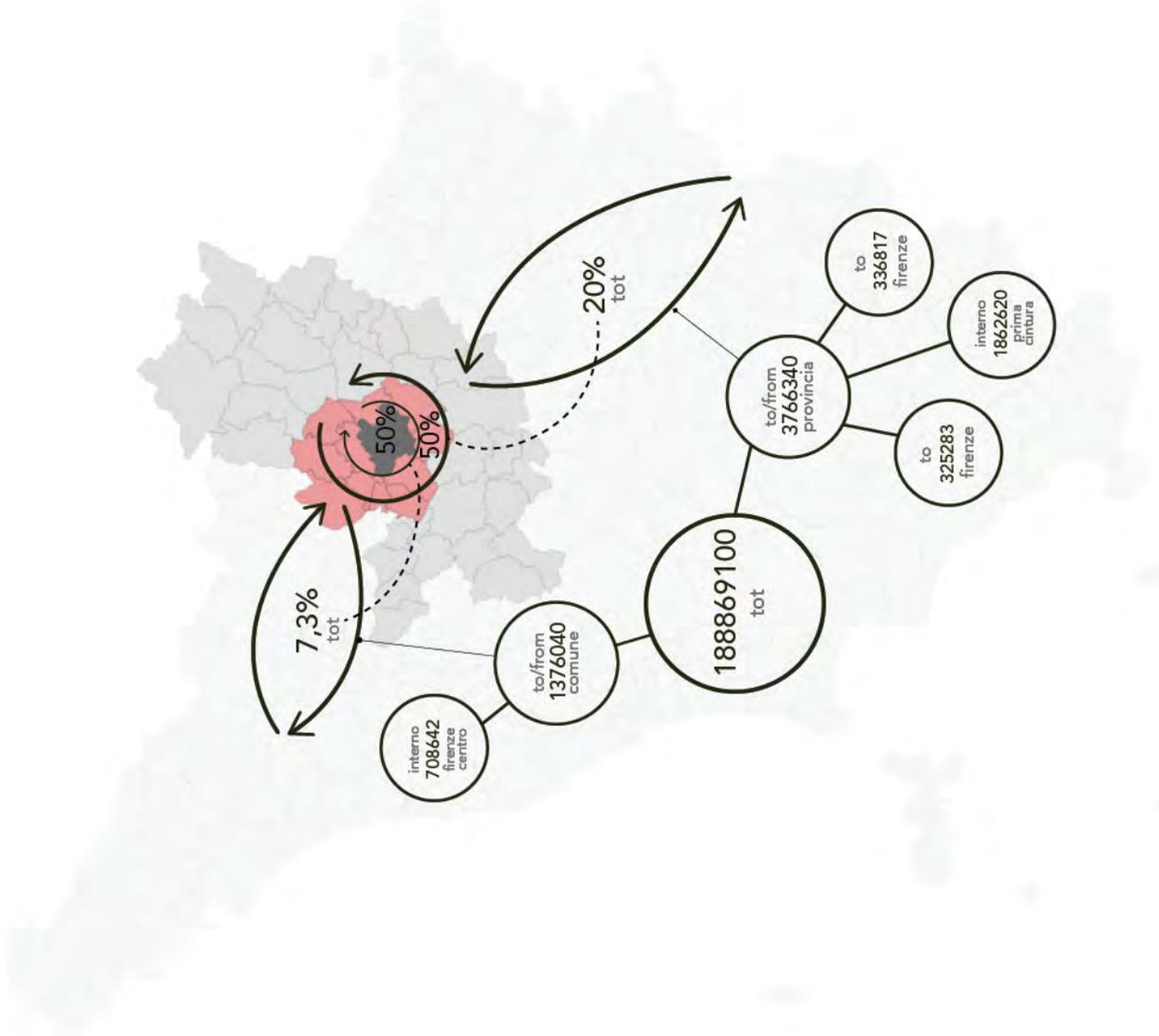
Da una prima analisi delle traiettorie del database toscano che incidono sull'area metropolitana di Firenze si isolano le traiettorie in entrata e in uscita dall'intera provincia che rappresentano il 20% del totale per 60000 utenti. Le traiettorie che riguardano invece solo l'area comunale sono circa il 7,3% del totale. Dall'analisi di queste emerge che la maggior parte del traffico è generato proprio all'interno dei confini comunali della città (708642 traiettorie, 51,7% sul totale). Mentre il traffico in uscita sembra essere maggiore (336817 traiettorie, il 24,7%) rispetto a quello in entrata (325283, 23,8%). L'andamento rimane costante considerando anche il traffico allargato ai comuni di prima cintura, allo stesso modo le traiettorie interne sono 1862620, cioè circa il 50% del totale.

Questi primi dati sembrano suggerire una generale movimentazione verso l'esterno della città. Si deve notare, per una giusta interpretazione del dato, che i flussi qui rappresentati sono costituiti sia dalle traiettorie generate durante la settimana lavorativa che nel fine settimana. Per quanto riguarda invece la mobilità nel suo complesso tale dato permette di avere una prima base informativa che tiene conto del contributo delle varie aree di influenza. Il riferimento qui è ai cambiamenti funzionali indotti dai recenti interventi sulla struttura della città e della sua cintura orientati in direzione di una più marcata specializzazione funzionale del territorio. Ciò significa sostanzialmente che è in atto una separazione tra luoghi di residenza, luoghi di lavoro, e di svago con ripercussioni sulla mo-

bilità e sui flussi in ingresso e in uscita dal capoluogo. Da ciò deriva tanto l'aumento di mobilità tradizionale che avviene cioè per motivi di studio o di lavoro quanto di quella legata al tempo libero e allo svago.

mobilità interna/esterna Firenze





schema mobilità toscana

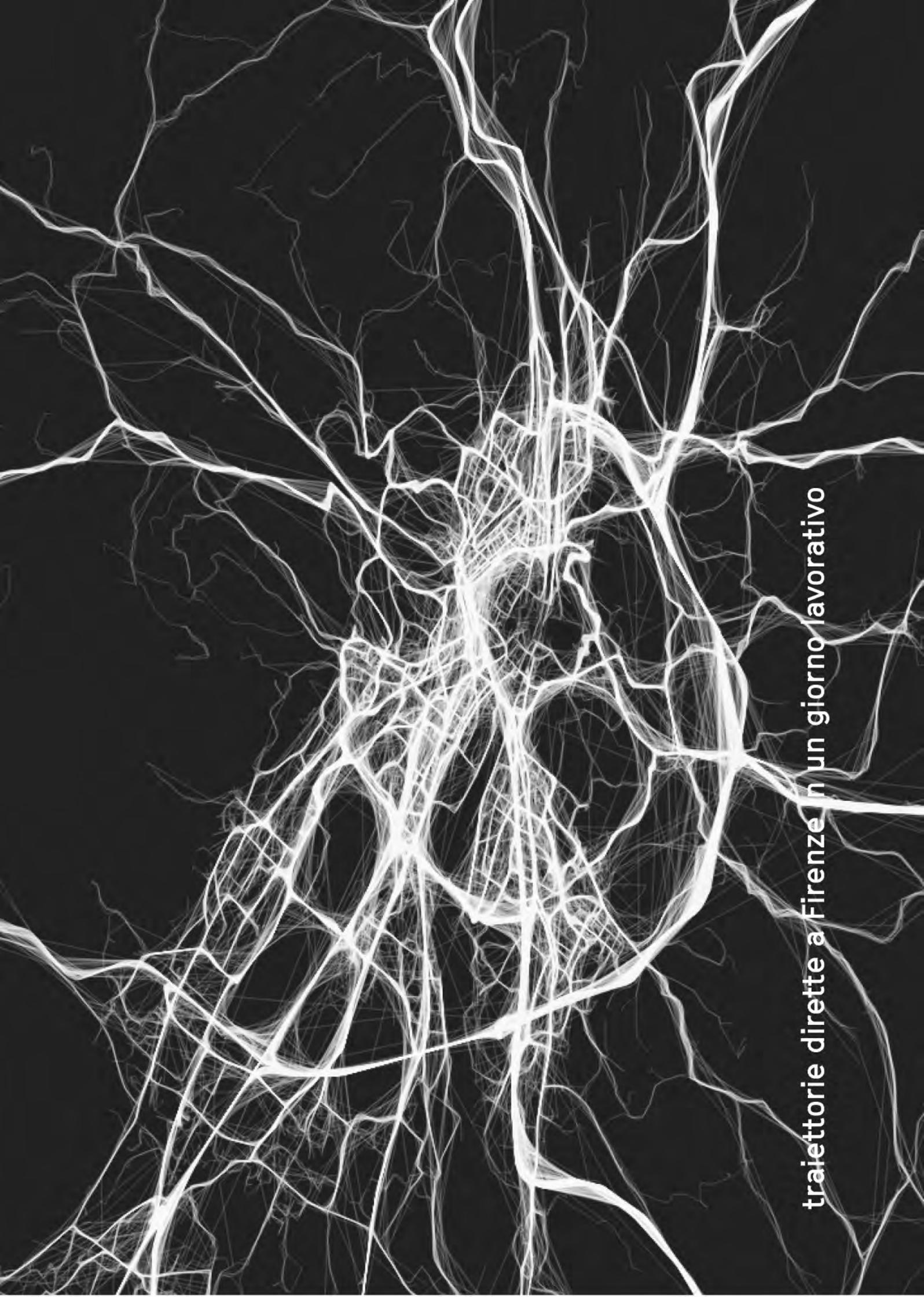
Per quanto riguarda il dato del pendolarismo ad esempio, si può osservare, dai dati del censimento 2011, un fenomeno che è esattamente opposto al dato delle traiettorie descritto: le prime ore del mattino presentano una notevole differenza tra il flusso in entrata e quello di uscita, a vantaggio del primo.

Per quanto riguarda invece il traffico generato dalle diverse zone di influenza identificate in precedenza si nota una concentrazione delle traiettorie attorno ai comuni di prima cintura, i quali costituiscono da soli quasi il sessanta per cento del flusso in entrata e in uscita dalla città.

Per il dato riguardante invece all'area vasta di Firenze, i numeri sembrano indicare una certa irrilevanza del traffico proveniente dal territorio della ex provincia (tra il 21% e 22% del traffico totale). Altro dato interessante è il numero di traiettorie provenienti dalla seconda cintura (area di Pistoia): se escludiamo le traiettorie dei comuni di prima cintura, tale seconda area esterna ha un'incidenza pari quasi alla metà delle traiettorie dell'area vasta, tra l'10% e il 11% sul totale.

dati Istat pendolari, rielaborazione





traiettorie dirette a Firenze in un giorno lavorativo

QUARTIERI

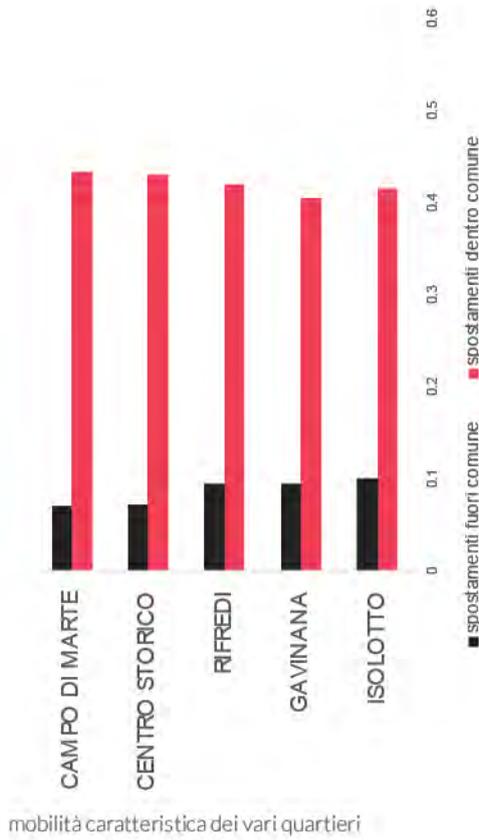
Analizzando più nel dettaglio il traffico autocontenuto all'interno della città di Firenze si è proceduto ad una analisi sui quartieri. Prima di procedere nell'analisi vera e propria è stato necessario ridefinire le geometrie dei quartieri in conformità con quelle delle zone censuarie individuabili sul medesimo territorio al fine di ereditare e aggregare i dati socio-economici per ogni quartiere, così da poterli confrontare con i dati GPS³. Una prima analisi sul territorio e sulla popolazione evidenziano come i quartieri di Rifredi e Campo di Marte sono i più estesi, con una popolazione residente che costituisce il 53% del totale, sebbene il quartiere Centro storico e quello di Isolotto Legnaia sono quelli con una densità maggiore.

Secondo i dati del censimento 2011 la mobilità della popolazione residente il quartiere con un tasso di mobilità minore è quello di Gavinana, sia per quanto riguarda dentro il comune che fuori. Per quanto riguarda i flussi in entrata e uscita dalla città i dati GPS ci confermano quanto già rilevato dai dato censuario del 2011: Rifredi, Campo di Marte e Isolotto hanno una maggiore mobilità esterna.

schema e dati quartieri

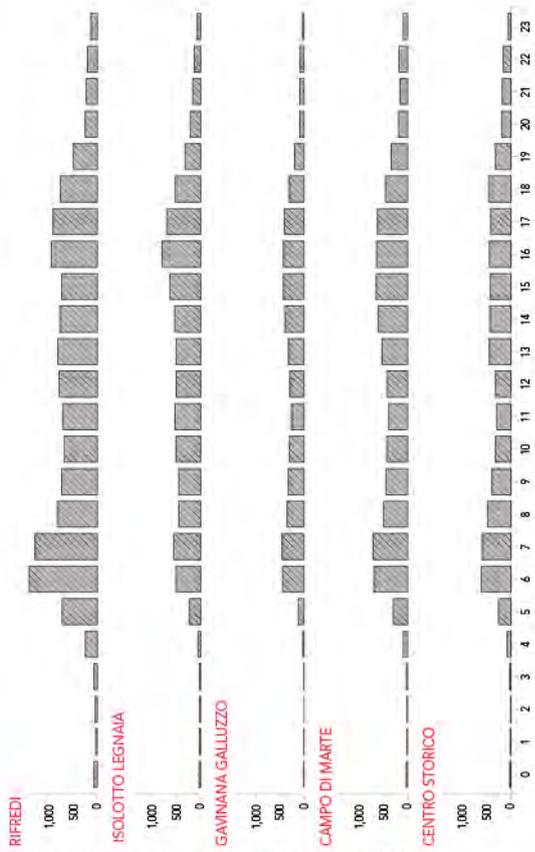


³ La tabella è il risultato della join spaziale tra le sezioni censuarie di Firenze e la tabella dei quartieri di Firenze. Si ottengono quindi le statistiche delle sezioni censuarie raggruppate per quartiere, secondo il valore mediano (centroide) di ogni sezione. Infine ogni sezione viene riunita con la geometria originaria così da avere statistiche e geometrie per ogni quartiere in conformità con i dati Istat.

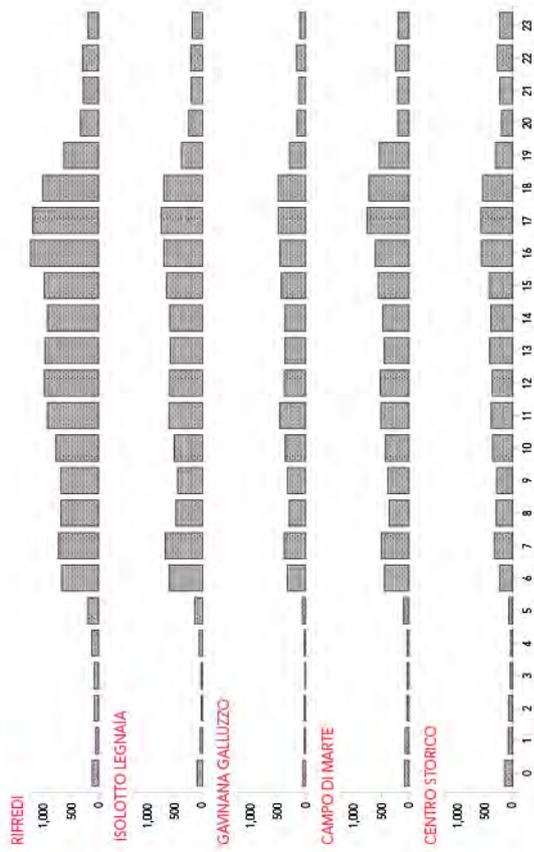


mobilità caratteristica dei vari quartieri

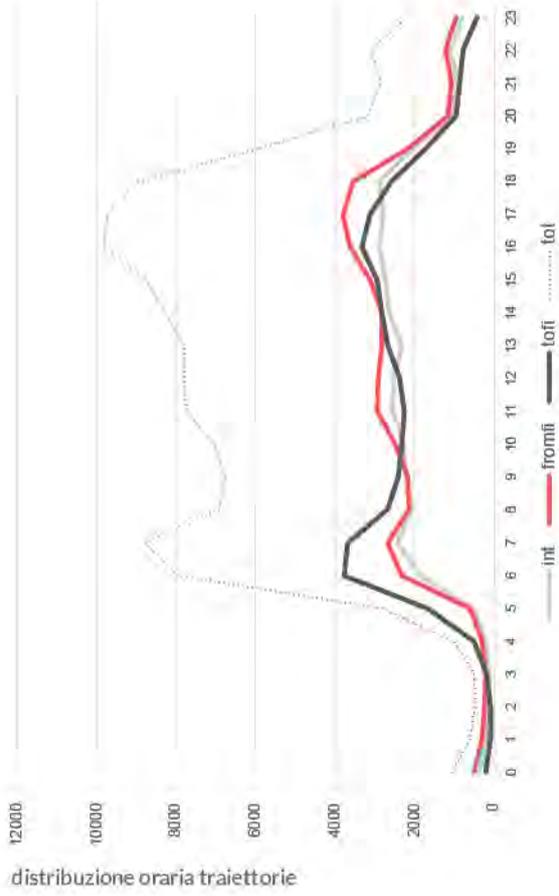
traiettorie in ingresso e in uscita dai quartieri



Analizzando però la distribuzione rispetto alle fasce orarie notiamo come il traffico sia concentrato sul quartiere di Rifredi soprattutto nelle prime ore del mattino a differenza degli altri quartieri.



La differenza tra le due ore di punta cambia notevolmente se si analizza il flusso di traiettorie rispetto alla direzione; in particolare, si hanno notevoli differenze nelle ore del mattino: andamento più uniforme per quanto riguarda le traiettorie all'interno della città; assenza del picco della mattina se si considerano solo le traiettorie in uscita da Firenze con sostanziale cambiamento della distribuzione; distribuzione ad "M" con picchi più marcati se si considerano le traiettorie totali.

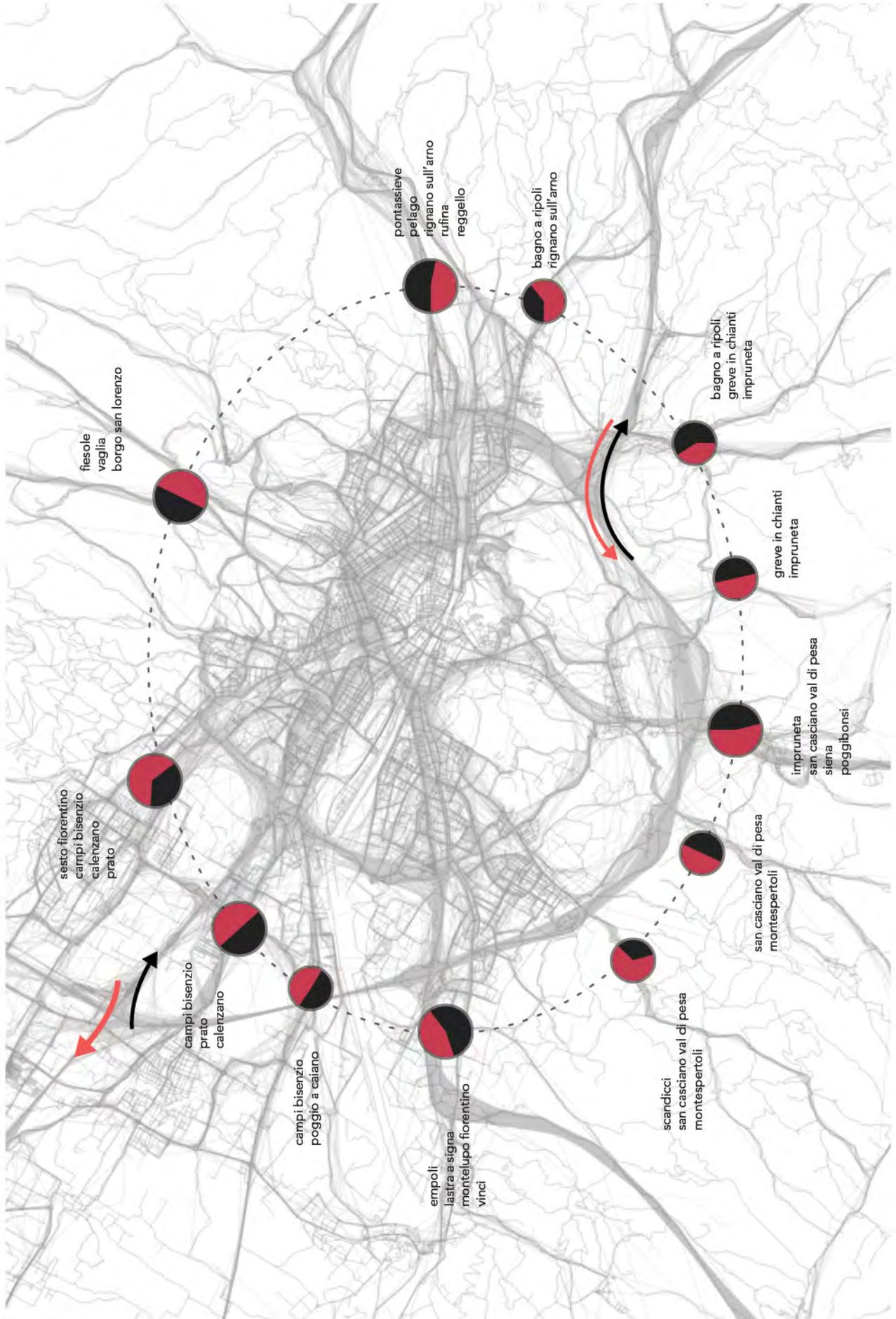


distribuzione oraria traiettorie

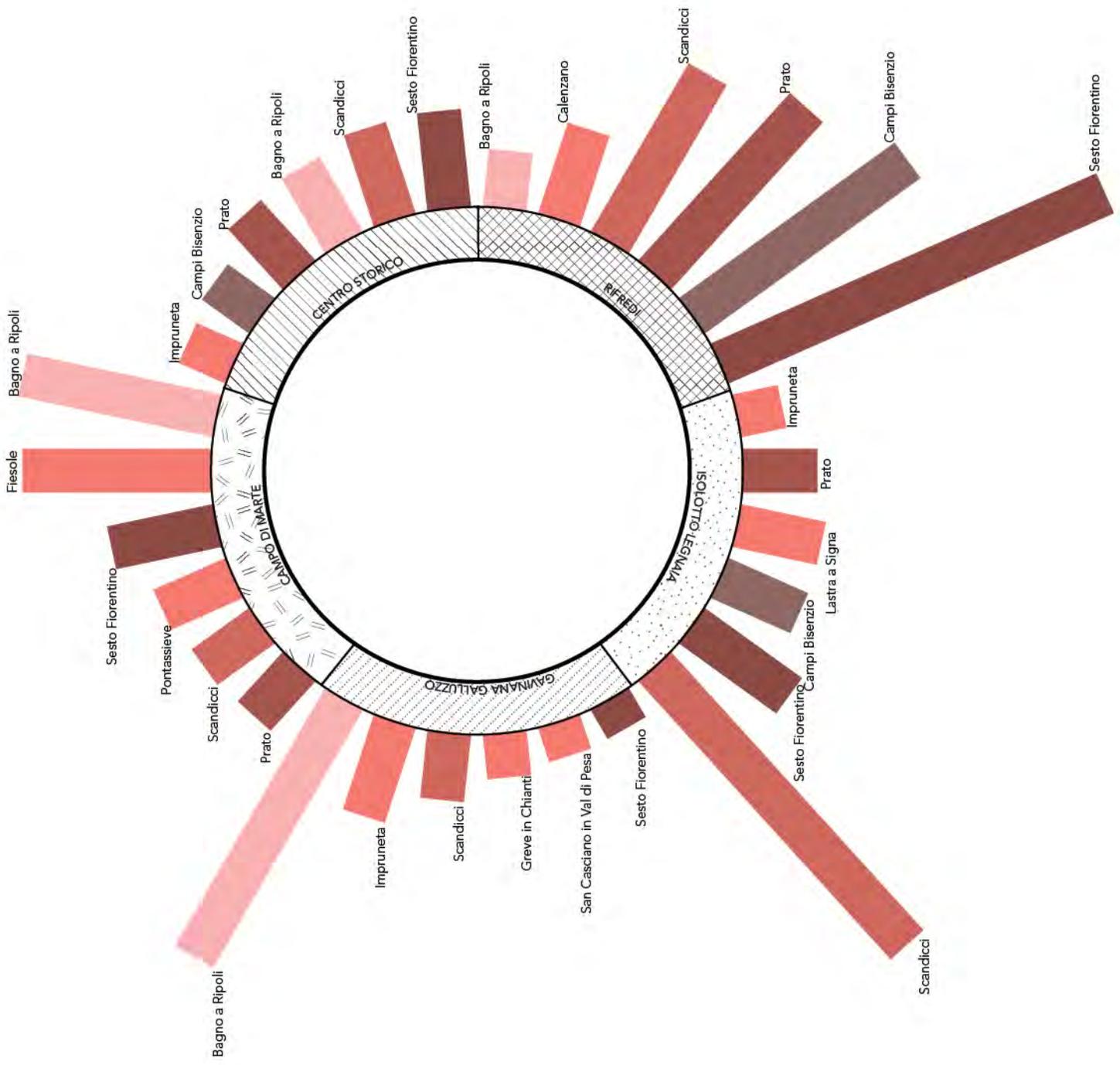
ACCESSO ALLA CITTÀ

Esaminando nel dettaglio le località di provenienza possiamo notare come le traiettorie provenienti dalla parte sud-ovest di Firenze e in generale dai Comuni lungo l'autostrada A11 partendo da Prato costituiscono il grosso delle traiettorie in entrata e uscita da Firenze sia per il quartiere Rifredi ma anche per il Centro Storico: Sesto Fiorentino, Scandicci e Prato sono le prime località per quanto riguarda le traiettorie in entrata, e le prime mete di arrivo -assieme a Bagno a Ripoli- delle traiettorie originate all'interno di Firenze.

Generalizzando l'analisi sul traffico totale su ogni quartiere si nota che la quantità di traffico su ogni singolo quartiere ha una situazione del tutto analoga con i dati di incidenza precedentemente mostrati, ciò significa che la distribuzione del traffico su ogni quartiere ha una distribuzione pressoché uguale sia per il traffico interno che quello esterno.



schema punti accesso alla città con schema quantità in ingresso e in uscita



dettaglio destinazioni in uscita da Firenze

TRAFFICO INTERNO

Il traffico interno ai confini rappresenta il 50% delle traiettorie totali, vediamo adesso come si caratterizza in riferimento alle geometrie dei singoli quartieri.

La distribuzione per fasce evidenzia la stessa gerarchia tra i quartieri per quanto riguarda l'ammontare di traffico, ma con una caratterizzazione significativamente diversa: il quartiere di Rifredi in particolare presenta tre picchi ben marcati in corrispondenza dei tipici orari della giornata lavorativa. Questo indica che le traiettorie interne in questo quartiere in gran parte di tipo sistematico⁴: quest'ultima caratteristica emerge nonostante l'analisi includa sia le traiettorie sistematiche che quelle occasionali.

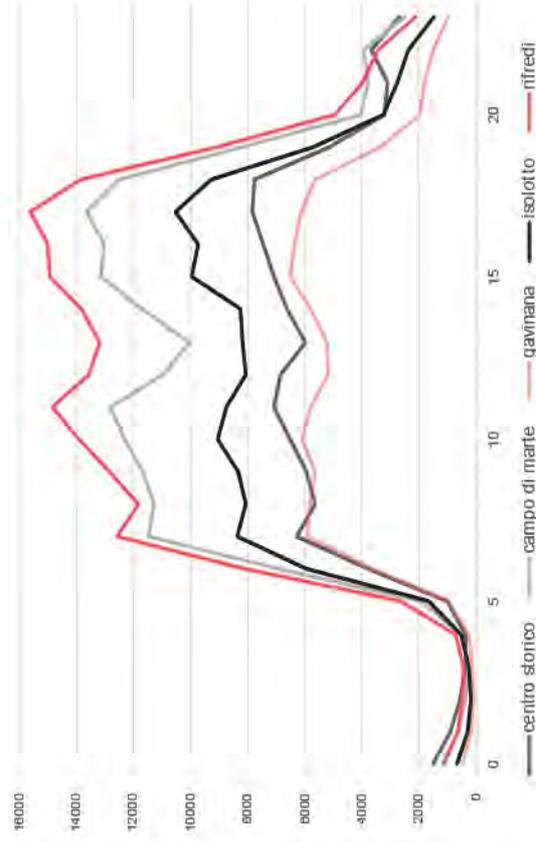
Un ulteriore aspetto interessante lo si può osservare scomponendo il dato delle traiettorie di ogni quartiere tra interne (ai confini di ogni quartiere) ed esterne, ossia verso gli altri quartieri della città. Concentrando quindi l'attenzione sulle traiettorie interne al comune di Firenze, si può notare subito come le traiettorie autocontenute all'interno dei rispettivi quartieri rappresentano il dato prevalente, con i quartieri di Rifredi e Campo di Marte che costituiscono, da soli, il 25% delle traiettorie totali.

Unica eccezione è il quartiere Centro Storico il quale si presenta più come una zona di destinazione delle traiettorie, specialmente provenienti da Rifredi e Campo di Marte.

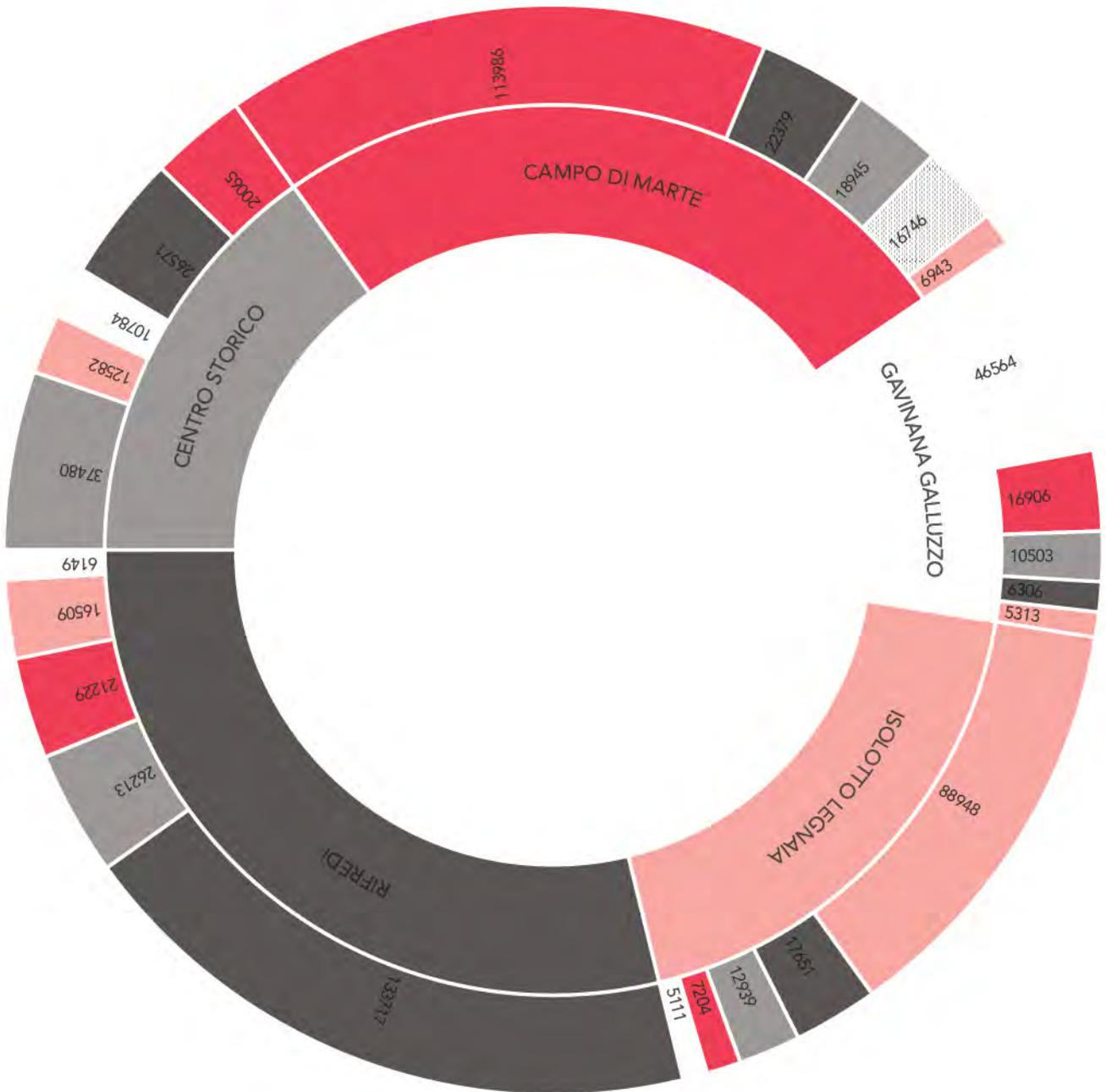
Altro dato interessante è la debole mobilità tra i due quartieri del

sud di Firenze. Se valutiamo i dati in termini relativi del flusso totale tra i due quartieri è evidente come le traiettorie verso Gavinana Galluzzo da Isolotto Legnaia e viceversa siano rispettivamente ultimi come origine e destinazione dell'altro.

distribuzione oraria traffico interno per quartiere



⁴ per viaggi sistematici si intendono le routine ricorrenti dei singoli individui, i loro viaggi abituali. Per definire un viaggio come sistematico sarebbe necessario identificare dei veri e propri profili di utenti in base alla loro attitudine alla mobilità e al modo in cui si spostano. Data la storia di tutti gli spostamenti di un utente descritta dalle tracce GPS, si possono estrarre un insieme di routines, cioè dei comportamenti tipici, sistematici.



schema OD del traffico interno per quartiere

DISTRIBUZIONE

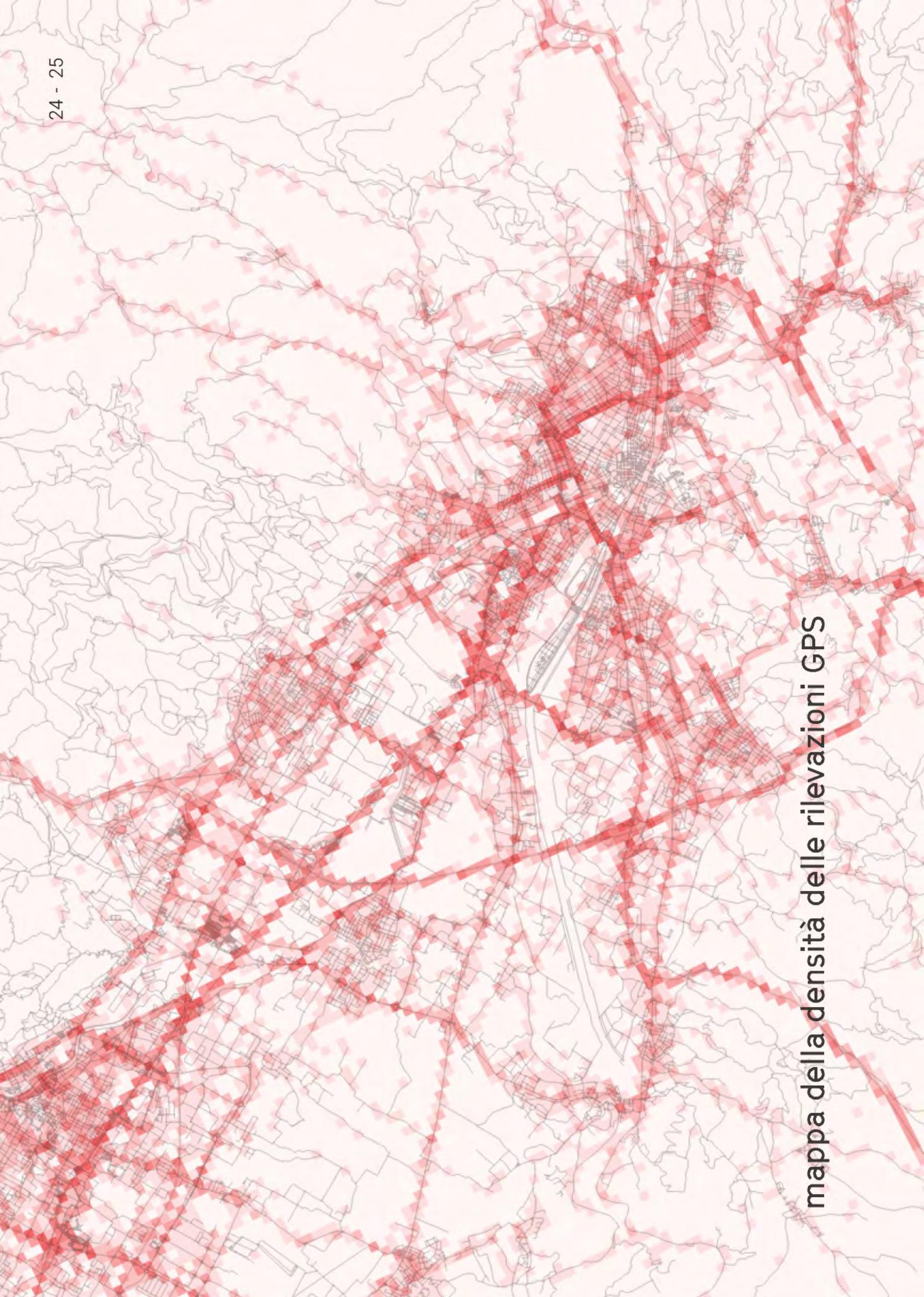
Considerando l'intera traiettoria la cosa più semplice da ricavare, senza necessità di ulteriori operazioni spaziali, è la velocità media; questa ci può dare un'idea dell'andamento dei tempi di percorrenza in città ma ha un carattere molto approssimativo. Per un risultato ottimale e preciso sarebbe necessario scomporre la traiettoria nei vari archi stradali, aggiungere nuovi punti di inizio e fine e infine ricalcolare la velocità su questi. Un dato di questo tipo ci permetterebbe di avere un quadro preciso dell'andamento dei flussi in città rivelando eventuali punti critici soggetti a frequenti rallentamenti, evidenziando i punti critici del traffico cittadino. Per ottenere questo risultato in modo più semplice e immediato sono stati ripresi i dati grezzi dai quali deriva la costruzione delle traiettorie; questi rappresentano i singoli punti di rilevamento GPS, caratterizzati da un *id* del veicolo, una posizione e la velocità nell'istante della registrazione. Isolando le rilevazioni di un giorno settimanale sono state elaborate diverse immagini a scopo illustrativo, tra cui le seguenti mappe di concentrazione.

In figura è rappresentata una mappa di densità, nei colori più scuri la concentrazione massima di veicoli. Questa è stata creata suddividendo lo spazio in una griglia regolare e contando per ogni singola cella il numero di veicoli totali in un giorno lavorativo. Si notano immediatamente gli archi autostradali, la strada di grande collegamento Fi-Pi-Li e i grandi viali di accesso alla città. Evidente inoltre, a conferma dei dati rilevati riguardo agli spostamenti rela-

tivi ai vari quartieri, la concentrazione elevata di movimento nella parte settentrionale della città. Notevole anche la concentrazione di veicoli nella città di Prato.

Nelle figure seguenti invece sono presentate una mappa per punti e una heatmap prendendo in considerazione la velocità dell'auto nell'istante del rilevamento. Le velocità più elevate si presentano chiaramente nei tratti autostradali e nelle strade di grande collegamento. Come si può osservare nella legenda, i range di valori nei primi quattro intervalli sono al di sotto dei 50 km/h, gli intervalli sono stati individuati con un criterio di uguale quantità, ciò sta ad indicare che la grande maggioranza dei punti ha una velocità piuttosto bassa. Ciò potrebbe essere considerato normale all'interno del contesto cittadino ma fa riflettere sui vantaggi dell'utilizzo di veicoli privati rispetto alla rete di trasporti pubblici o di mezzi di mobilità on-demand.

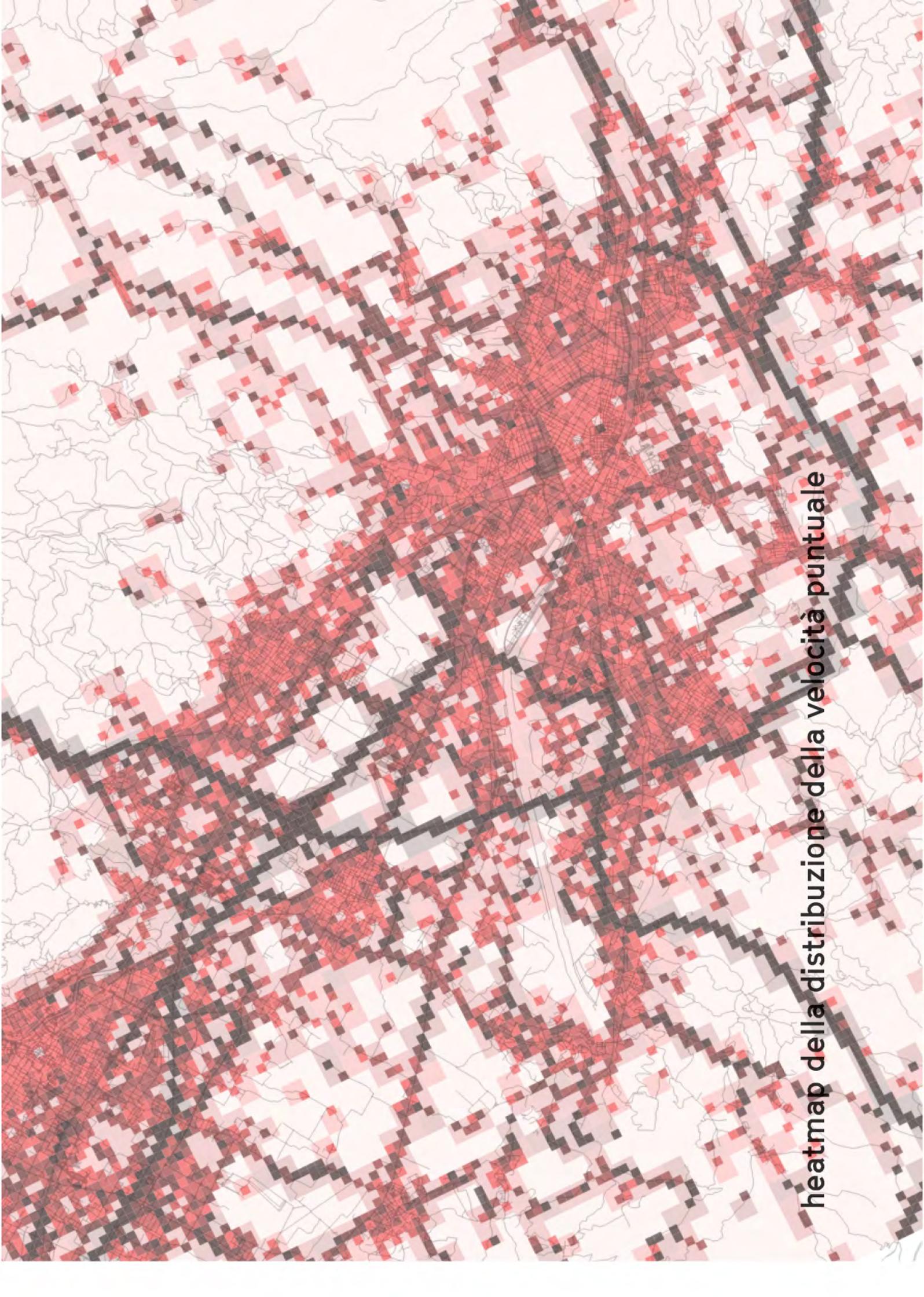




mapa della densità delle rilevazioni GPS



mapa con niveles de velocidad instantánea



heatmap della distribuzione della velocità puntuale

03 L' autostrada

All'interno del campione analizzato per la ricerca sui flussi veicolari sono state selezionati anche alcuni tratti autostradali e un tratto della strada di grande comunicazione Firenze-Pisa-Livorno. In figura sono state isolate le traiettorie relative ad un giorno lavorativo selezionando soltanto quei viaggi che hanno punto di inizio e fine all'interno dell'area comunale di Firenze. Esse delineano le forme della città evidenziando chiaramente l'area ZTL. Si nota come una piccola porzione si muova anche lungo la linea dell'autostrada, a sud della città.

Nella figura della pagina seguente si evidenziano invece le traiettorie relative al solo tratto autostradale, isolate attraverso una query spaziale come illustrato in precedenza. I dati sono relativi ad una sola giornata lavorativa per chiarezza di rappresentazione ma sono da considerare esemplificativi di un comportamento costante.

L'utilizzo dell'arco autostradale per spostamenti di breve estensione evidenzia i problemi della circolazione veicolare presenti all'interno del centro cittadino. Il traffico è la risposta alla domanda di movimento determinato dall'interazione tra le attività insediate. Lo spostamento del movimento verso l'esterno dell'insediamento presenta evidenti problemi negli schemi di circolazione per l'attraversamento cittadino con conseguente perdita delle attività e sovraccarico dei nodi autostradali a scapito dei pendolari e dei fruitori frequenti.



traiettorie di traffico interno nell'area urbana di Firenze



selezione di traiettorie di traffico interno sul un tratto dell'autostrada

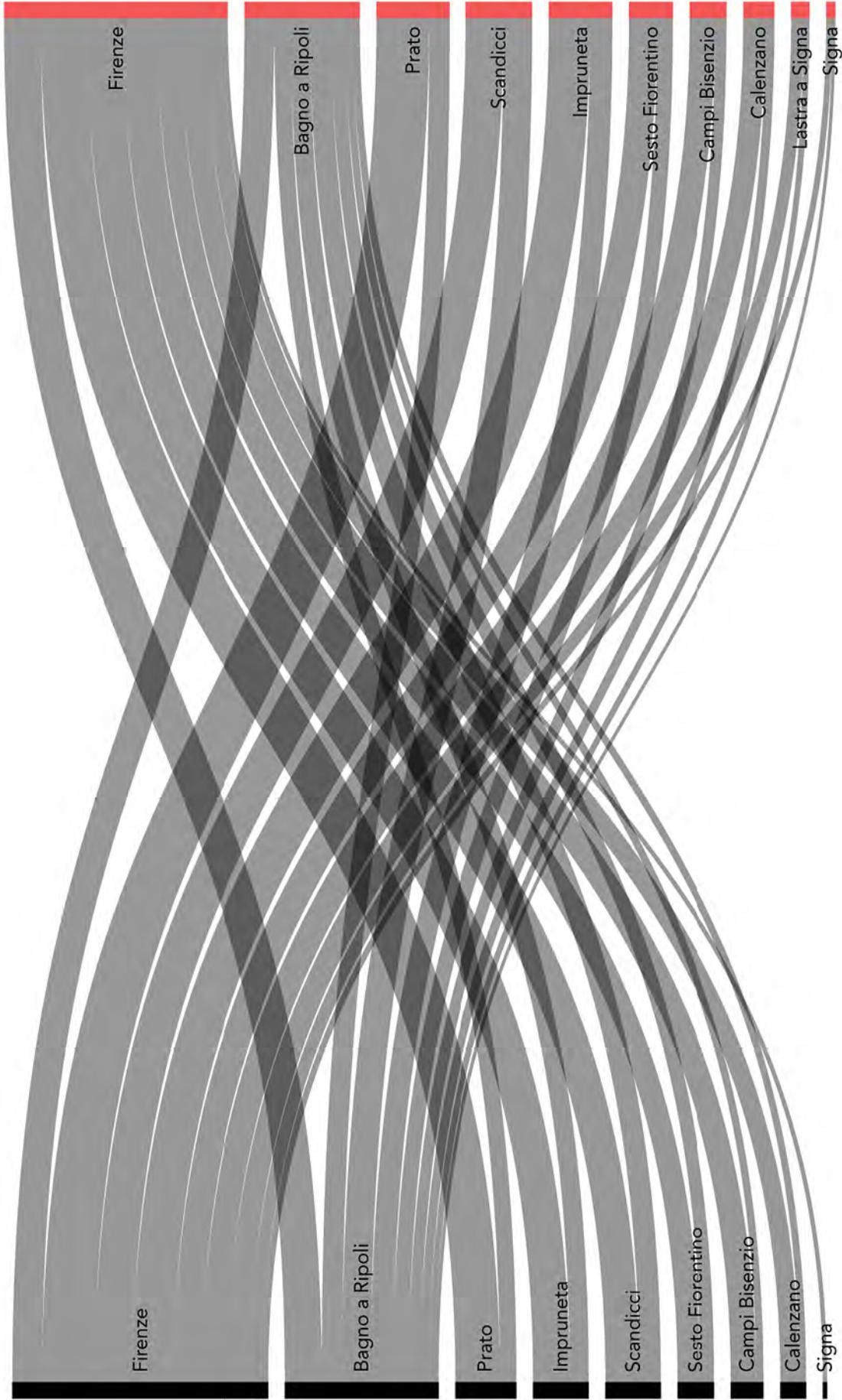
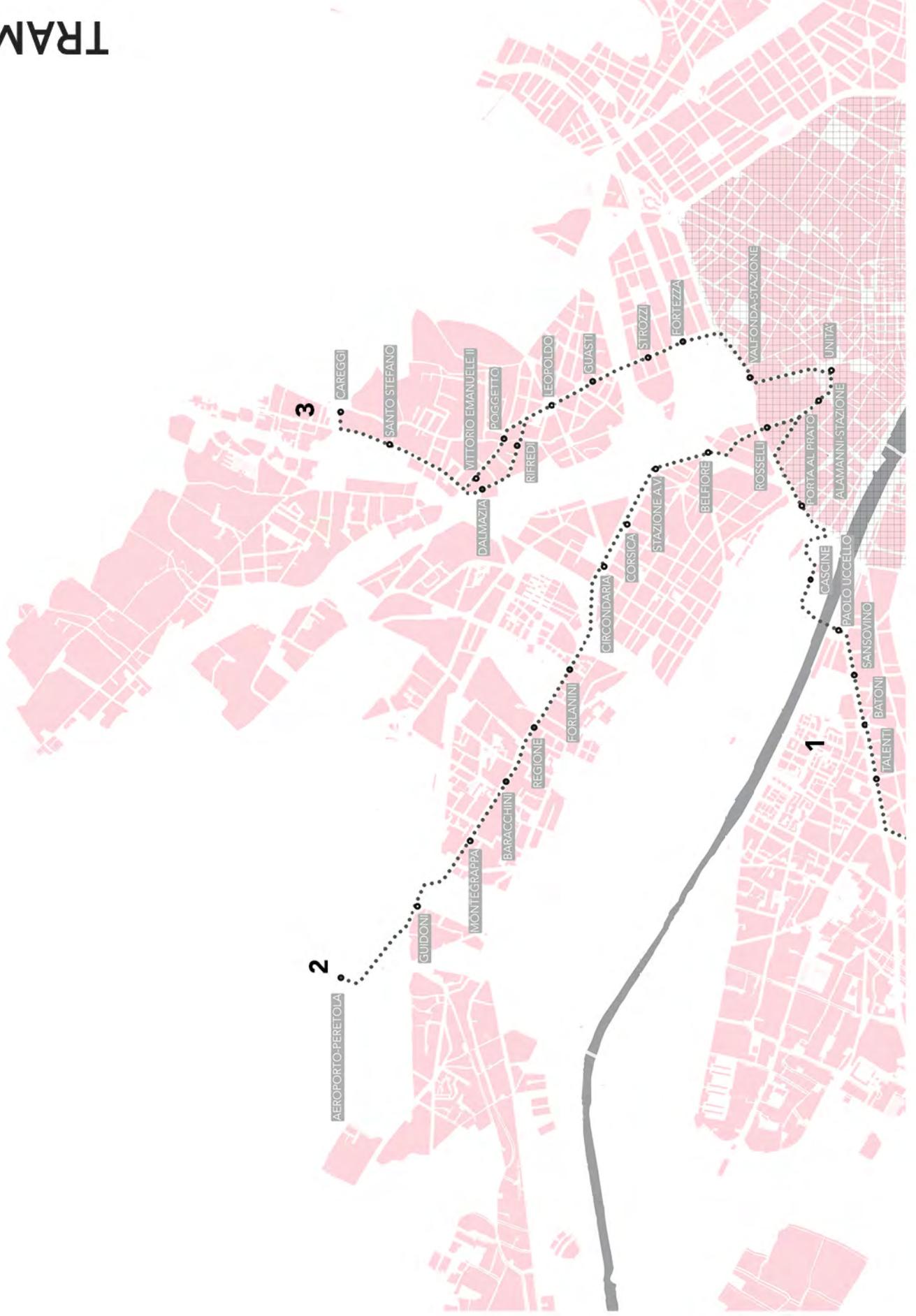


grafico origine-destinazione per il traffico sui tratti autostradali

04 Un atlante urbano

- Linea 1: in esercizio da ormai quasi quattro anni ha raggiunto ottimi risultati sia dal punto di vista del numero dei passeggeri trasportati che dal punto di vista della riduzione del traffico automobilistico sulla direttrice servita.
- Linea 2: in fase di costruzione per la tratta nord, risulta essere l'asse portante del sistema tramviario fiorentino. Descritto nel Piano Strutturale come un sistema articolato di tratte, delle quali, fondamentalmente, la parte in superficie garantisce il collegamento fra l'Aeroporto di Peretola, la Stazione di Santa Maria Novella e piazza San Marco, mentre la parte in sotterranea permette l'attraversamento del centro storico per la successiva prosecuzione (in superficie) verso le destinazioni finali di Rovezzano a Nord-Est e di Bagno a Ripoli a Sud-Est;
- Linea 3: in fase di costruzione, l'approvazione del progetto esecutivo intervenuta nel mese di marzo 2011 ha confermato quanto previsto nel Piano Strutturale in merito alla continuità fra Linea 1 e la Linea 3, sostituendo la tratta Rosselli con la tratta che interessa piazza della Stazione, via Valfonda e piazza Bambini e Bambine di Beslan. In tal modo la Linea 1-3 unificata può raggiungere la Stazione di SMN assicurandone il collegamento diretto con il polo ospedaliero ed universitario di Careggi.

TRAM



FERROVIA



PARCHEGGI

- P** parcheggio di progetto (piani urbanistici)
- P** parcheggio scambiatore
- P** parcheggio di servizio o a pagamento



- n polo universitario
- strutture ricettive
- biblioteca
- ◎ teatro/museo
- ◎◎ grande attrattore

- 1| Cascine – aule, biblioteche, uffici (Agraria)
- 2| Polo di Novoli – aule, biblioteche, uffici (Economia, Giurisprudenza, Scienze Politiche)
- 3| Morgagni – aule e uffici (Ingegneria, Salute Umana, Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali)
- 4| Careggi – aule, biblioteche, uffici (Salute Umana)
- 5| Pieraccini – aule e uffici (Salute Umana)
- 6| Santa Marta – aule, biblioteche, uffici (Ingegneria)
- 7| Il Pellegrino – aule e uffici (Studi Umanistici e della Formazione)
- 8| Sesto Fiorentino - Polo Scientifico e Tecnologico

ATTRATTORI



PARCHI E VERDE



PISTE CICLABILI E NOLEGGIO BICI



05 Analisi dei servizi

Come esito delle analisi svolte fino a questo punto si possono individuare alcune tipologie di punti chiave all'interno dell'area di Rifredi. Oltre ai punti denominati come attrattori, quei punti cioè che richiamano un grande numero di utenti, in questo caso sono rappresentati dai maggiori poli universitari dell'area nord-ovest di Firenze. Questi richiamano giornalmente un grande numero di persone e necessitano di essere dotati di servizi e di un buon collegamento attraverso le infrastrutture della città. A servizio di questi luoghi si vanno ad individuare dei punti pivot, punti focali della mobilità, quei nodi che per vicinanza o per qualità di integrazione svolgeranno la funzione di cerniera tra le sedi universitarie, il centro città e i flussi provenienti dall'esterno. Questi punti chiave della mobilità racchiudono al loro interno elementi già altamente qualificati che necessitano solo di accorgimenti aggiuntivi come ad esempio l'area della Fortezza e la stazione di Santa Maria Novella; altre punti sono stati individuati come nuovo potenziale sia dalle analisi svolte in questa tesi sia dai molteplici piani urbanistici. Durante la ricerca abbiamo anche esplorato l'accesso a diversi tipi di servizi all'interno del quartiere di Rifredi, dove si trovano la maggior parte dei punti attrattori identificati. La mappa mostra l'accesso alle comodità di base attorno ad alcuni dei punti. I punti tracciati visualizzano la densità di 4 tipi di elementi:

- VERDE
parchi urbani
alberi
- TPL
stazioni ferroviarie
stazioni tram
- MOBILITA'
SOSTENIBILE
piste ciclabili
noleggio bici/rastrelliere
car sharing/colonnine
- SERVIZI E ATTIVITA'
wifi point
strutture ricettive
biblioteche/musei/teatri

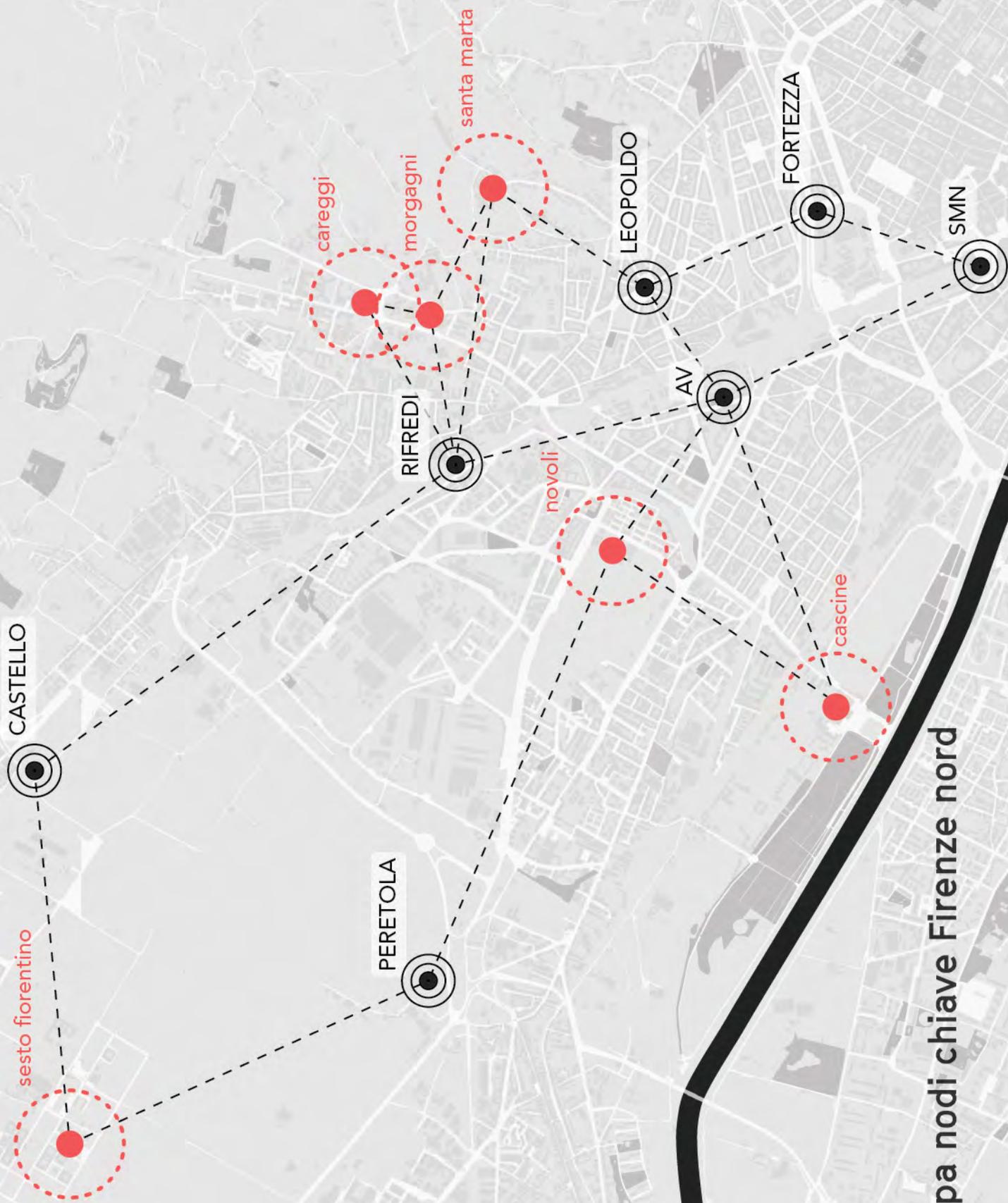
La distanza a piedi standard ha leggere variazioni in tutto il mondo, ma è considerato che una persona compie 80 metri entro un minuto di camminata. Questo è il motivo per cui una passeggiata di 10 minuti è di solito rappresentata come un cerchio di raggio di 800 metri. Le analisi sono state svolte attraverso software GIS. Un Geographic Information System è un sistema progettato per ricevere, immagazzinare, elaborare, analizzare, gestire e rappresentare dati di tipo geografico. In termini semplici, col GIS si possono unire cartografie, eseguire analisi statistiche e gestire i dati attraverso tecnologie database.



punti pivot mobilità



punti attrattori



mappa nodi chiave Firenze nord

WALKABILITY

Le città in tutta Europa si trovano ad affrontare vari problemi di mobilità determinati dal modo in cui si sono sviluppate e adattate nel tempo alle pressioni economiche e demografiche. Mentre alcune città hanno un carattere di agglomerato con elevata densità urbana, altre hanno una composizione più estesa. I due modelli di sviluppo rappresentano sfide specifiche per la connettività dei trasporti, l'accessibilità e, in particolare, il movimento pedonale.

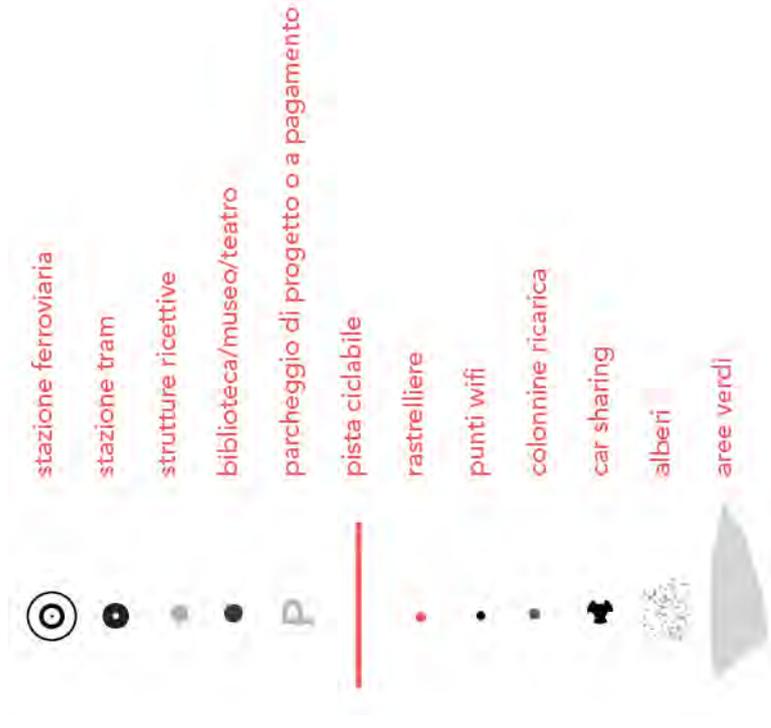
Le città dense sono vantaggiose per le attività commerciali e l'accessibilità, ma generano spesso ambienti molto congestionati che negli orari di punta non consentono la libera circolazione e sono dannosi per la vivibilità e la qualità dell'esperienza cittadina.

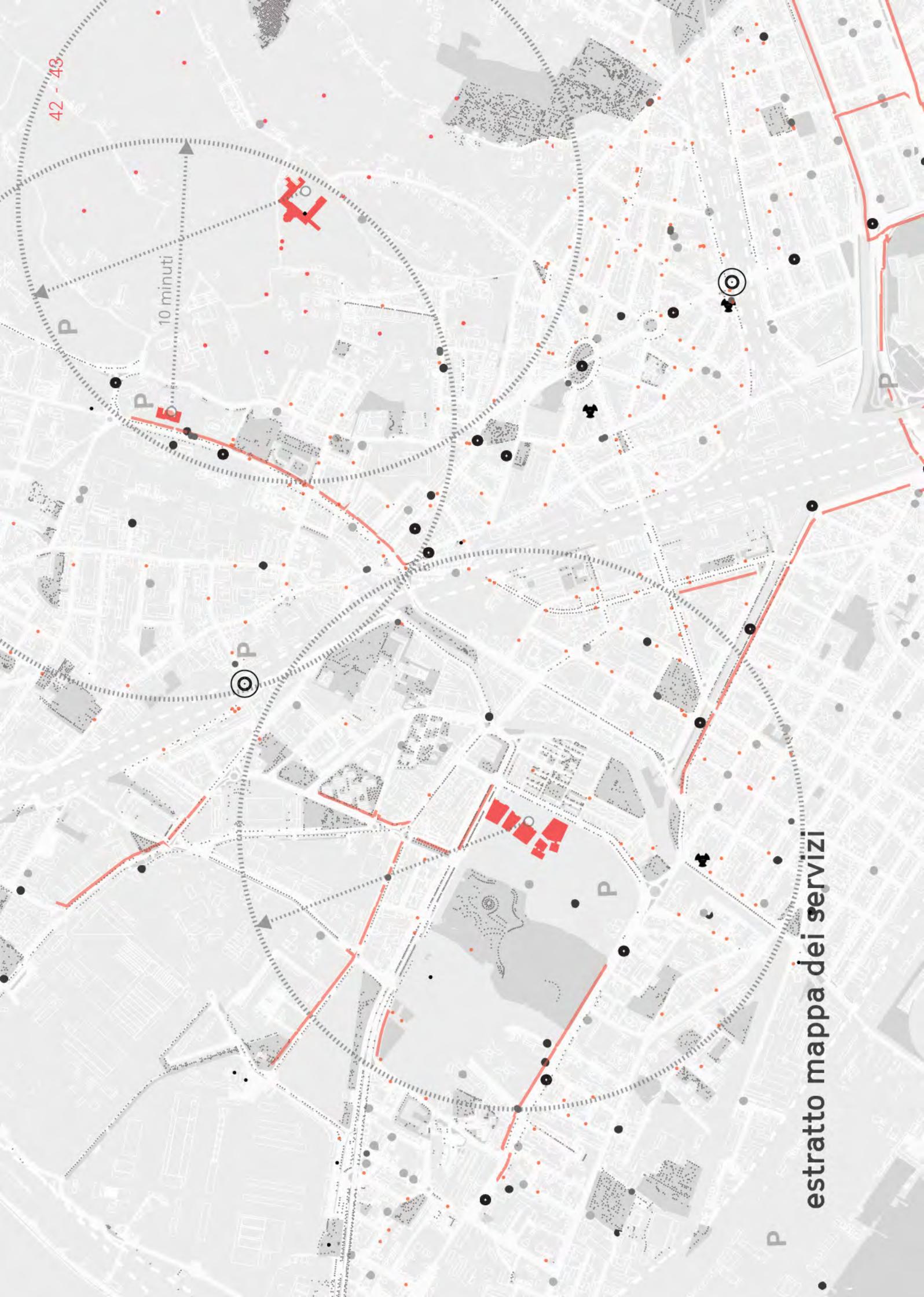
Le strade della città sono spesso dominate dall'automobile e le aree centrali soffrono o non vengono utilizzate; la vitalità dello spazio, sia in senso economico che sociale, sta decadendo.

Fortunatamente, la politica europea e italiana per i progetti pubblici riconosce investimenti per promuovere una mobilità pedonale, sia come uno strumento che come un obiettivo per ottenere migliori spazi e strade più vivibili e affrontare alcune delle inevitabili sfide risultanti dallo sviluppo.

Indipendentemente dall'approccio e dalla logica delle loro iniziative, tutti i comuni si trovano ad affrontare tre sfide principali:

- Disponibilità limitata di dati relativi ai viaggi pedonali
- Un quadro poco flessibile di pianificazione per consentire la sperimentazione e i test
- Risorse limitate per intraprendere un'azione efficace





42 - 43

10 minuti

estratto mappa dei servizi

L'attività pedonale è un riflesso diretto dell'attività e dell'energia della città. La varietà di fattori che influenzano le nostre preferenze di viaggio a favore della passeggiata, vanno dall'accesso ai servizi e alla densità della popolazione alla percezione della sicurezza pedonale e del design stradale. Attualmente, non esiste un approccio standard per la misurazione della pedonabilità. Tuttavia, è una credenza comune che un ambiente urbano compatto e ben connesso, che offre una diversa varietà di utilizzi, è fondamentale per consentire alle persone di camminare.

Secondo Jeff Speck, "General Theory of Walkability"⁵, la prima cosa da fare è offrire ai cittadini un motivo per camminare e poi rendere la passeggiata sicura, confortevole e interessante. Julie Campoli, un altro designer urbano con una passione per le 'walkable cities', ritiene che ci siano sei elementi fondamentali per il perfetto ambiente pedonale⁶: design; diversità; densità; distanza dal transito veicolare; accessibilità della destinazione e dei parcheggi. Oggi, la disponibilità, la qualità e l'accuratezza dei dati del movimento pedonale stanno migliorando rapidamente. I sensori di rilevamento wifi e bluetooth e big data anonimi di operatori di telecomunicazioni sono ampiamente utilizzati per comprendere i flussi pedonali e i movimenti senza dover fare conteggi manuali o video faticosi. Queste tecnologie, insieme all'uso di interviste e sondaggi, sono essenziali nella pianificazione della mobilità pedonale. Tuttavia, l'ostacolo principale per la raccolta dei dati rimane il costo associato elevato. Con le pressioni di bilancio molti comuni saranno costretti ad un circolo vizioso di una raccolta di dati insufficiente che porta a prove insufficienti per giustificare le decisioni

di pianificazione.

Per rompere questo cerchio, la raccolta di dati su piccola scala insieme a prove e sperimentazioni può costruire un modello e rivelare i vantaggi spesso nascosti o molto difficili da quantificare o monetizzare. I test possono variare da un nuovo design di un percorso per gli arredi urbani, chiusure, segnaletica, interventi digitali, ecc. A seconda della possibilità di applicazione, i cambiamenti temporanei nello spazio possono migliorare il design o generare nuovi approcci e soluzioni innovative.

⁵ The general theory of walkability | Jeff Speck | TEDxMidAtlantic
<https://www.youtube.com/watch?v=uEkgM9p2C5U>

⁶ Julie Campoli, *Made for Walking: Density and Neighborhood Form*, Lincoln Institute of Land Policy, 2012

PROFILI ACCESSO AI SERVIZI

PROFILI TRAFFICO giorni lavorativi e we		SANTA MARTA		NOVOLI		CAREGGI		CASCINE		SESTO FIORENTINO	
NODI											
VERDE parchi urbani alberi											
TPL stazioni ferroviarie stazioni tram											
MOBILITA' SOSTENIBILE piste ciclabili noleggio bici/rastrelliere car sharing/colonnine											
SERVIZI E ATTIVITA' wifi point strutture ricettive biblioteche/musei/teatri											
		-140000 m ² 1700	-260000 m ² 1800	-420000 m ² 559	-655000 m ² 3976	-2300 m ² 310					
		0 2	0 3	0 3	0 1	0 1					
		no/11 0/2	-4072 ml no/21 1/3	-840 ml no/22 0/2	-9362 ml no/17 0/2	-1020 ml no/5 0/0					
		4 6 3	2 12 4	5 8 6	33 6 2	2 2 1					