



# Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

## SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est

### PROGETTO PRELIMINARE

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Antonio VALENTE  
Ordine Ing. di Roma n. 20739

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS**

Ing. Giuseppe Danilo MALGERI – Responsabile di Progetto  
Ing. Francesco BEZZI – Impianti  
Ing. Pier Giorgio D'ARMINI – Traffico e Benefici/Costi  
Ing. Gianfranco FUSANI – Strade  
Ing. Gabriele GIOVANNINI – Cartografia  
Ing. Alessandro MITA – Idraulica  
Ing. Enrico MITTIGA – Geotecnica  
Arch. Gianluca BONOLI – Strutture  
Arch. Roberto ROGGI – Sicurezza  
Geol. Stefano SERANGELI – Geologia  
Geom. Emiliano PAIELLA – Computi e Capitolati  
Geom. Carmelo ZEMA – Espropri ed Interferenze

**IL GEOLOGO**

Dott. Geol. Francesca SCIUBBA  
Ordine Geol. del Lazio n. 1371

**I RESPONSABILI DEL S.I.A.**

Dott. Ing. Ginevra BERETTA      Dott. Arch. Francesca Romana IETTO  
Ordine Ing. di Roma n. 20458      Ordine Arch. di Roma n. 15857

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

Geom. Fabio QUONDAM

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

Ing. Nicola DINNELLA

**RESPONSABILI DI UNITA' INGEGNERIA:**

Ing. Fulvio Maria SOCCODATO – Ingegneria Territorio  
Ing. Alessandro MICHELI – Ingegneria Geotecnica e Impianti  
Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI – Ingegneria Opere Civili  
Geom. Fabio QUONDAM – Ingegneria Computi, Stime e Capitolati

PROTOCOLLO

DATA

## STUDIO TRASPORTISTICO STUDIO DI TRAFFICO

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

L0601A P 1201

NOME FILE

T00\_SG00\_AMB\_RE01\_A.DOC

CODICE ELAB.

T00SG00AMBRE01

REVISIONE

A

SCALA:

—

C					
B					
A	EMISSIONE	29/11/2012	Ing. P.G. D'Armini	Ing. I. Coppa	Ing. A. Valente
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

**INDICE**

INQUADRAMENTO DELLO STUDIO .....	2
1 DEFINIZIONE DELLA RETE DI TRASPORTO STRADALE .....	4
1.1 Consistenza e caratteristiche della rete stradale principale .....	4
1.2 Analisi dei dati relativi all'incidentalità sulla rete stradale principale .....	11
1.3 L'offerta di trasporto attuale .....	13
1.4 L'offerta di trasporto di progetto .....	16
2 DEFINIZIONE DELL'AREA DI STUDIO, DI PIANO E RELATIVA ZONIZZAZIONE .....	18
2.1 Premessa .....	19
2.2 Zonizzazione dell'Area di Piano .....	20
2.3 Zonizzazione dell'Area di Studio .....	22
3 LE INDAGINI DI TRAFFICO .....	24
3.1 Le sezioni di conteggio strumentale .....	28
3.2 Le sezioni di intervista .....	29
4 DETERMINAZIONE DELLE MATRICI O/D .....	32
4.1 La calibrazione delle Matrici O/D .....	32
4.2 La domanda di trasporto all'attualità .....	34
4.3 Espansione della matrice O/D agli orizzonti temporali futuri .....	37
5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI .....	39
5.1 La modellistica di assegnazione .....	40
5.2 Lo Scenario Attuale .....	41
5.3 Gli Scenari di Riferimento .....	45
5.4 Gli Scenari di Progetto .....	47
5.4.1 I risultati di rete e sull'infrastruttura di progetto .....	47
5.5 Analisi dei Livelli di Servizio .....	53
5.5.1 Premessa .....	53
5.5.2 Livelli di servizio sull'infrastruttura di progetto .....	54

## INQUADRAMENTO DELLO STUDIO

L'analisi trasportistica del Sistema Tangenziale di Lucca è stata sviluppata tenendo conto che la nuova infrastruttura si inserisce nella rete stradale esistente assumendo un ruolo più complesso rispetto a quello in senso stretto di by-pass urbano.

Gli attuali assi di penetrazione individuabili nella SS12 e nella SP29 (viale Europa in comune Capannoni), oltre a svolgere una funzione di accesso alla Garfagnana ed ai comuni a nord della Piana di Lucca, rivestono un ruolo importante per la viabilità di carattere locale di ambito comunale.

La forte urbanizzazione ed industrializzazione della piana, unita all'importanza dei poli produttivi della Garfagnana, ha determinato la saturazione delle infrastrutture esistenti, sia per i carichi di traffico che devono servire, sia per le interazioni tra differenti componenti di domanda servita.

La necessità di isolare, rappresentandole, le due componenti di domanda ha condotto ad una schematizzazione del sistema della mobilità stradale a scala ridotta all'interno dell'area di studio, inserendola comunque in un contesto regionale-nazionale.

L'asse di progetto, una volta collegato a formare sistema con la viabilità a monte e a valle dell'area urbana/suburbana di Lucca, raggiunge efficacemente l'obiettivo di allontanare i flussi veicolari, soprattutto merci, di attraversamento dall'area urbana in generale e dal centro storico in particolare.

Il progetto inoltre, inserendosi in un'area ad urbanizzazione diffusa a ridosso del nucleo urbano centrale di Lucca, pur garantendo la captazione dei traffici di attraversamento, risulta anche caratterizzato da traffici interni all'area di studio e/o di scambio, essendo il 55% della domanda che insiste sull'asse di tipo "locale".

L'articolazione dello studio vede:

- L'individuazione delle infrastrutture stradali a supporto della modellistica di simulazione e loro caratterizzazione funzionale (cap.1);
- La rappresentazione del territorio in zone omogenee di traffico attraverso la definizione dell'area di piano e dell'area di studio (cap.2);
- la descrizione dei risultati emersi dalla campagna di indagini di traffico svolta a supporto dello studio (cap.3);
- La determinazione delle matrici di domanda passeggeri e merci e loro proiezioni agli scenari futuri (cap.4);

- L'analisi critica dei risultati emersi dalle simulazioni effettuate sullo scenario attuale, di riferimento e di progetto agli anni 2012, 2018 e 2028 valutando gli effetti in termini di rete, singoli assi, domanda servita e livelli di servizio (cap5);

# 1 DEFINIZIONE DELLA RETE DI TRASPORTO STRADALE

In questo capitolo sono brevemente descritte le caratteristiche dell'offerta di trasporto stradale utilizzata negli scenari di simulazione. La rete stradale utilizzata per le valutazioni modellistiche fa riferimento alla zonizzazione descritta nel capitolo seguente.

Le strade principali che definiscono l'offerta di trasporto dell'area sono le seguenti:

- le autostrade A12, la bretella A11-A12 e l'A11. Quest'ultima, oltre al collegamento trasversale (ovest-est e viceversa), consente la distribuzione ai comuni di Lucca e Capannori attraverso i due omonimi svincoli;
- la SS12 posta ad ovest rispetto al centro abitato di Lucca, corre parallela al fiume Serchio e, quindi, arriva da nord rispetto all'area di studio per poi trovare prosecuzione in viale Europa fino all'autostrada e, successivamente, nel raddoppio della stessa statale in direzione Pisa. La vecchia SS12, invece, raggiunge Pisa più spostata verso ovest;
- la SS435 "Pesciatina" arriva fino alle mura di Lucca tagliando in due parti il territorio comunale di Capannori;
- SS 439 che provenendo da sud (via di Tiglio) interseca l'autostrada (casello che in previsione verrà chiuso) per poi piegare a sinistra e trovare esito in direzione ovest verso il mare;
- la SP1 "di Lucca - Camaiore", che consente l'accesso da Ovest provenendo da Camaiore, e su cui svincola la nuova Tangenziale Ovest;
- i due itinerari composti dalle strade provinciali SP3-SP61-SP23 (via Romana) da un lato e dalle strade provinciali SP3-SP61-SP29 (viale Europa) dall'altro, consentono l'accesso e l'attraversamento dei comuni oggetto di studio dalla direzione Est.

Internamente all'area di studio, porzione di territorio racchiusa a nord-ovest dal fiume Serchio, a nord-est dall'asse costituito da viale Europa (SP29)-strada provinciale romana lucchese-romana (SP61) e a sud dall'autostrada A11, sono state considerate strade di carattere secondario fondamentali però per una corretta interpretazione delle dinamiche veicolari. Inoltre, vista la natura dell'asse di progetto sono state incluse anche infrastrutture che allo stato attuale presentano uno scarso utilizzo ma che, successivamente, con l'inserimento delle nuove infrastrutture, possono assumere un ruolo importante.

## 1.1 Consistenza e caratteristiche della rete stradale principale presente

La rappresentazione della rete stradale considerata per le valutazioni di carattere trasportistico aumenta il livello di dettaglio con l'avvicinarsi all'area dei Comuni di Lucca e Capannori dove è collocata l'infrastruttura di progetto.

Su tale rete è possibile individuare più livelli funzionali attraverso cui classificare le diverse infrastrutture del sistema viario.

La rete nazionale autostradale è costituita dall'autostrada A11 Firenze – Pisa Nord in concessione alla società Autostrade per l'Italia, dalla tratta Sestri Levante – Livorno della A12 con relativa diramazione Lucca – La Spezia di collegamento tra le due autostrade entrambe in concessione alla società S.A.L.T.

L'autostrada A11, compresa tra le barriere di Firenze Ovest e di Pisa Nord ed appartenente al sistema autostradale chiuso, risulta collegata al sistema autostradale attraverso gli svincoli sulla A1 Roma – Bologna e sulla A12 Sestri Levante – Livorno in prossimità rispettivamente delle suddette barriere.

Di particolare interesse per il presente studio il tratto di oltre 16 km comprendente i caselli di Altopascio, Capannoni e Lucca, nonché lo svincolo con la diramazione A11-A12 Lucca – Viareggio.

Così come la A 11 anche la tratta della A12 Sestri Levante – Livorno risulta appartenere al sistema autostradale chiuso al quale risulta collegato attraverso i nodi con la A7 Genova Milano in prossimità di Genova Est e con la A 15 Parma – La Spezia in prossimità di quest'ultima. L'autostrada termina a sud con la barriera di Livorno, proseguendo poi per oltre 36 km circa sino a Rosignano (concessionaria S.A.T.)

Sistema di esazione di tipo aperto è invece presente sulla diramazione Lucca - Viareggio lunga circa 20 km e compresa tra le barriere di Viareggio e di Lucca. Unico svincolo presente risulta essere quello di Massarosa posto a circa 6 km dalla connessione all'A12.

La rete di livello regionale è costituita dalla S.S. 439 Sarzanese –Valdera, dalla S.S.12 dell'Abetone e del Brennero (di livello interregionale), dalle varianti alla SS12 e dalla S.S. 435 Pesciatina.

La Strada Statale 12 ha origine a sud nel comune di Pisa e termina a nord al valico del Brennero. A partire da Pisa corre in direzione nord ed in corrispondenza del comune di San Giuliano Terme il tracciato storico devia verso ovest e correndo quindi parallela al fiume Serchio giunge sino alla città di Lucca. La SS12 radd. congiunge il comune di San Giuliano Terme a Lucca attraverso un percorso più diretto sino all'altezza del casello di Lucca sulla A11. In prossimità del centro storico l'itinerario insiste sulla viabilità di livello comunale riprendendo più a nord e mantenendosi sulla sponda Est del fiume Serchio sino al comune di Borgo a Mozzano. Segue quindi l'andamento del Torrente Lima valicando l'Appennino nel comune dell'Abetone (1388 m). Quindi, arriva da nord rispetto all'area di studio per poi trovare prosecuzione in viale Europa fino all'autostrada e, successivamente, nel raddoppio della stessa statale in direzione Pisa. La vecchia SS12, invece, raggiunge Pisa più spostata verso ovest.

La SS435 collega la città di Pistoia a Lucca arrivando fino alle mura del centro storico di quest'ultima attraversando i comuni di Capannoni, Pescia, Uzzano, Baggiano, Massa e Cossile, Montecatini-Terme, Pieve a Nievole, Serravalle Pistoiese e Musumanno Terme.

La SS 439 da Follonica a Viareggio ha un tracciato interno e parallelo alla costa collega inoltre Pontedera a Lucca intersecando la A11 in corrispondenza del casello di Capannoni (casello che in previsione verrà chiuso) per poi piegare a sinistra e trovare esito in direzione ovest verso il mare.

A livello provinciale si distinguono i due itinerari composti dalle strade provinciali SP3-SP61-SP23 (via Romana) da un lato e dalle strade provinciali SP3-SP61-SP29 (viale Europa) dall'altro, che consentono l'accesso e l'attraversamento dei comuni oggetto di studio dalla direzione Est.

Sul versante Ovest del fiume Serchio si distinguono la SP1 di Camaiore di collegamento con l'omonimo comune sito all'interno della costa all'altezza di Viareggio e la SP2 di collegamento con la zona della Garfagnana che corre lungo la riva ovest del fiume Serchio.

La rete di carattere comunale e locale si concentra internamente alla porzione di territorio che si estende da ovest del fiume Serchio a nord-est dall'asse costituito da viale Europa (SP29)-strada provinciale romana lucchese-romana (SP61) chiudendosi a sud sull'autostrada A11.

Sono state considerate strade di carattere secondario fondamentali per una corretta interpretazione delle dinamiche veicolari (via dell'acquacalda, via delle ville, via della santissima annunciata, via del frizzone dove verrà aperto il nuovo casello, ecc.).

Inoltre, vista la natura dell'asse di progetto sono state incluse anche infrastrutture che allo stato attuale presentano uno scarso utilizzo ma che, successivamente, con l'inserimento della nuova infrastruttura, possono assumere un ruolo importante.

Propriamente di livello comunale ma che a livello funzionale svolgono un ruolo di interesse sovracomunale sono state individuate Via Einaudi, Via Luporini, Viale Europa a Lucca. Di carattere strettamente locale sono state individuate quelle strade comunali che svolgono principalmente una funzione di accesso e uscita dalle zone di traffico.

Ai fini operativi, l'infrastrutturazione stradale appena descritta è rappresentata nel modello stradale di simulazione dell'offerta di mediante il disegno di un grafo rappresentativo delle caratteristiche geometriche e funzionali della rete stradale, sia nelle condizioni attuali che nella configurazione di progetto.

Sul grafo stesso è simulata la distribuzione della domanda di trasporto (rappresentata dalle matrici Origine Destinazione definite dalla zonizzazione adottata e descritte rispettivamente nei Capitoli 4 e 2), con le relative scelte di itinerario.

Il grafo si compone dei seguenti elementi fondamentali:

- i centroidi, ovvero i poli generatori/attrattori della domanda di trasporto;

- i nodi, ovvero i punti che non hanno associato alcun potenziale di attrazione o generazione ed hanno invece funzione di consentire una riproduzione il più possibile fedele della rete, permettendo la rappresentazione delle intersezioni stradali tra differenti assi viari;
- gli archi, ovvero i collegamenti tra i nodi, che rappresentano le infrastrutture di trasporto della rete stradale.

Nel caso specifico, il grafo messo a punto è costituito dagli elementi di seguito riportati:

- 550 archi che rappresentano la rete stradale dell'area di Piano (di cui 107 rappresentano archi connettori che servono per la connessione dei centroidi al grafo). La rete viaria considerata ha un'estensione totale di circa 865 km (esclusi gli archi connettori) con circa il 40% dell'estensione interna all'area di Studio;
- 331 nodi che rappresentano punti di notevole interesse per la rete stradale (intersezioni);
- 86 centroidi rappresentativi delle zone in cui è stato suddiviso il territorio e da cui si intende proveniente/entrante tutta la domanda di spostamento dell'area che rappresentano.

Agli archi stradali sono associate una serie di caratteristiche sia fisiche che funzionali quali, ad esempio:

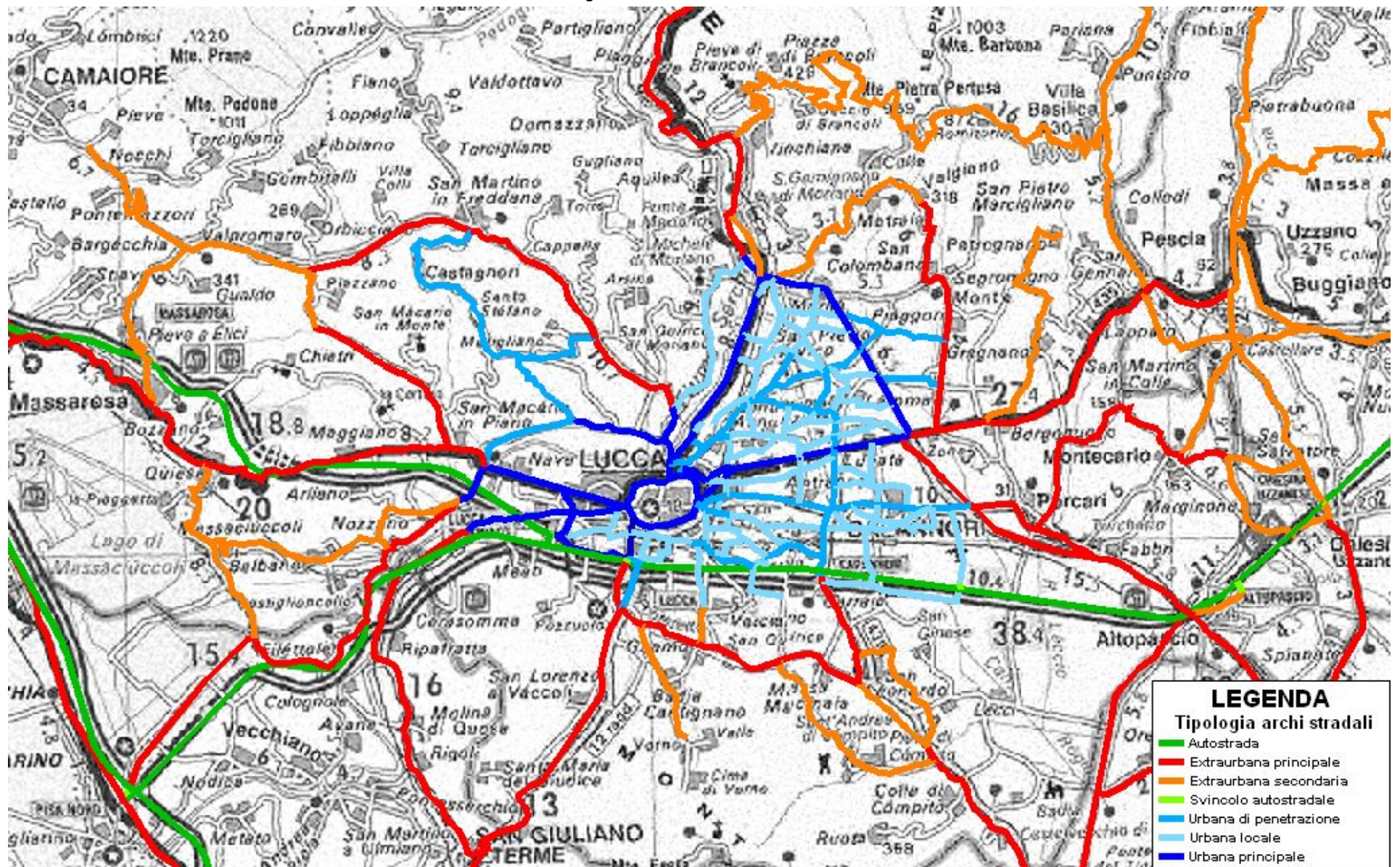
- la lunghezza;
- la direzione dei flussi;
- il numero delle corsie, distinto per senso di marcia;
- la classe funzionale della strada;
- la capacità distinta per senso di marcia espressa in veicoli/ora;
- la velocità a flusso nullo espressa in km/h;
- il costo del pedaggio (se presente);
- i toponimi.

La rete stradale è schematizzata con archi, rappresentati con elementi lineari di collegamento fra due diversi nodi, e classificati mediante le proprie caratteristiche geometriche e funzionali.

Una rappresentazione della rete attraverso le sole caratteristiche geometriche non è sufficiente a descrivere il reale comportamento del sistema, ma solo attraverso delle funzioni di ritardo è possibile analizzare la "funzionalità" degli archi al variare del flusso. A tal fine si è predisposta una classe di funzioni di ritardo (Funzioni di deflusso) per ogni arco della rete.

Nella figura seguente è rappresentata la struttura dell'intero grafo utilizzato nelle simulazioni.





Ciascun arco è inoltre caratterizzato da una funzione di deflusso, che simula la variazione del tempo necessario a percorrere l'arco in funzione del carico veicolare dello stesso e delle sue caratteristiche funzionali e geometriche.

Le funzioni di deflusso messe a punto in questo studio per l'utilizzo sul modello di simulazione TransCad hanno tenuto conto della complessità della rete stradale di riferimento in relazione alla contemporanea presenza di infrastrutture a carattere prettamente urbano con altre di tipologia extraurbana ed autostradale.

La funzione di deflusso viene attribuita a ciascun arco della rete attraverso la seguente forma:

$$t=t(q, n, C, \alpha, \beta, l)$$

Le variabili della funzione dipendono dalla collocazione dell'infrastruttura (strada urbana o extraurbana, principale o secondaria), dalle caratteristiche geometrico-funzionali (sosta, intersezioni con strade secondarie non inserite nel grafo, larghezza della carreggiata, tortuosità, pendenza, ecc.).

E' prassi comune ricorrere ad una semplificazione del problema procedendo alla definizione di categorie di infrastrutture stradali, caratterizzate ciascuna da una singola curva di deflusso che rappresenti le condizioni medie di categoria.

La suddivisione in categorie è stata trattata nell'ambito di due gruppi principali: le infrastrutture urbane e quelle extraurbane.

In entrambi i casi si è utilizzata una funzione del tipo BPR<sup>1</sup>, la cui espressione generale è:

$$t^{BPR}(q)=t_0 \left[ 1 + \alpha \cdot \left( \frac{q}{n \cdot C} \right)^\beta \right]$$

in cui il tempo di percorrenza di un tratto unitario dell'arco ad un dato livello di flusso è espresso come funzione del tempo di percorrenza dell'arco a flusso nullo  $t_0$  per un fattore maggiore dell'unità che dipende dal flusso  $q$ , dalla capacità  $n \cdot C$  dell'arco stesso ( $n$  rappresenta il numero di corsie per senso di marcia,  $C$  la capacità per corsia) e da due parametri  $\alpha$  e  $\beta$  che sottintendono un insieme di fattori funzionali dell'arco (caratteristiche geometriche, condizioni d'uso, presenza di sosta, ecc.).

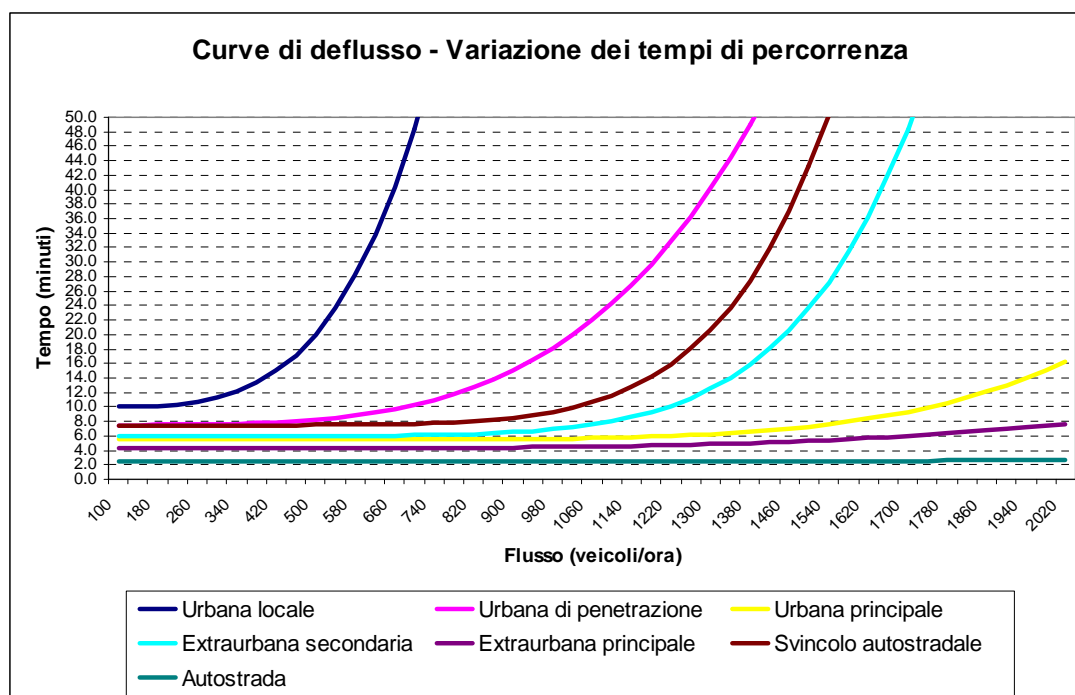
In ambito urbano si è tenuto conto di un abbattimento della capacità e della velocità di percorrenza a flusso nullo dovute sia ai limiti di velocità imposti in tali ambiti sia alla presenza di fattori quali attività produttive, presenza di sosta illegale, passi carrabili, ecc. che riducono le caratteristiche di deflusso degli archi stessi.

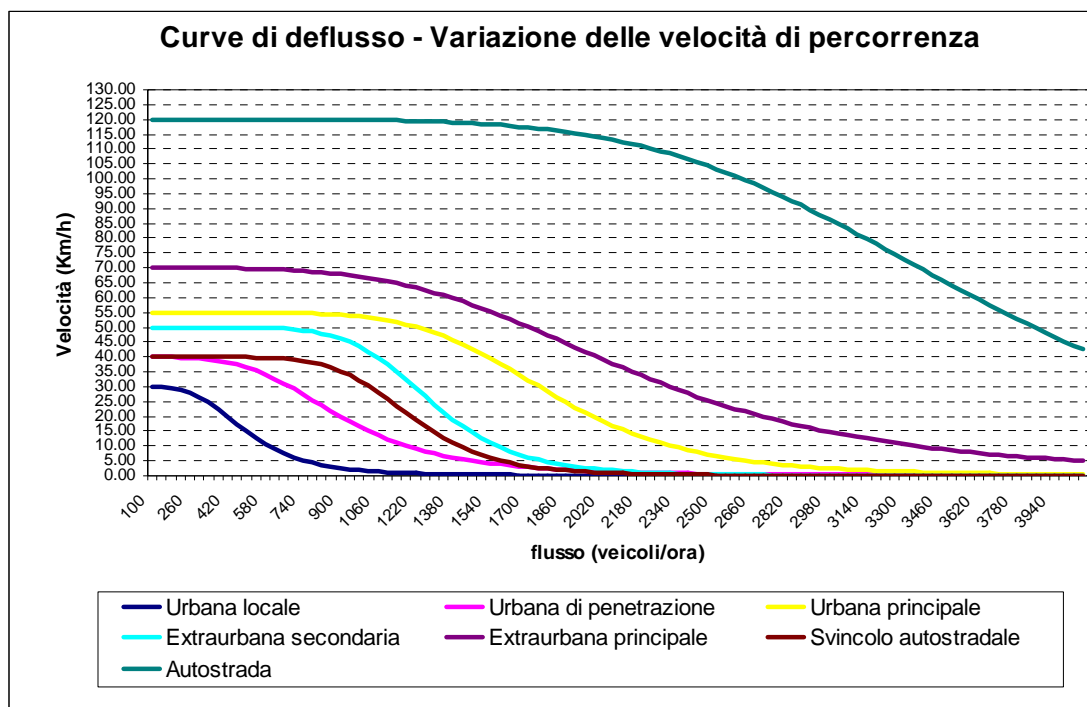
<sup>1</sup> Bureau of Public Roads, Traffic Assignment Manual, U.S. Dept. of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C., 1964.

Inoltre, per tener conto anche del ritardo dovuto alle intersezioni semaforizzate è stato attribuito un valore fisso di perditempo al nodo valutato in relazione alla probabilità di avere la precedenza/verde al semaforo. Sono inoltre state impedito le inversioni di marcia in corrispondenza dei nodi terminali di ciascun arco.

L'attribuzione della curva di deflusso agli assi stradali ricopre un ruolo fondamentale nella caratterizzazione dell'offerta di trasporto che si sta simulando. La variazione dei tempi di percorrenza degli archi in funzione del traffico simulato sull'infrastruttura incide sul costo dello spostamento determinando, se si utilizza un modello di assegnazione all'equilibrio, la scelta del percorso di ogni singolo utente in funzione della scelta contemporanea degli altri utenti, con l'obiettivo di minimizzare il costo generalizzato del trasporto.

Nelle figure seguenti è visualizzata la curva di deflusso utilizzata nel modello di offerta stradale per ognuna delle tipologie di infrastruttura adottate nella rete, e la conseguente variazione di velocità (e quindi di tempo di percorrenza dell'asse stradale) in funzione della variazione del "carico" (numero di veicoli) che insiste sull'asse stradale.





## 1.2 Analisi dei dati relativi all'incidentalità sulla rete stradale principale

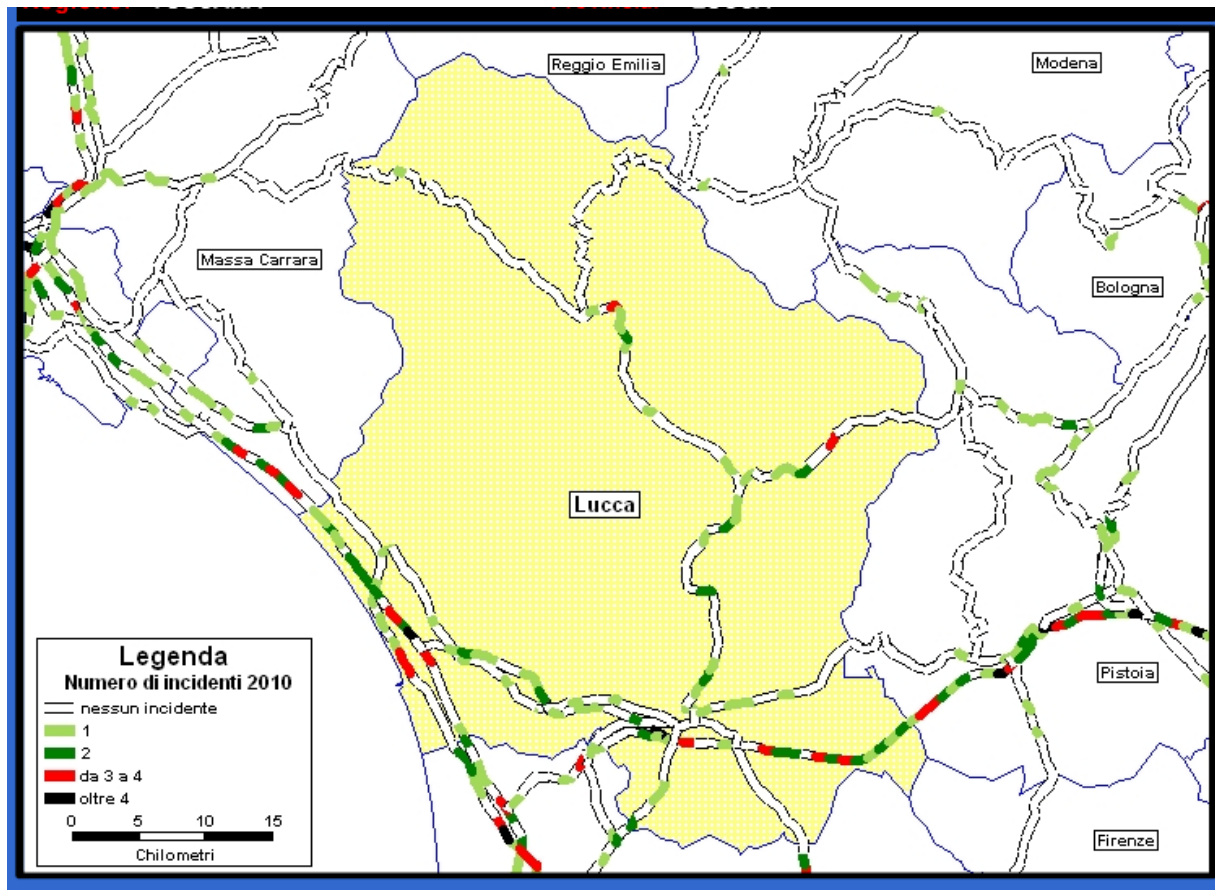
Il Sistema Tangenziale di Lucca si inserisce nel contesto urbano di Lucca come collegamento di penetrazione alle zone della Garfagnana per spostamenti di media e lunga percorrenza, nonché a supporto delle relazioni locali di scambio tra comuni limitrofi ed interni ai comuni stessi (nella fattispecie Lucca e Capannoni).

L'analisi verrà quindi svolta con riferimento alla sola rete ricadente all'interno del territorio della Provincia di Lucca in quanto gli eventuali effetti del progetto sull'incidentalità stradale potranno risentirsi solo all'interno di tali confini.

Questo accentuato carattere locale comporta inoltre che l'analisi dell'incidentalità sulla rete stradale attuale risulta orfana dei dati relativi alla numerosità ed alle conseguenze dei sinistri che avvengono sulla rete locale comunale interessata da spostamenti di media lunga percorrenza.

Come si nota infatti dalla seguente figura (estratta direttamente dalla pubblicazione ACI – Localizzazione degli incidenti stradali – Anno 2010) gli incidenti sulla rete non autostradale hanno una maggiore frequenza in prossimità del centro urbano di Lucca.

La mancanza di informazioni sulla rete locale inoltre non permette di approfondire il tema relativo ad eventuali conflitti tra le diverse categorie di traffici, in particolari sulle così dette "utenze deboli".



Fonte: Localizzazione degli incidenti stradali 2010 – ACI – Istituto Nazionale di Statistica

Si ritiene peraltro utile fornire alcune informazioni estratte dalla pubblicazione ACI relativamente alle infrastrutture di carattere regionale precedentemente descritte.

La SS12 del Brennero e dell'Abetone, che dal km 16,9 al 64,7 ricade nel territorio della provincia di Lucca, è stata scena di 20 incidenti nell'anno 2010 che hanno comportato 1 e 31 feriti, mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati rispettivamente 13 ed 11.

Sulla SS12 Radd., dal km 3,1 al 12,6, si sono verificati 4 incidenti con una conseguenza mortale e con 4 feriti, , mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati rispettivamente 7 e 6.

Sulla SS439 Sarzanese, dal km 0,00 al 47,5 sono stati verbalizzati 7 incidenti, nessun morto e 9 feriti, mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati rispettivamente 19 e 9.

La SS435 Lucchese, dal km 0,0 al 13,0, è stata scena di 4 incidenti, nessun morto e 9 feriti, mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati 3 in ciascun anno.

Si evidenzia, inoltre la presenza di 30 incidenti sulla diramazione A11-A12 Lucca-Viareggio, con 43 feriti e nessun morto, mentre sulla A11 tra i chilometri 50 e 66 si sono verificati 31 incidenti con nessun morto e 61 feriti.

### 1.3 L'offerta di trasporto attuale

Il grafo che schematizza la rete di trasporto stradale dell'area di Studio e di Piano è rappresentato da 550 archi e 420 nodi che rappresentano l'offerta di trasporto dell'area.

Dei 420 nodi 89 sono "Centroidi", ovvero nodi fittizi rappresentativi delle zone di traffico da cui si ritiene sia originata/destinata la domanda di trasporto dell'area.

Dei 550 archi, 107 sono archi fittizi ("Connettori") che servono ad agganciare la rete che rappresenta l'offerta di trasporto alle zone di traffico ("Centroidi").

L'estensione complessiva dell'offerta di trasporto è di 865 Km circa monodirezionali.

Per meglio caratterizzare l'offerta di trasporto dell'area, la rete è stata suddivisa in sette differenti tipologie di infrastruttura. Nella tabella seguente, per ogni tipologia viene riportata l'estensione complessiva considerata.

Tipologia di infrastruttura	Lunghezza (Km per direzione)
Autostrada	144
Extraurbana principale	310
Extraurbana secondaria	241
Svincolo autostradale	2
Urbana di penetrazione	51
Urbana locale	75
Urbana principale	42
<b>Totale complessivo</b>	<b>865</b>

L'offerta precedentemente descritta rappresenta l'intera rete rappresentativa dell'area di Studio e dell'area di Piano.

Per meglio analizzare l'impatto sull'offerta di trasporto attuale degli assi stradali in progetto, dalla rete precedente è stata estratta una sub-rete che rappresenta meglio l'offerta strettamente influenzata dal progetto, ovvero quella strettamente interna all'area di Studio. Su questa sub-rete sono stati analizzati tutti gli indicatori trasportistici che servono a valutare l'impatto della nuova infrastruttura sul sistema viario dell'area.

La tabella seguente evidenzia l'estensione delle singole tipologie considerate all'interno della sub-area.

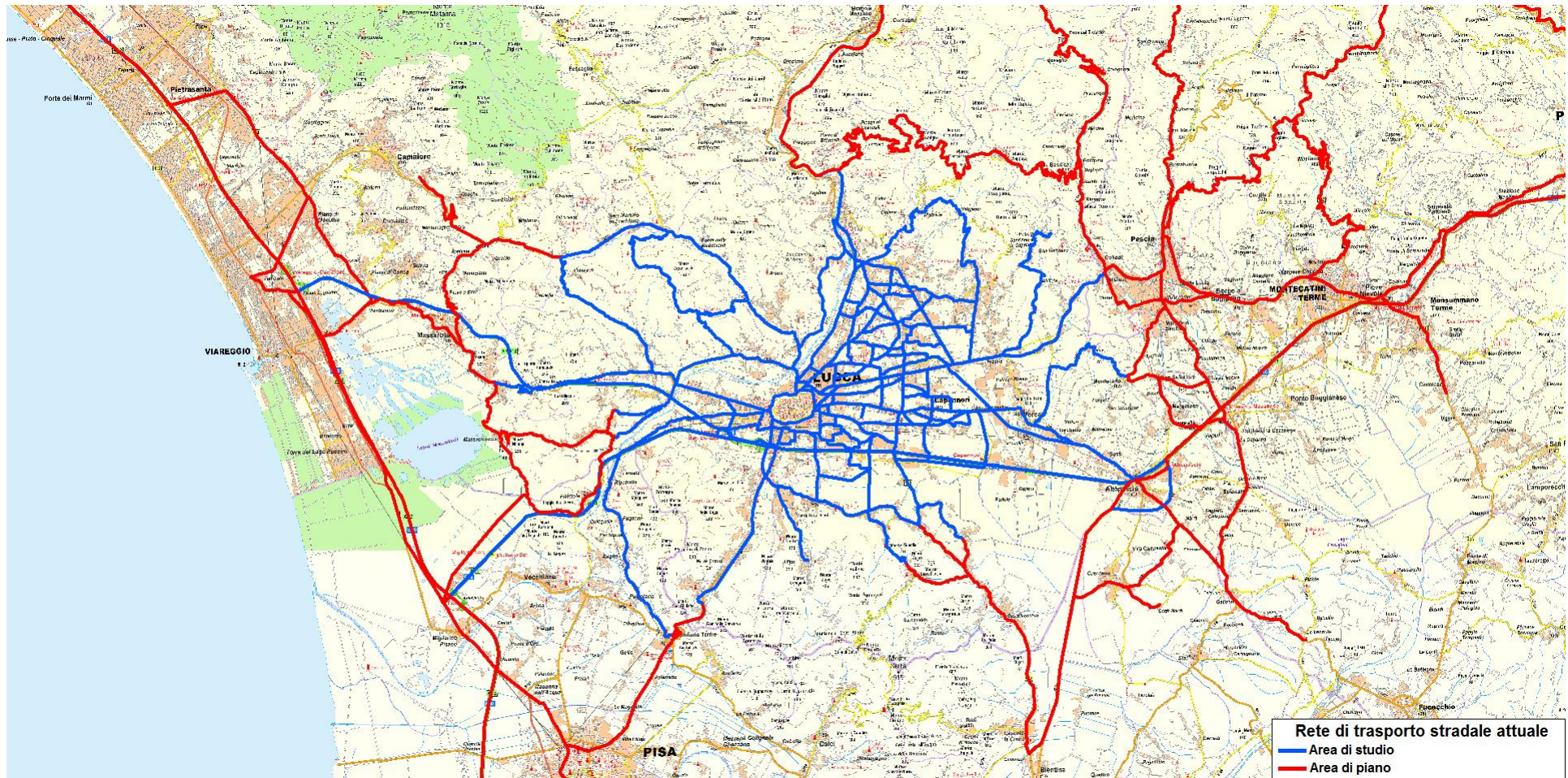
Tipologia di infrastruttura	Lunghezza (Km per direzione)
Autostrada	51

Extraurbana principale	94
Extraurbana secondaria	30
Svincolo autostradale	1
Urbana di penetrazione	51
Urbana locale	75
Urbana principale	42
<b>Totale complessivo</b>	<b>345</b>

Per un'analitica descrizione delle caratteristiche infrastrutturale della rete di trasporto stradale si rimanda in allegato.

Nella figura seguente viene rappresentata la suddivisione delle infrastrutture stradali tra area di Studio ed area di Piano.

Sistema Tangenziale di Lucca  
Progetto Preliminare





#### 1.4 L'offerta di trasporto di progetto

In questo paragrafo sono descritte sinteticamente le caratteristiche delle infrastrutture stradali che compongono il "Sistema Tangenziale" di Lucca.

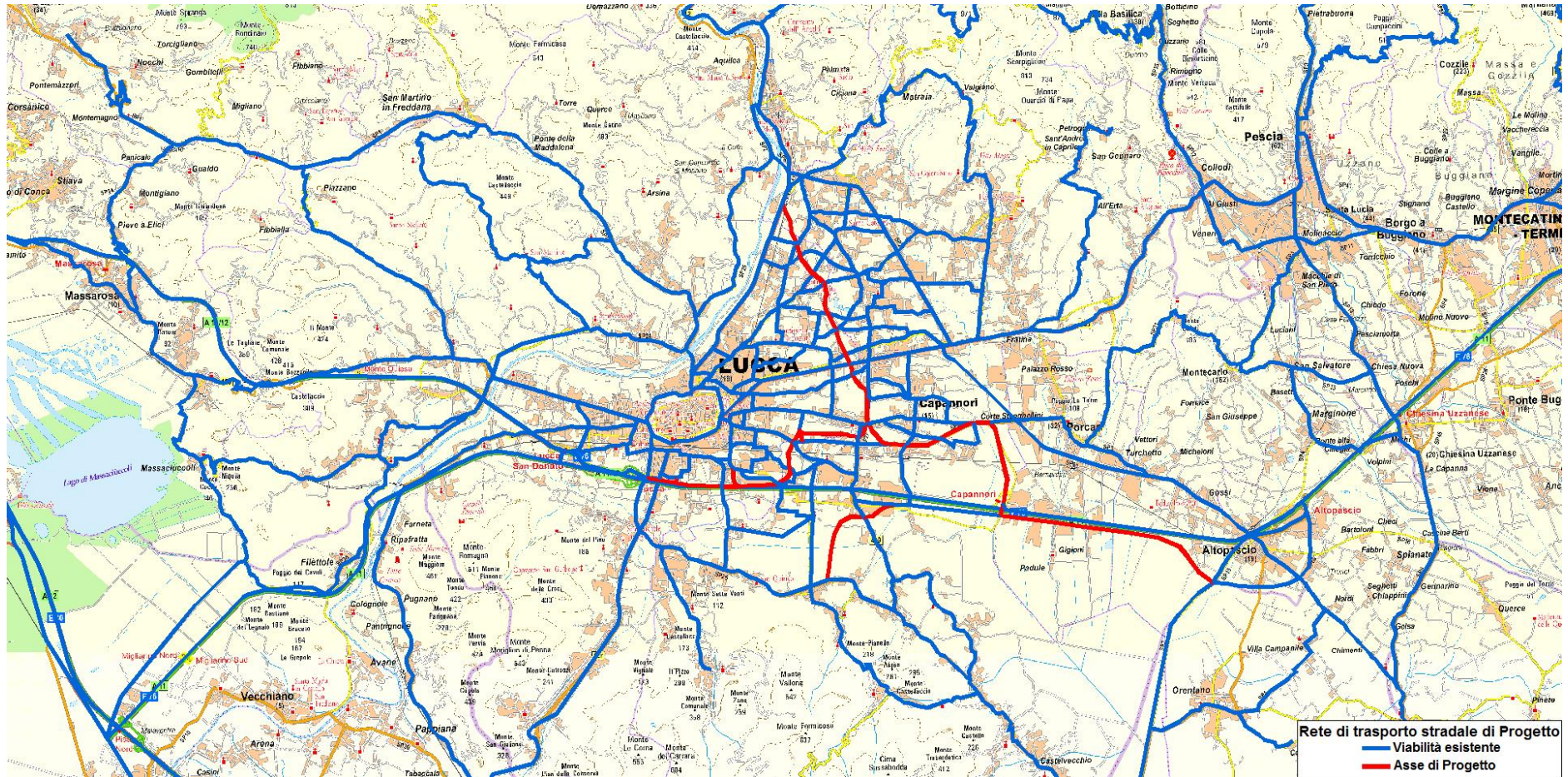
L'estensione totale dell'intervento è di circa 30 Km, costituita dall'adeguamento di viabilità esistenti e dalla realizzazione di nuovi tratti di strada di categoria C1, così composte:

- Asse Nord-Sud  
lunghezza pari a 5,14 Km, si connette a nord con la S.S.12 dell'Abetone e del Brennero in località Tacchini ed a sud con la S.P.23 Romana in località Antraccoli;
- Asse Ovest-Est  
in direzione ovest verso il casello di Lucca Est (L=4,95 Km), di categoria C1;
- Asse Est-Ovest  
in direzione est verso il nuovo casello autostradale di Capannori sulla A11 Firenze-Pisa in località Frizzone (L=4,65 Km), di categoria C1.

Tutti questi assi sono completati da una rete di viabilità di rammaglio all'esistente.

- Adeguamento della SS12  
di categoria stradale C2 avente uno sviluppo totale di 3,87 km, di collegamento tra il ponte esistente sul fiume Serchio in località Ponte a Moriano ed il nuovo ponte in progetto da parte della Provincia di Lucca in località Corte Pasquinelli;
- Cavalcaferrovia della linea Lucca-Pistoia-Firenze  
nell'area "ex scalo merci" di Lucca, avente uno sviluppo di circa 0,6 km, comprensivo del collegamento con la viabilità esistente;
- Opera connessa  
nuova viabilità di collegamento fra Carraia ed il casello A11 del Frizzone (adeguamento di via del Rogio) e collegamento con via di Sottomonte, avente uno sviluppo di 3,5 km;
- Circonvallazione di Altopascio  
nuova viabilità di collegamento tra il casello A11 del Frizzone e la S.P.3 Bientina Altopascio avente un'estensione di 5,78 km.

La figura seguente evidenzia il posizionamento delle infrastrutture di progetto all'interno del sistema stradale dell'area.



## 2 DEFINIZIONE DELL'AREA DI STUDIO, DI PIANO E RELATIVA ZONIZZAZIONE

Una delle prime attività connesse alla definizione dell'entità della domanda di trasporto interessata all'uso del nuovo asse oggetto del presente studio, è consistita nell'individuazione dell'area entro cui si propagano tutti gli effetti conseguenti all'intervento stesso.

L'entità degli effetti diminuisce progressivamente con la distanza e, quindi, potrà essere definita un'area (detta Area di Studio) in cui viene realizzato l'intervento ed al cui interno si risentono in misura maggiore le sue conseguenze.

L'area entro cui, invece, si propagano, in qualche misura, gli effetti, viene definita come Area di Piano.

Gli spostamenti interessanti le due aree, come illustrato nella figura seguente, possono essere definiti come:

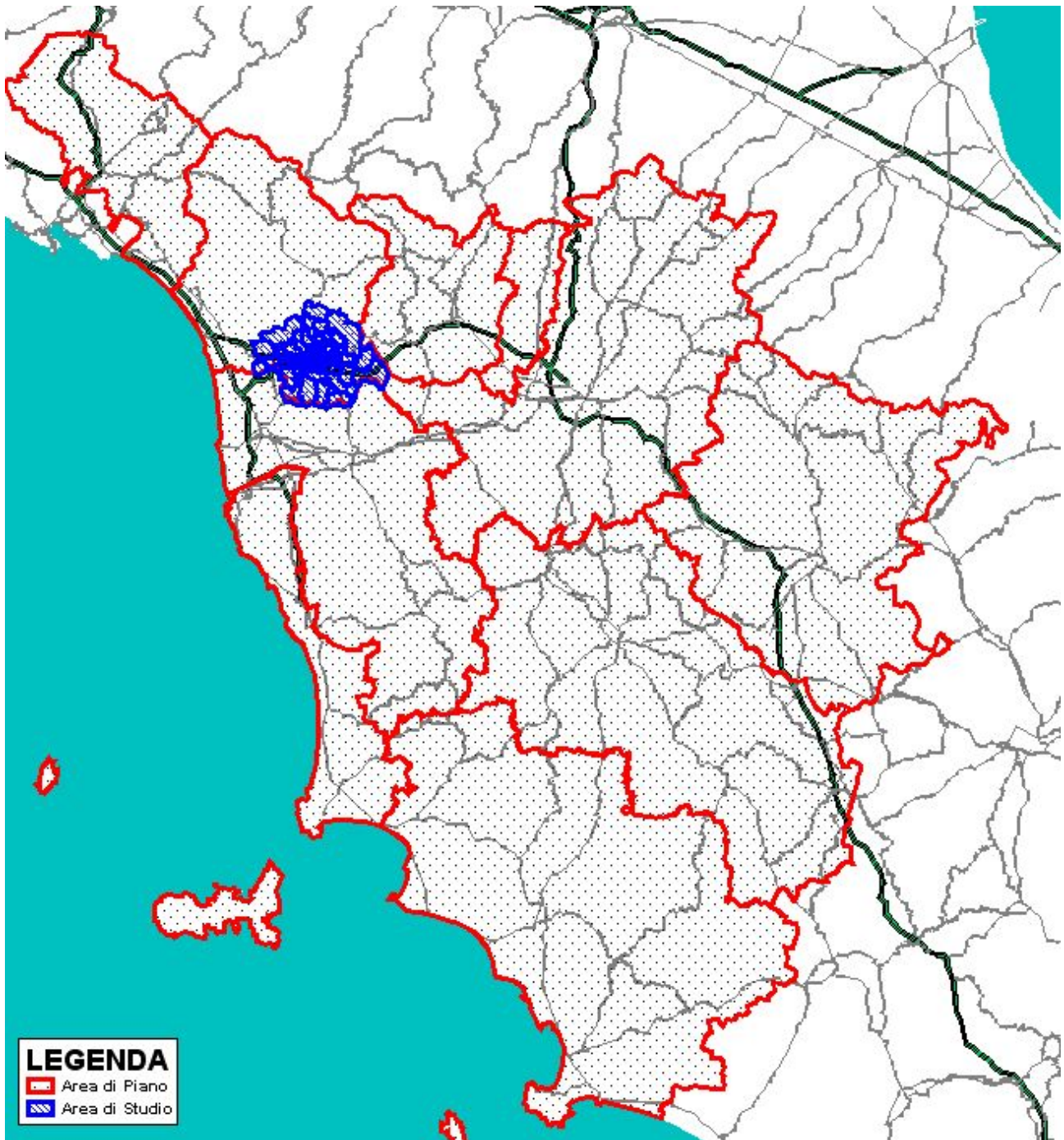
- **Interni:** si esauriscono all'interno dell'Area di Studio;
- **Penetrazione-uscita:** presentano solo uno dei due terminali interni all'Area di Studio e, l'altro, esterno ad essa ma compreso nell'Area di Piano;
- **Attraversamento:** presentano entrambi i terminali esterni all'Area di Studio ma compresi nell'Area di Piano.

Tenuto conto dell'importanza locale dell'intervento costituito dalla costruzione di un nuovo asse nord – sud nel territorio della piana di Lucca e dei relativi collegamenti all'attuale casello autostradale di Lucca e del futuro casello di Capannoni, l'Area di Studio è stata estesa ai comuni di Lucca, Capannoni, Porcari ed Altopascio.

Per le stesse ragioni l'Area di Piano è stata estesa al territorio della Regione Toscana.

Visto il carattere nazionale degli scambi del territorio dell'Area di Studio, le zone di bordo dell'Area di Piano collegate alle principali infrastrutture autostradali (Firenze, Massa-Carrara, Livorno-Grosseto), rappresentano in termini di spostamenti anche porzioni di territorio non considerate all'interno dell'Area di Piano stessa.

La rappresentazione Aree di Studio e di Piano è riportata nella figura successiva.



## 2.1 Premessa

Al fine di definire il modello interpretativo della domanda di trasporto è necessario individuare delle zone di traffico, di dimensione opportuna, attraverso la "suddivisione" del territorio costituente l'Area di Studio e di Piano.

Le zone di traffico, infatti, rappresentano l'unità elementare in cui viene "discretizzato" il territorio e, conseguentemente, l'aumento del loro numero comporta un incremento del livello di complessità delle analisi da effettuare; d'altro canto, un numero limitato di zone limita il livello di precisione dei risultati che possono essere ottenuti.

Nella scelta della dimensione e della forma delle zone di traffico sono, normalmente, considerati i seguenti fattori essenziali:

- definizione dei confini amministrativi (ad es. confini provinciali, confini comunali, sezioni censuarie, ecc.);
- limiti fisici naturali quali fiumi, laghi catene montuose e limiti fisici antropici quali linee ferroviarie;
- possibilità di rendere trascurabile o, quanto meno, determinabile con precisione l'uso della rete e dei servizi da parte degli spostamenti interni alle zone stesse (minimizzazione degli spostamenti intrazonali).

A ciascuna zona di traffico corrisponderà un unico polo (centroide) del grafo, nel quale si considerano concentrati tutti i terminali degli spostamenti aventi origine o destinazione all'interno della zona stessa.

Nei paragrafi successivi sono riportati i risultati dell'attività svolta in relazione alla definizione della zonizzazione di traffico.

## **2.2 Zonizzazione dell'Area di Piano**

L'Area di Piano è costituita da 18 zone omogenee di traffico tracciate a partire dai confini dei Comuni della Regione Toscana.

I criteri di individuazione delle zone di traffico hanno comportato la definizione di porzioni di territorio la cui superficie aumenta all'aumentare della distanza dall'Area di Studio. Le Province di Grosseto, Livorno, Siena, Massa Carrara sono state associate ciascuna ad una singola zona di traffico in considerazione della distanza e della scarsa possibilità di scelta di percorsi per accedere al territorio dell'Area di Studio.

La Provincia di Pisa è stata suddivisa in quattro zone omogenee di traffico di cui tre poste immediatamente a ridosso dei confini con la Provincia di Lucca e suddivise in relazione alla conformazione della rete stradale principale.

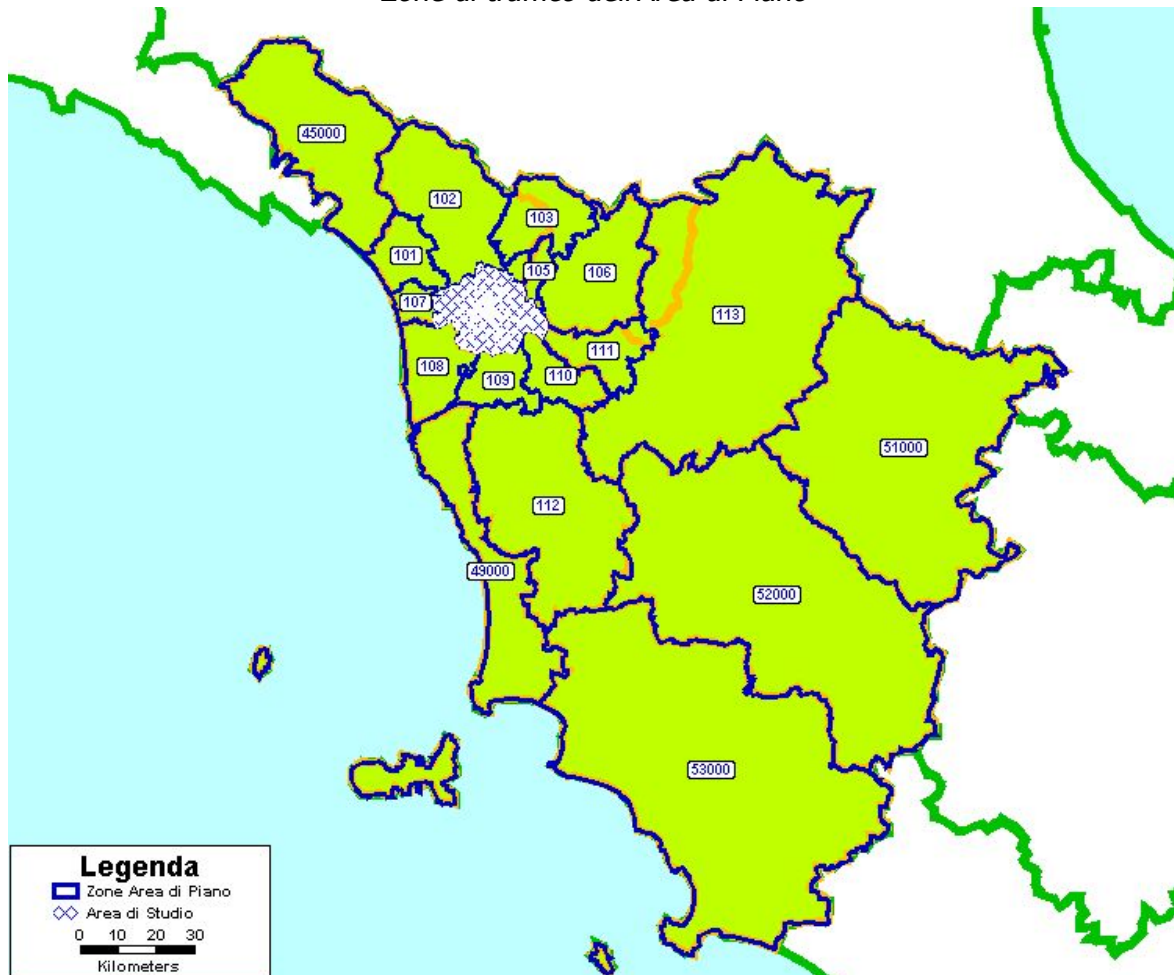
La Provincia di Firenze, i cui confini sono cambiati dal 1991 ad oggi in relazione all'introduzione della Provincia di Prato, è stata considerata assieme alla Provincia di Prato con esclusione dei comuni posti a sud dei confini della Provincia di Pistoia. Tale zona è stata considerata a parte in relazione alla maggiore vicinanza ed ai differenti collegamenti stradali con l'Area di Studio.

Per la provincia di Lucca, ad esclusione dell'Area di Studio, sono state considerate come principali poli generatori/attrattori la parte zona costiera della Versilia e l'alta valle del Serchio posta tra la Garfagnana e le Alpi Apuane.

Nella tabella e figura successiva sono riportate i codici ed i nomi delle zone di traffico appartenenti all'Area di Piano ed utilizzate nel modello di simulazione.

ID Zona	Nome Zona	ID Zona	Nome Zona
101	Versilia Camaiore	110	Pisa Est
102	Alta valle Serchio	111	Empoli
103	Abetone - Bagni di Lucca	112	Pisa
104	Villa Basilica	113	Prato - Firenze
105	Pescia	45000	Massa Carrara
106	Pistoia	49000	Livorno
107	Versilia Viareggio	51000	Arezzo
108	Pisa Ovest	52000	Siena
109	Pisa Centro	53000	Grosseto

*Zone di traffico dell'Area di Piano*



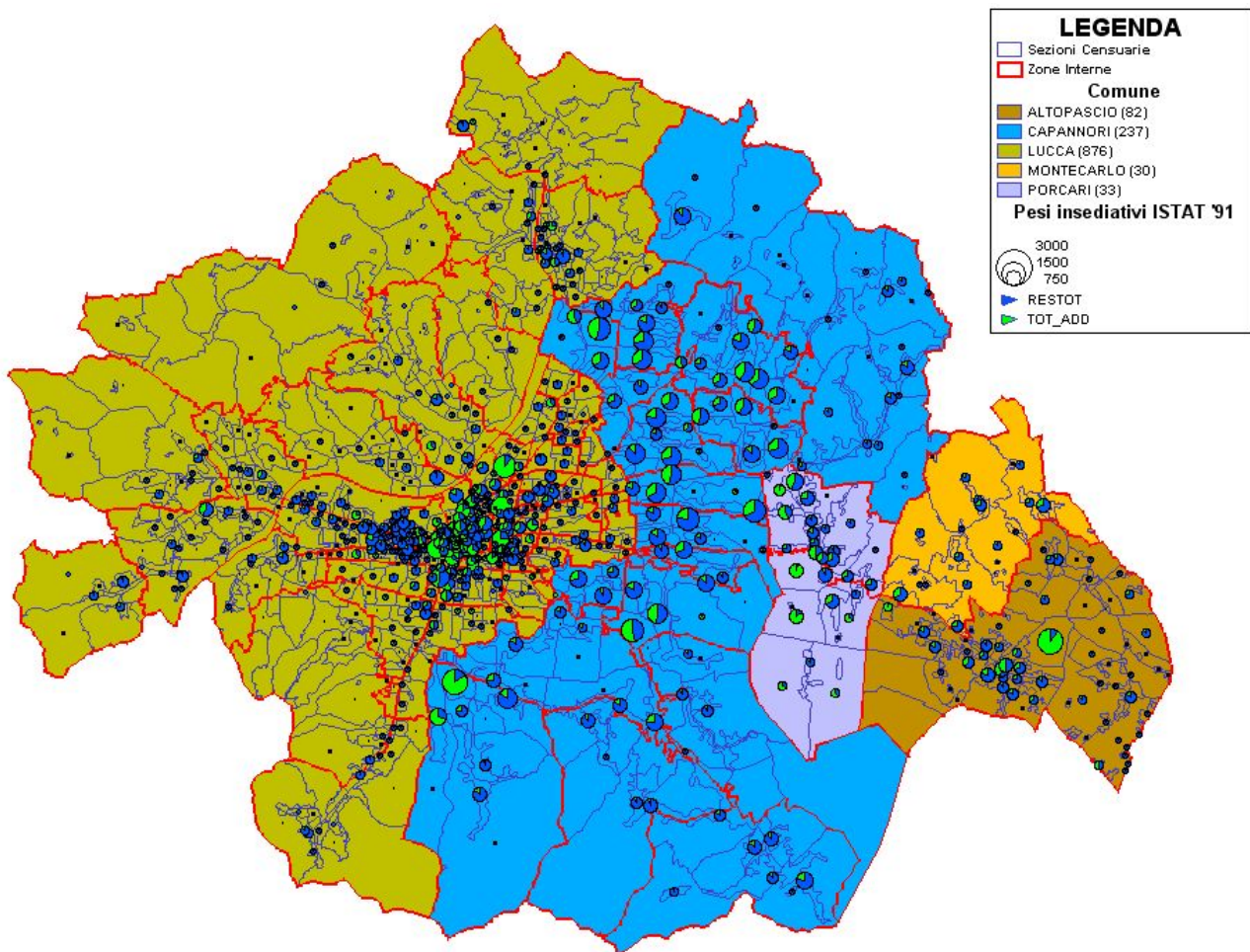
### 2.3 Zonizzazione dell'Area di Studio

L'Area di Studio, definita dall'insieme dei territori dei Comuni di Lucca, Capannori, Porcari, Montecarlo ed Altopascio, risulta costituita da 71 zone omogenee di traffico.

I Comuni di Lucca e Capannori sono stati suddivisi in base alle zone censuarie del 1991 rispettivamente in 50 e 17 zone omogenee, il comune di Porcari in due zone mentre i Comuni di Altopascio e Montecarlo sono stati considerati ciascuno come una singola zona di traffico.

Nella definizione delle zone di traffico sono stati considerati sia i tre principi guida riportati in premessa, che il criterio generale di aggregare porzioni di territorio man mano più grandi allontanandosi dal tracciato dell'infrastruttura di progetto.

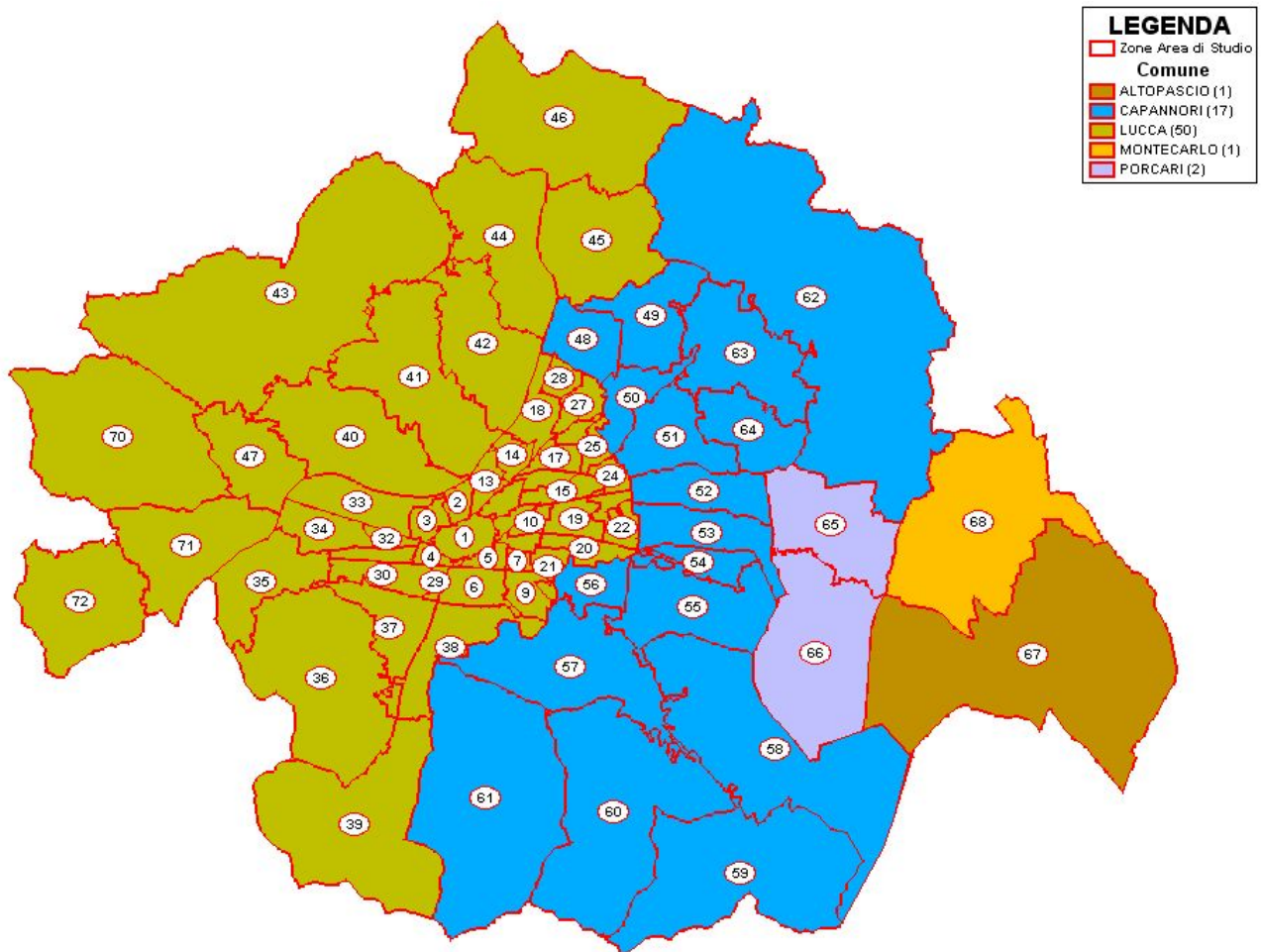
Nella figura seguente viene fornita una visione di insieme della distribuzione delle residenze e delle attività attraverso la rappresentazione del numero di residenti ed addetti per zona censuaria relativa al censimento 1991 in diagrammi a torta.



La lettura di tale figura in scala ridotta rispetto quella presentata ha fornito un utile strumento per la chiusura dei confini di ciascuna singola zona (riportati in rosso). Sono infatti state isolate le zone a forte valenza industriale e commerciale da quelle a prevalente uso residenziale.

Inoltre è stato possibile isolare, in special modo in prossimità del tracciato di progetto, i nuclei abitativi/industriali in modo da poter considerare minimi gli spostamenti all'interno della zona stessa.

La rappresentazione finale, con a corredo gli identificativi delle zone omogenee di traffico individuate, è riportata nella figura seguente.





### 3 LE INDAGINI DI TRAFFICO

Con la campagna di indagine sono state integrate le basi dati acquisite presso l'ISTAT e le rilevazioni di traffico già disponibili (PTCP e Società Autostrade).

Finalità della campagna è la ricalibrazione della matrice Origine Destinazione (O/D) di area, descritta nel capitolo 4, degli spostamenti passeggeri e merci dell'ora di punta, con specifico riferimento all'area di studio definita, includendo sia gli spostamenti sistematici che quelli non sistematici.

I dati O/D degli spostamenti ISTAT (riferiti al 2001, che sono gli ultimi disponibili) sono relativi alla mobilità passeggeri sistematica, generata dal primo spostamento della giornata.

I dati in possesso sono stati aggiornati nel corso della progettazione attraverso due differenti campagne di rilievo:

- o una campagna di indagine/conteggio effettuata da ANAS S.p.A. nel 2004 riguardo la componente merci e passeggeri;
- o una campagna di solo conteggio del 2008 effettuata dall'Ufficio Viabilità del Comune di Lucca.

La campagna di indagine/conteggio eseguita ha permesso di:

- o Rilevare gli andamenti orari dei flussi di traffico (passeggeri e merci) lungo le direttrici di principale interesse per il progetto;
- o Definire la quota di traffico che impegna gli assi stradali dell'area di studio nell'ora di punta rispetto al Traffico Giornaliero Medio (TGM);
- o Definire le quote di traffico nella fascia oraria diurna (06:00 – 22:00) e notturna (22:00 – 06:00) che impegnano l'area di studio;
- o Aggiornare, con dati attuali, alcuni indicatori che caratterizzano lo spostamento, quali:
  - Tipologia di mezzo utilizzato per lo spostamento;
  - Durata dello spostamento e sistematicità dello stesso (frequenza ed eventuale ritorno in giornata);
  - Coefficiente di occupazione del veicolo (solo spostamenti passeggeri);
  - Motivo dello spostamento.

La localizzazione delle sezioni è stata determinata in modo da intercettare sia i flussi interni all'area di studio che quelli esterni alla stessa. I conteggi sono stati svolti su 7 sezioni stradali con rilevamento strumentale, e su 3 intersezioni stradali con conteggio manuale.

I conteggi strumentali sulle sezioni sono stati effettuati al minimo per 24 ore in un giorno feriale medio nei seguenti punti:

- Sez. 1 = Località S.S. 12 Ponte a Moriano (Comune di Lucca);
- Sez. 2 = Località Borgo Giannotti (Comune di Lucca);
- Sez. 3 = Località S.P. 23 Via Puccini (Comune di Porcari);
- Sez. 4 = Località S.S.435 Pesciatina (Comune di Capannori);
- Sez. 5 = Località S.P.69 Viale Europa (Comune di Capannori);
- Sez. 6 = Località Via San Concordio (Comune di Lucca);
- Sez. 7 = Località Via Di Ville (Comune di Capannori).

Sulla sezione 1 il rilievo è stato effettuato per sette giorni consecutivi in maniera tale da poter valutare l'andamento del traffico nell'arco di un'intera settimana.

Sulle tre intersezioni il rilievo è stato effettuato manualmente per sei ore nei periodi di punta della mattina e del pomeriggio con conteggio delle singole manovre di svolta. Per i risultati dei rilievi si rimanda all'allegato alla Relazione.

- Intersezione 1 = SP 27 – via Tiglio, Località Corte Celli;
- Intersezione 2 = SP 27 - SP 23, Località Antraccoli;
- Intersezione 3 = SP 23 – SS 435, Località Lunata.

Le indagini O/D sono state effettuate mediante la somministrazione di un questionario ai conducenti delle autovetture e dei veicoli merci, richiedendo informazioni circa l'origine e la destinazione dello spostamento, il motivo e la frequenza dello stesso, il numero dei passeggeri, la tipologia di veicolo e la sua alimentazione.

Delle cinque sezioni O/D, tre sono state ubicate in prossimità delle sezioni monitorate tramite strumento contraffico e le restanti due in corrispondenza dei caselli autostradali, dove peraltro sono disponibili i dati di flusso forniti dalla Società Autostrade.

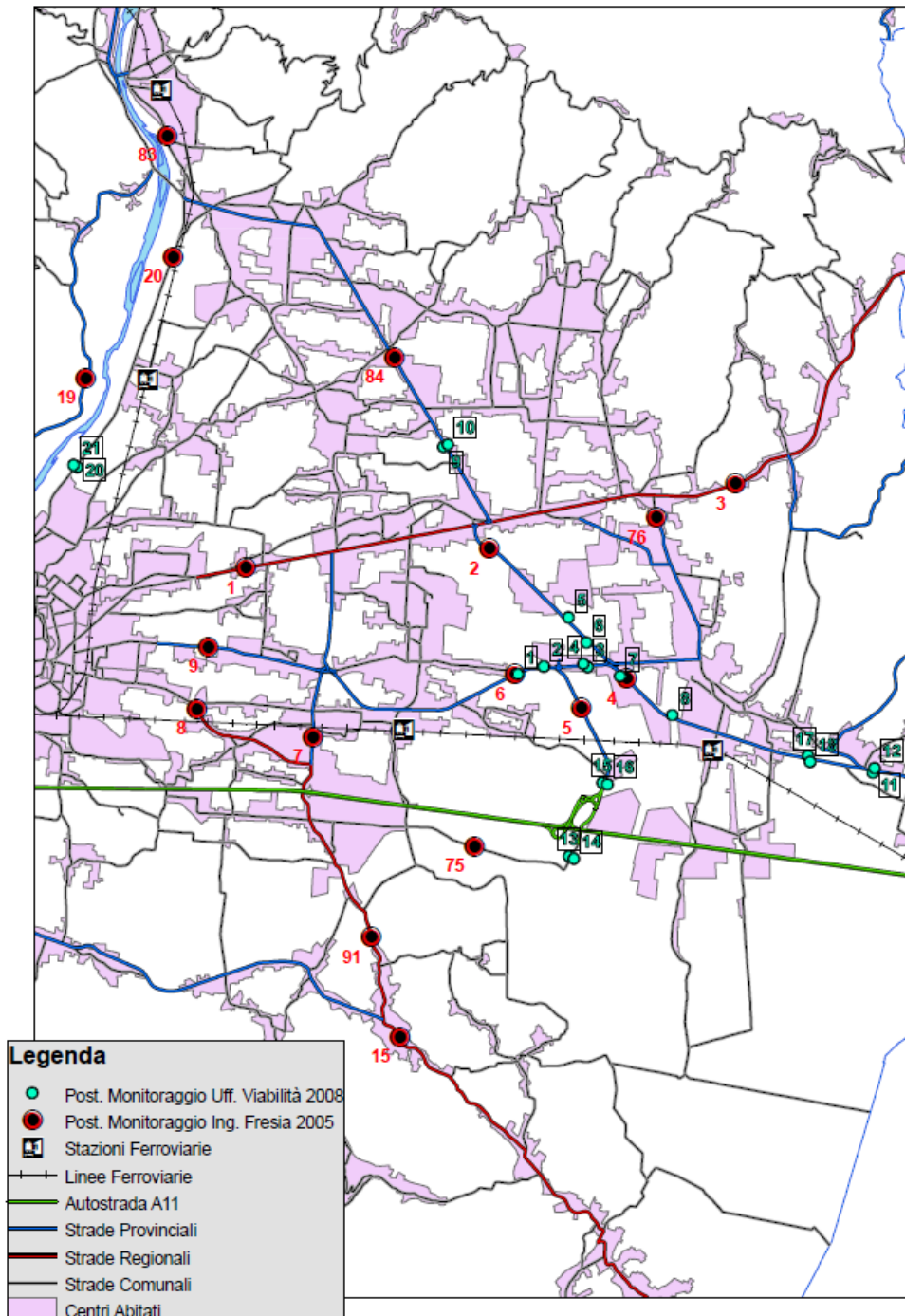
L'indagine è stata svolta in un giorno feriale medio per 12 ore continuative, dalle 7.00 alle 19.00.

La localizzazione delle cinque sezioni è la seguente:

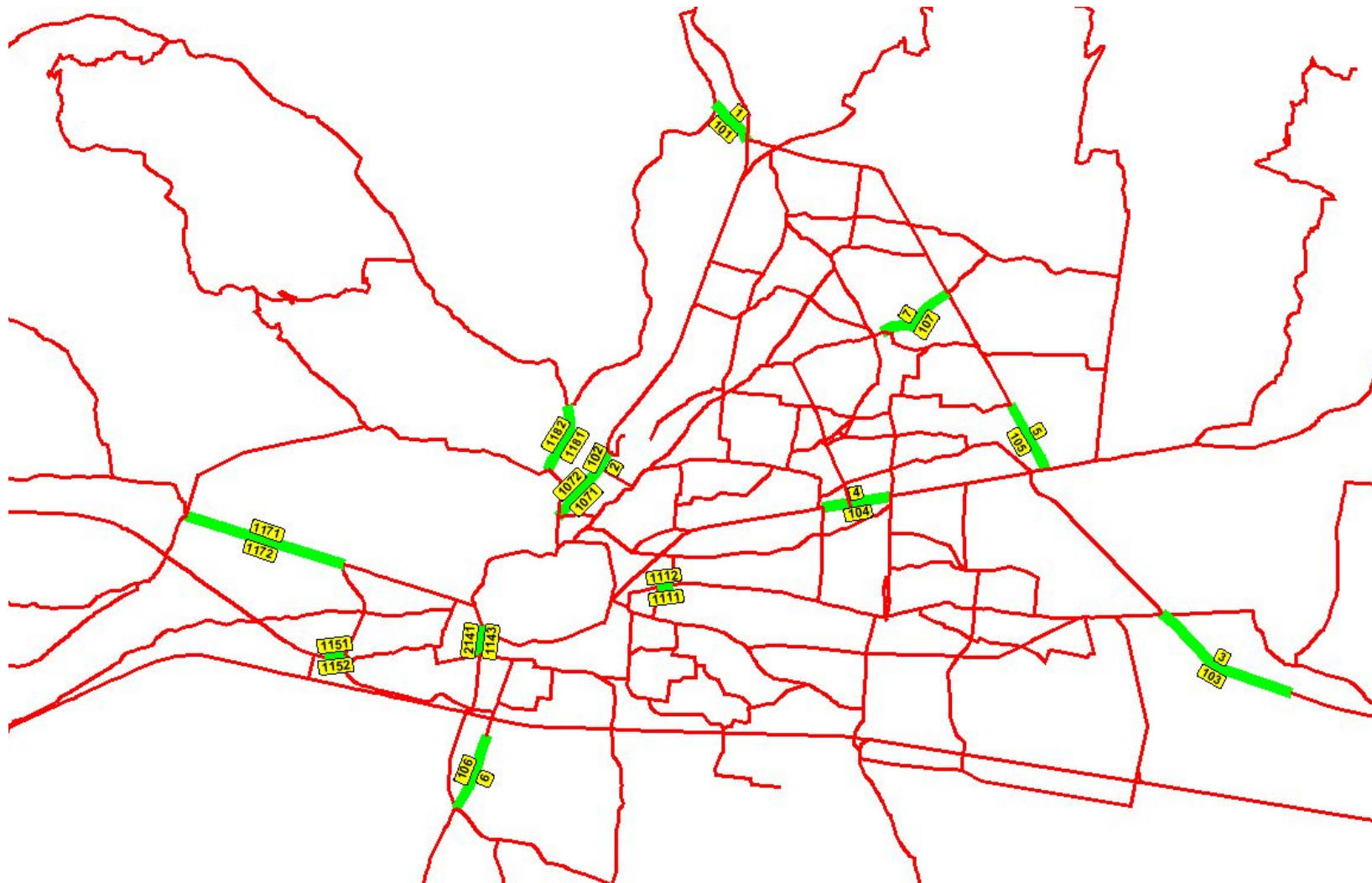
- Sez. 1 = SS 12, Località Ponte a Moriano, direzione Nord;
- Sez. 2 = SS 12, Località Borgo Giannotti interviste, direzione Sud
- Sez. 3 = Località, Sp 23 Via Puccini (Comune di Porcari) bidirezionali;
- Sez. 4 = A11 Casello di Capannori, bidirezionali;
- Sez. 5 = A11 Casello di Lucca Est, dir. uscita dal casello.

I dati della campagna di conteggi del 2008 hanno permesso di aggiornare ulteriormente la base dati utilizzata per la redazione dello studio

Nei paragrafi seguenti sono descritti i principali risultati scaturiti dalla campagna di indagine/conteggio. Le figure seguenti mostrano la localizzazione delle sezioni di rilievo delle due differenti campagne di indagine.



*Localizzazione delle sezioni del 2008*



Localizzazione delle sezioni del 2004

### 3.1 Le sezioni di conteggio strumentale

L'analisi dei flussi di traffico aggregati rilevati in tutte le sezioni, ha lo scopo di monitorare l'occupazione media degli assi stradali all'interno dell'area di studio.

Il dato aggregato evidenzia come il 92,6% del traffico di veicoli leggeri ed il 94,6% di quello dei pesanti impegna gli assi stradali nella fascia oraria diurna (06:00 – 22:00).

Il traffico di veicoli pesanti è piuttosto uniforme nell'arco della giornata, ben distribuito nella fascia 07:00 - 18:00.

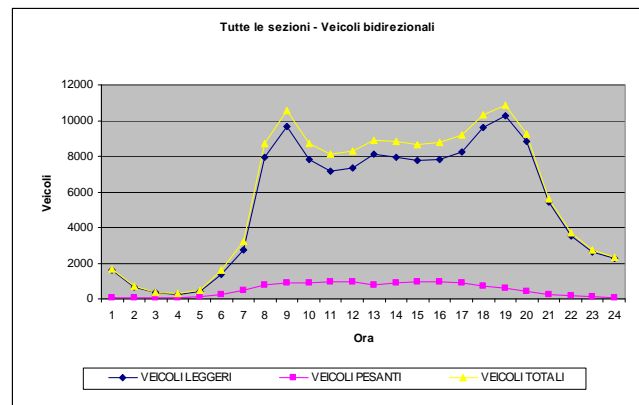
Per quanto riguarda i veicoli leggeri, si evidenziano due picchi, rispettivamente del 7,4% e del 7,9% rispettivamente nelle fasce 08:00 – 09:00 e 18:00 – 19:00.

Per la valutazione dell'ora di punta della giornata si è deciso di considerare la fascia oraria delle 08:00 – 09:00, essendo in questa fascia la percentuale di veicoli pesanti il 7,2% dell'intera giornata, contro il 5,1% rilevato tra le 18:00 e le 19:00. In base a queste considerazioni, la percentuale di flussi nell'ora di punta rispetto al traffico giornaliero medio è pari al 7,4% per i veicoli leggeri ed al 7,2% per i pesanti.

Sull'intera rete dell'area di studio la percentuale di veicoli pesanti è l'8,6%. Risulta evidente, dalle analisi delle singole sezioni, come il dato è molto più elevato, con picchi del 14 - 15% nelle sezioni su assi di penetrazione e collegamento con zone ad elevata concentrazione industriale e lungo le principali direttrici di collegamento da/verso Lucca.

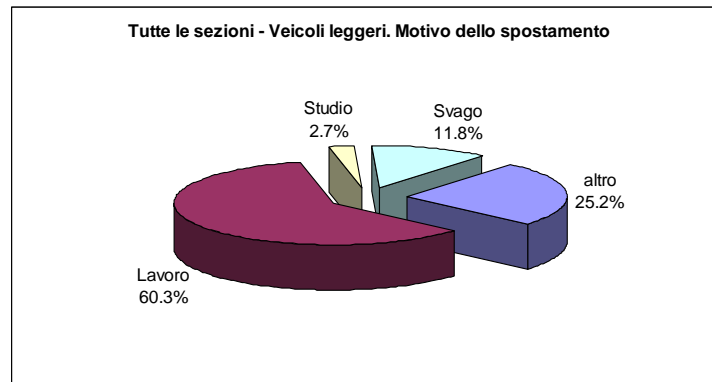
La tabella seguente mostra l'andamento percentuale dei flussi orari in tutta l'area, evidenziando l'ora di punta scelta; la figura evidenzia l'andamento medio orario degli stessi.

ORA	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali	Veicoli equivalenti
1	1.2%	0.5%	1.2%	1.1%
2	0.5%	0.3%	0.5%	0.5%
3	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
4	0.2%	0.4%	0.2%	0.2%
5	0.3%	0.8%	0.3%	0.4%
6	1.1%	1.8%	1.1%	1.2%
7	2.1%	4.0%	2.3%	2.5%
8	6.1%	6.3%	6.1%	6.2%
9	7.4%	7.2%	7.4%	7.4%
10	6.0%	7.4%	6.1%	6.3%
11	5.5%	8.0%	5.7%	6.0%
12	5.7%	7.7%	5.9%	6.1%
13	6.3%	6.4%	6.3%	6.3%
14	6.1%	7.3%	6.2%	6.3%
15	6.0%	7.6%	6.1%	6.3%
16	6.0%	7.6%	6.2%	6.3%
17	6.4%	7.5%	6.5%	6.6%
18	7.4%	6.0%	7.3%	7.1%
19	7.9%	5.1%	7.6%	7.4%
20	6.8%	3.5%	6.5%	6.2%
21	4.2%	1.8%	4.0%	3.7%
22	2.7%	1.3%	2.6%	2.5%
23	2.0%	0.8%	1.9%	1.8%
24	1.8%	0.5%	1.6%	1.5%



### 3.2 Le sezioni di intervista

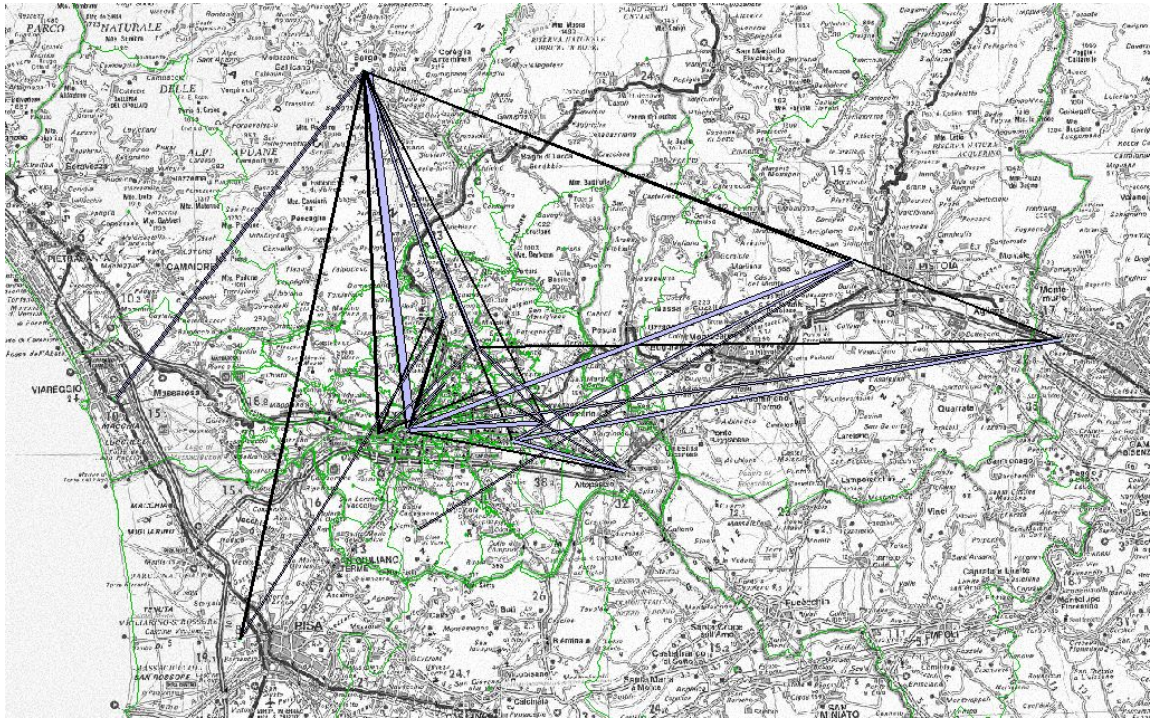
Per quanto riguarda gli spostamenti dei veicoli passeggeri, le interviste effettuate nell'area di studio hanno evidenziato una forte incidenza della sistematicità: oltre il 60% degli spostamenti avviene infatti per lavoro ed il 3% circa per studio.



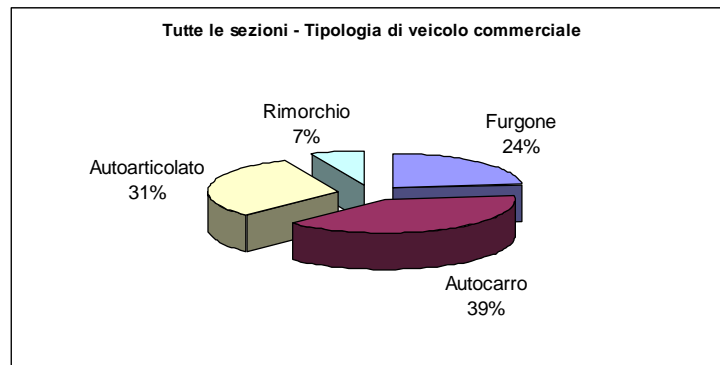
Il tasso medio di occupazione evidenzia l'utilizzo personale del mezzo di trasporto. Il coefficiente medio di riempimento è di 1,3 passeggeri/veicolo, fortemente influenzato dal dato medio degli spostamenti per lavoro: 1,2 passeggeri/veicolo.

Coefficiente di occupazione medio	
MOTIVO	Valore
altro	1.4
lavoro	1.2
studio	1.4
svago	1.7
<b>Medio complessivo</b>	<b>1.3</b>

L'analisi degli spostamenti nell'area di studio evidenzia come la componente di traffico locale sia piuttosto sostenuta, con una buona incidenza di scambi di traffico tra l'area di Lucca ed i maggiori poli attrattori/generatori di domanda dell'area: Pistoia, area di Prato/Firenze, Garfagnana, Versilia ed area Pisana.

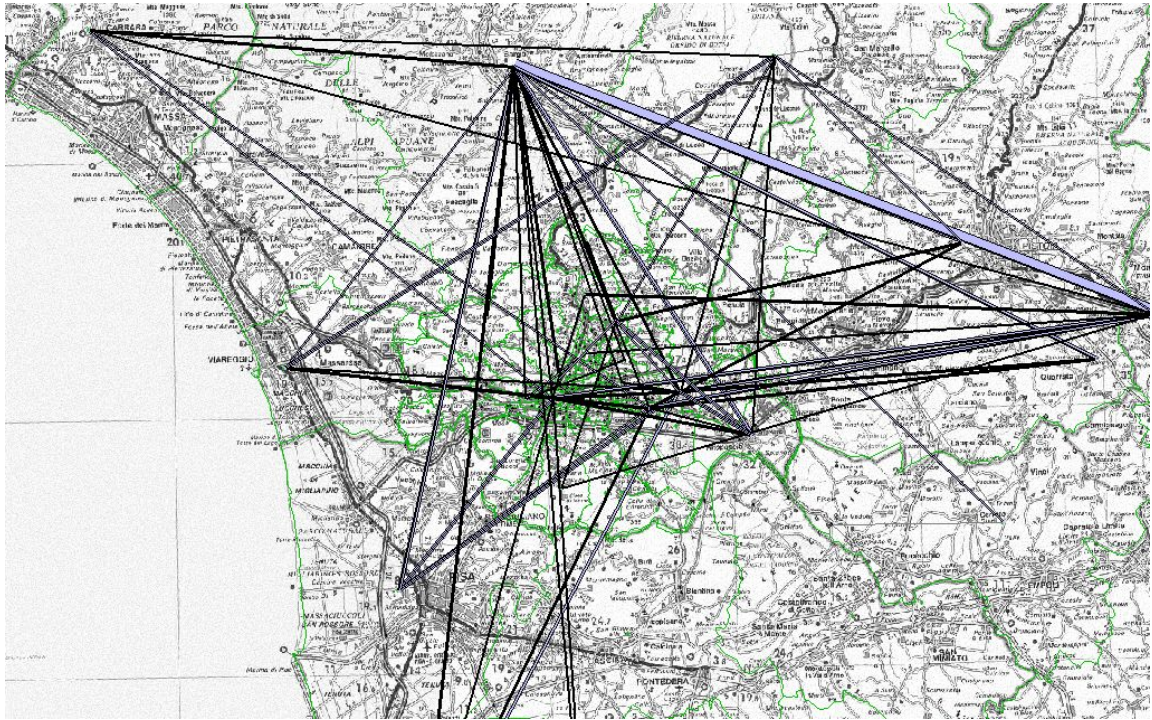


L'analisi degli spostamenti della domanda merci evidenzia la sovrapposizione di due tipologie di traffico: una più "locale", con utilizzo di veicoli con portata limitata (il 63% degli spostamenti sono effettuati con autocarri e furgoni), tipica di un contesto urbano, con durata dello spostamento inferiore alle 3 ore; una di "attraversamento", con utilizzo di veicoli con più di due assi (il 38% degli spostamenti avviene con autoarticolati e rimorchi), e durata dello spostamento superiore alle 4 ore.



La figura seguente visualizza questa realtà: si notano gli spostamenti di attraversamento dell'area di studio tra la Garfagnana, l'area di Pisa, l'area di Firenze e la Versilia, insieme agli spostamenti locali tra Lucca ed i Comuni limitrofi.

Sistema Tangenziale di Lucca  
Progetto Preliminare





## 4 DETERMINAZIONE DELLE MATRICI O/D

La ricostruzione della domanda di trasporto dell'area di studio è stata condotta a partire dalle zone censuarie relative alla provincia di Lucca.

Successivamente, attraverso l'aggregazione delle particelle ISTAT si è definita la zonizzazione di traffico già descritta nei capitoli precedenti, con due differenti livelli di dettaglio:

- Zonizzazione interna (area di studio);
- Zonizzazione esterna (area di piano).

Il database ISTAT di partenza, relativo alla provincia di Lucca, ha permesso di ricostruire la matrice censuaria della mobilità interna e di scambio nell'area di studio e di piano.

I dati di fonte ISTAT, riferiti agli spostamenti sistematici nell'ora di punta della mattina, sono stati integrati, mediante modellistica, con gli spostamenti per "altro motivo di spostamento" in base alla matrice degli spostamenti per lavoro e studio ed in base ai dati di popolazione.

Utilizzando i dati di fonte SIMPT, sono stati definiti inoltre gli spostamenti di attraversamento dell'area di studio. Sono spostamenti che, pur non avendo origine e/o destinazione in zone dell'area in esame, utilizzano durante il percorso infrastrutture stradali interne all'area, e quindi sono fondamentali per la corretta calibrazione dei modelli. Tali spostamenti, per uniformità con la base dati istat del censimento, sono riferiti alla stessa fascia di punta della mattina.

Tali spostamenti di carattere nazionale, di scambio e di attraversamento, sono stati aggregati a quelli propriamente originati dalle zone di bordo dell'Area di Piano collegate ai principali corridoi di lunga percorrenza (Firenze, Massa-Carrara, Livorno-Grosseto).

Completata la matrice censuaria di partenza è stata ricostruita la matrice campionaria dei veicoli leggeri e dei veicoli pesanti attraverso le sezioni O/D di intervista.

Le matrici degli spostamenti ricostruite dai dati campionari sono state utilizzate per integrare quella censuaria, ottenendo così la matrice degli spostamenti dei veicoli passeggeri e merci all'attualità.

### 4.1 La calibrazione delle Matrici O/D

Una volta costruite le matrici censuarie, opportunamente integrate con la quota di spostamenti di attraversamento e con le matrici delle interviste (dati campionari), si è proceduto correzione e calibrazione attraverso i dati relativi ai conteggi di traffico.

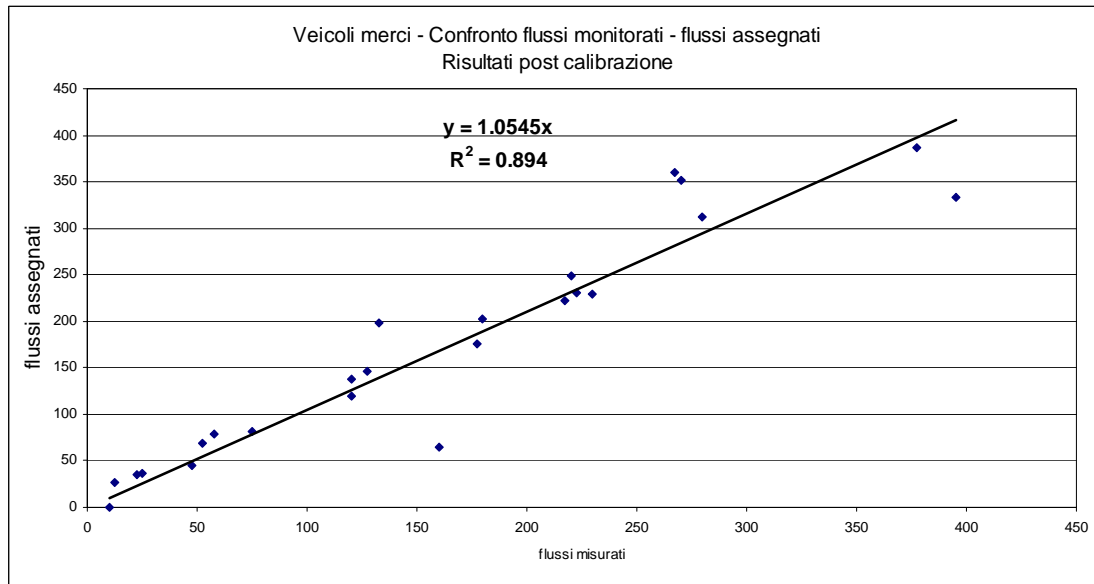
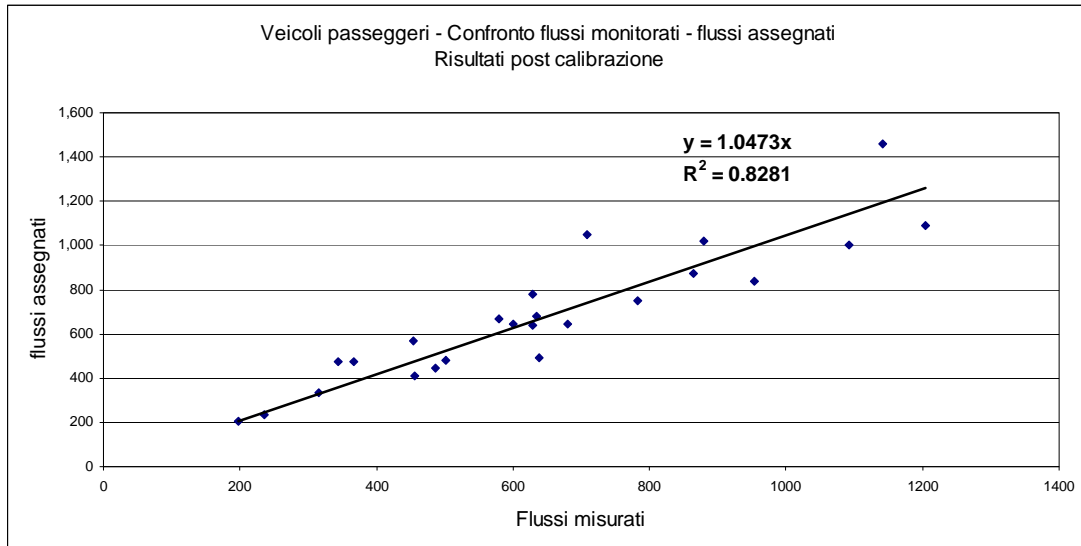
La correzione delle matrici di domanda è stata eseguita secondo la procedura di Nielsen, inclusa nel modello di assegnazione Transcad. La procedura opera modificando l'entità degli spostamenti (veicoli) tra coppie o/d con l'obiettivo di minimizzare gli scarti tra flussi assegnati e conteggi in

corrispondenza delle sezioni monitorate: le relazioni o/d più significative in termini di flusso sull'arco monitorato subiranno le modifiche maggiori.

In particolare, l'algoritmo è così strutturato:

- step 0: assegnazione della matrice iniziale;
- step 1: confronto tra i flussi prodotti dall'assegnazione della matrice iniziale (sugli archi monitorati) e i conteggi di traffico e calcolo delle differenze tra i valori confrontati;
- step 2: riconoscimento delle O/D, ossia redistribuzione delle differenze (step 1) in funzione del potere attrattivo e generativo delle zone di traffico. L'informazione sull'arco i-esimo appartenente al percorso j-esimo che collega la generica coppia OD produce una nuova matrice "incrementale"  $\Delta$ ;
- step 3: aggiornamento della matrice di domanda (somma algebrica tra la matrice D alla k-esima iterazione e la matrice  $\Delta$  ottenuta allo step precedente):  $D_{k+1} = D_k + \Delta$ ;
- step 4: assegnazione della nuova matrice O/D ( $D_{k+1}$ );
- Step 5: aggiornamento del contatore:  $I_{k+1} = I_k + 1$
- Step 6: verifica della convergenza della procedura. E' possibile definire due criteri per la convergenza della procedura:
  - il primo è relativo al numero massimo di iterazioni che devono essere effettuate;
  - il secondo prevede l'impostazione del valore di convergenza (sul tempo globale di spostamento della rete) che deve essere raggiunto. Quando la massima differenza assoluta fra i tempi globali di spostamento di due iterazioni successive risulta minore di tale valore, la convergenza è raggiunta e la procedura di assegnazione si arresta.
- Step 7: se la convergenza non è raggiunta, la procedura ritorna allo Step 1.

La congruenza tra flussi derivanti dall'assegnazione delle matrici corrette relativa all'ora di punta della mattina ed i conteggi sulle sezioni esaminate, è riportata nelle figure seguenti: sull'asse delle ordinate sono riportati i valori dei conteggi; su quello delle ascisse i valori dei flussi da assegnazione. Essi rappresentano le coordinate X ed Y dei punti raffigurati. E' evidente che la simulazione ideale porterebbe alla perfetta coincidenza dei flussi assegnati con quelli monitorati (coeff. Ang. e  $R^2$  pari ad 1), il che farebbe disporre i punti lungo la bisettrice del grafico.



L'analisi dei risultati ottenuti evidenzia il valore dei risultati ottenuti: la retta di regressione presenta un coefficiente prossimo all'unità sia per i veicoli passeggeri che per i merci, ed un  $R^2$  superiore a 0.8 per i veicoli leggeri e prossimo allo 0.9 per i pesanti.

#### 4.2 La domanda di trasporto all'attualità

Le tabelle seguenti mostrano i volumi di spostamenti, in veicoli passeggeri e merci, ottenute dalla calibrazione. Gli spostamenti, che fanno riferimento all'ora di punta, sono divisi in:

- Interni – Interni: spostamenti con origine e destinazione in zone interne all'area di studio;
- Interni – Esterni: spostamenti con origine da zone dell'area di studio e destinati a zone dell'area di piano;
- Esterni - Interni: spostamenti con origine da zone dell'area di piano e destinati a zone dell'area di studio;

- o Esterni – Esterni: spostamenti con origine e destinazione da zone dell'area di piano (spostamenti di attraversamento).

Le matrici sono orarie e fanno riferimento all'ora di punta dalle 08:00 alle 09:00 del mattino, desunta dall'analisi dei conteggi di traffico eseguiti nell'area di interesse per lo studio (a riguardo si rimanda al capitolo sulle indagini integrative del presente rapporto ed al relativo allegato).

La componente di domanda è pari al 7,4% ed al 7,2% rispettivamente degli spostamenti passeggeri e merci dell'intera giornata (in veicoli).

Domanda di trasporto attuale			
Veicoli nell'ora di punta			
Tipo di spostamento	Passeggeri	Merci	Veicoli totali
Interno – Interno	15.783	265	16.048
Interno – Esterno	2.548	135	2.683
Esterno – Interno	2.641	256	2.898
Esterno - Esterno	6.365	249	6.614
Totale	27.337	906	28.243

Dall'analisi della domanda si evidenzia come la tipologia di spostamenti sia sostanzialmente differente tra veicoli passeggeri e veicoli merci.

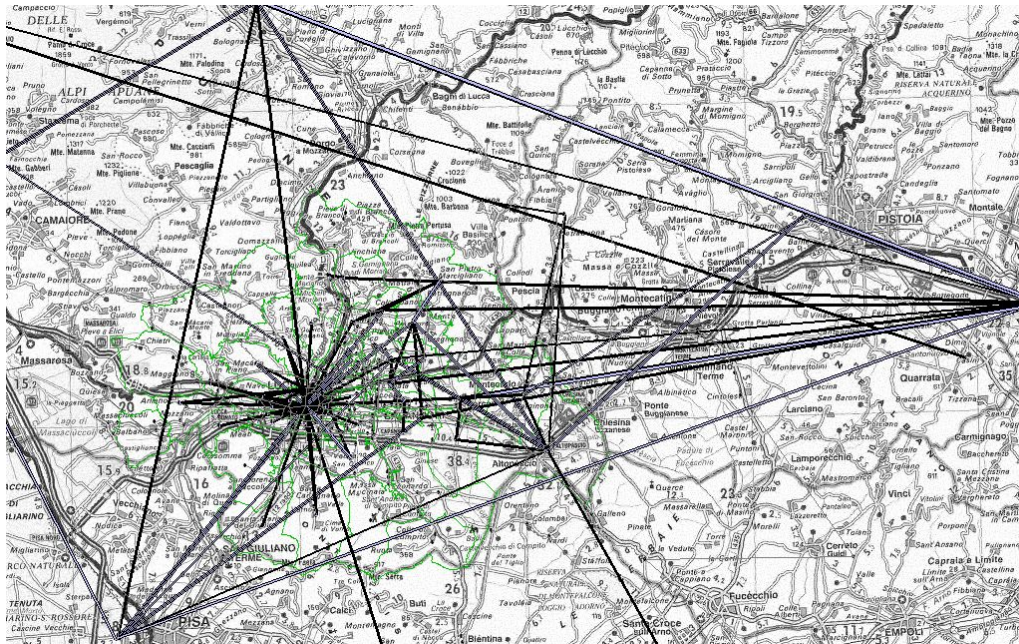
Il 58% degli spostamenti passeggeri sono interni all'area di studio, con solo il 23% che risulta di attraversamento. Se si analizza la domanda di veicoli merci in dato è opposto: il 29% degli spostamenti è interno all'area di studio, il restante 71% è originato e/o destinato da zone dell'area di piano. La componente complessiva di attraversamento è il 27,5% del totale degli spostamenti di veicoli pesanti.

Domanda di trasporto attuale		
Percentuale degli spostamenti per tipologia rispetto al totale		
Tipo di spostamento	Passeggeri	Merci
Interno – Interno	57,7%	29,3%
Interno – Esterno	9,3%	14,9%
Esterno – Interno	9,7%	28,3%
Esterno - Esterno	23,3%	27,5%

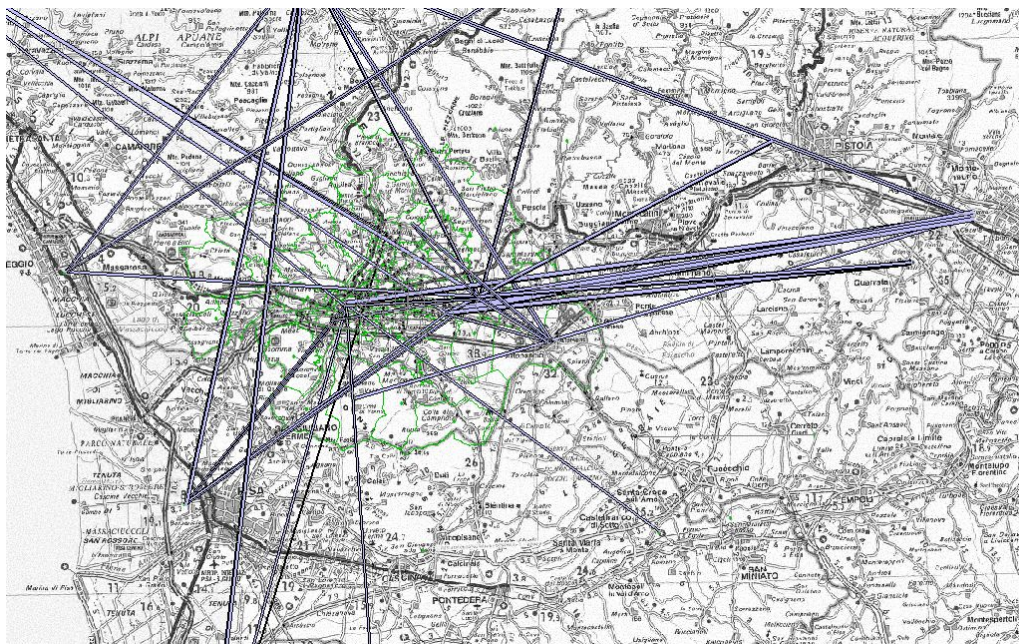
Le figure seguenti evidenziano i principali spostamenti, "Linee di Desiderio", della domanda passeggeri e merci.

L'analisi delle Linee di Desiderio degli spostamenti passeggeri evidenziano chiaramente la forte componente di spostamenti interni all'area di studio e lo scambio tra l'area di studio e l'area di piano, in particolar modo con l'Est di quest'ultima.

Sistema Tangenziale di Lucca  
Progetto Preliminare



L'analisi degli spostamenti merci evidenzia invece chiaramente la forte componente di spostamenti di attraversamento, tra la Garfagnana e l'Est dell'area di piano e l'area Pisano-Livornese, e lo scambio tra l'area di studio e l'area di piano, tra l'area di Lucca e la Garfagnana, la Versilia, l'area di Pisa e di Firenze-Prato. Complessivamente le due figure evidenziano come gli spostamenti di veicoli pesanti effettuino tragitti molto più lunghi rispetto agli spostamenti passeggeri.



### 4.3 Espansione della matrice O/D agli orizzonti temporali futuri

Al fine di valutare l'entità dei flussi che potranno interessare i territori compresi nell'Area di Studio e di Piano, sono stati considerati due orizzonti temporali di riferimento:

- Anno 2018, in cui si prevede l'entrata in esercizio dell'infrastruttura di Progetto;
- Anno 2028, orizzonte di medio termine per valutare l'impatto nel tempo della nuova infrastruttura sul sistema di trasporto complessivo dell'Area.

L'evoluzione della domanda di trasporto è stata determinata utilizzando:

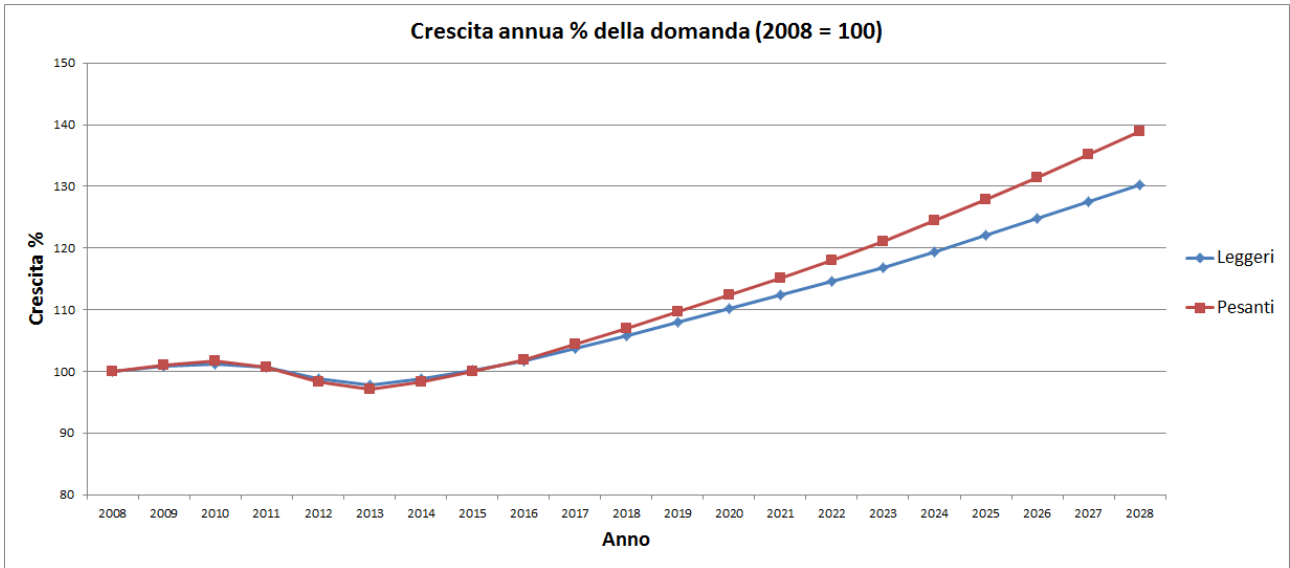
- i parametri contenuti nel Piano Regionale dei Trasporti della Regione Toscana elaborato nel 2003;
- tenendo in considerazione la riduzione dei traffici in Italia nel periodo 2008-2012 legata alla difficile congiuntura economica;
- tenendo in considerazione la stima della crescita del PIL nel prossimo decennio.

Ai fini del presente studio sono stati ipotizzati differenti tassi medi di crescita annua per la domanda di trasporto passeggeri e per quella merci.

La tabella seguente evidenzia i tassi di crescita adottati.

Tassi di crescita medi annui		
Anno	Passeggeri	Merci
2009	0,8%	1,0%
2010	0,5%	0,8%
2011	-0,5%	-1,0%
2012	-2,0%	-2,5%
2013	-1,0%	-1,2%
2014	1,0%	1,2%
2015-2016	1,5%	1,8%
2017-2023	2,0%	2,5%
2024-2028	2,2%	2,8%

La figura seguente mostra l'andamento delle curve annue di domanda adottate nello studio.



Applicando i tassi annui riportati nella tabella seguente, il modello stima:

- al 2018 un incremento della matrice di domanda passeggeri del 5,9% e della domanda merci del 7% circa rispetto a quella calibrata con riferimento al 2008;
- al 2028 un incremento della matrice di domanda passeggeri del 30% e della domanda merci del 39% circa rispetto a quella calibrata con riferimento al 2008.

Domanda	Periodo 2008 – 2018 (2008 = 100)	Periodo 2008 – 2028 (2008 = 100)
Passeggeri	105,9%	130,3%
Merci	107,0%	139,0%

## 5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

La valutazione dell'impatto dell'intervento sul sistema di trasporto dell'Area di Studio è stato effettuato accoppiando gli scenari di domanda di trasporto con gli scenari di offerta di trasporto.

Gli scenari temporali assunti per le valutazioni sono:

- il 2012, per la verifica dei flussi di traffico sulle infrastrutture in esercizio in assenza di progetto e per fornire i dati trasportistici di input per le analisi ambientali;
- il 2018, attraverso il quale è stato effettuato il confronto tra lo scenario di progetto e quello di riferimento, ovvero con la domanda di trasporto proiettata al 2018 e l'offerta di trasporto attuale, verificando l'impatto dell'asse di progetto sul territorio;
- il 2028, simulazione anch'essa finalizzata a e per fornire i dati trasportistici di input per le analisi ambientali.

Il periodo di riferimento per le simulazioni è l'ora di punta della mattina, compresa tra le 8:00 e le 9:00 di un giorno feriale medio.

Nel dettaglio gli scenari simulati sono i seguenti:

- 2012: stato attuale;
- 2018: senza intervento;
- 2018: di progetto;
- 2028: senza intervento;
- 2028: di progetto.

La valutazione è stata svolta evidenziando e confrontando i principali indicatori trasportistici emersi dalle simulazioni degli scenari di domanda/offerta. Le differenze, tra scenari confrontabili e confrontati, servono a valutare l'impatto nell'area del progetto in analisi.

Come già evidenziato all'interno del rapporto, l'analisi dei risultati è stata fatta considerando la sola "Area di Studio", quella all'interno della quale si ipotizza si concretizzino i principali effetti della nuova infrastruttura.

Dal punto di vista delle simulazioni, per ciascun scenario considerato sono stati valutati:

- I veicoli\*Km nell'Area di Studio, suddivisi in leggeri e pesanti, per analizzare le percorrenze della domanda all'interno dell'area;
- I veicoli\*ora, sempre nell'Area di Studio ed in leggeri e pesanti, per analizzare il tempo complessivamente speso in rete dalla domanda per effettuare gli spostamenti;
- Le velocità medie di percorrenza all'interno dell'Area di Studio;



- I veicoli efficaci (differenziati in leggeri, pesanti, totali ed equivalenti) che percorrono alcune direttrici di traffico ritenute particolarmente significative per la valutazione dell’impatto della nuova infrastruttura;
- L’analisi dei Livelli di Servizio (LoS) sull’infrastruttura di progetto.

Nei paragrafi seguenti sono analizzati in dettaglio i parametri trasportistici sopra elencati, per ciascuno dei seguenti scenari:

- Scenario “Attuale”: domanda di trasporto all’anno 2012 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) attuale;
- Scenario “Riferimento 2018”: domanda di trasporto all’anno 2018 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) attuale;
- Scenario “Progetto 2018”: domanda di trasporto all’anno 2018 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) dello scenario “Riferimento 2018” ed asse di progetto;
- Scenario “Riferimento 2028”: domanda di trasporto all’anno 2028 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) attuale;
- Scenario “Progetto 2028”: domanda di trasporto all’anno 2028 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) dello scenario “Riferimento 2028” ed asse di progetto.

Nel paragrafo 5.5 sono analizzati i Livelli di Servizio (LoS) sui singoli assi funzionali della nuova infrastruttura all’anno di entrata in esercizio (2018).

### **5.1 La modellistica di assegnazione**

Per le simulazioni effettuate è stata utilizzata la procedura di assegnazione multiclasse multimodale (MMA) interna al programma TransCad.

La procedura è una routine di assegnazione implementata per l’utilizzo in ambito urbano ed extraurbano ed è quindi direttamente utilizzabile nella simulazione di modelli regionali e nazionali. Il modello permette l’assegnazione simultanea alla rete, o porzioni differenziate di rete, di differenti tipologie di utenti (nello specifico autovetture ad uso privato e veicoli per trasporto merci) utilizzando i principali algoritmi di assegnazione (STOCH, equilibrio dell’utente, etc.) utilizzando quale funzione di costo il costo generalizzato del trasporto (costo del tempo e delle percorrenze).

Nello specifico è stato utilizzato l’algoritmo all’equilibrio dell’utente su due classi veicolari alle quali non è stata ristretta alla circolazione alcuna porzione di rete. In relazione alla tipologia di domanda utilizzata (forte incidenza locale e spostamenti in ora di punta del mattino) si è optato per l’utilizzo come variabile da minimizzare del solo tempo di spostamento, ritenendo poco significativo il peso attribuito dall’utente medio al costo chilometrico di esercizio.

I parametri di input della procedura sono stati:

- *coefficiente di equivalenza* indicativo dell'impatto della tipologia di veicolo sulla congestione della rete (Autovettura=1, Veicolo merci=2,5);
- *Valore Monetario del Tempo* espresso in €/h differenziato per tipologia di veicolo utilizzando valori statistici medi in rapporto reciproco uguale a quello stimato nell'analisi costi benefici;
- *Tempo di percorrenza a flusso nullo* per ogni singolo arco di rete;
- *Parametri alfa, beta* delle curve di deflusso per ciascuna tipologia di arco di rete;
- *Capacità* di ogni singolo arco di rete intesa come numero massimo di veicoli che possono impegnare l'arco nell'ora.

## 5.2 Lo Scenario Attuale

La tabella seguente mostra le percorrenze totali nell'area di studio e la durata di tutti gli spostamenti, in veicoli\*km e veicoli\*h, nell'ora di punta della giornata. La velocità media di percorrenza nell'area è di circa 38 Km/h.

Scenario Attuale – Anno 2012 – Area di Studio – Ora di Punta			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	142.026	3.770	37,7
Pesanti	21.911	514,8518	42,6
Totali	163.936	4.285	38,3

I risultati della tabella evidenziano, nella sola area di studio, uno spostamento medio di 8,4Km per i veicoli leggeri e di 15,5 Km per i veicoli pesanti, con una durata media dello spostamento rispettivamente di 10 min, 43 sec e 17 min, 6 sec.

È necessario sottolineare come sia la distanza media percorsa che la durata media dello spostamento non sono riferite all'intero percorso effettuato per andare dall'origine alla destinazione, ma fanno riferimento alla quota di questo interna all'area di studio, e quindi alla parte dell'intero tragitto O/D di interesse per lo studio.

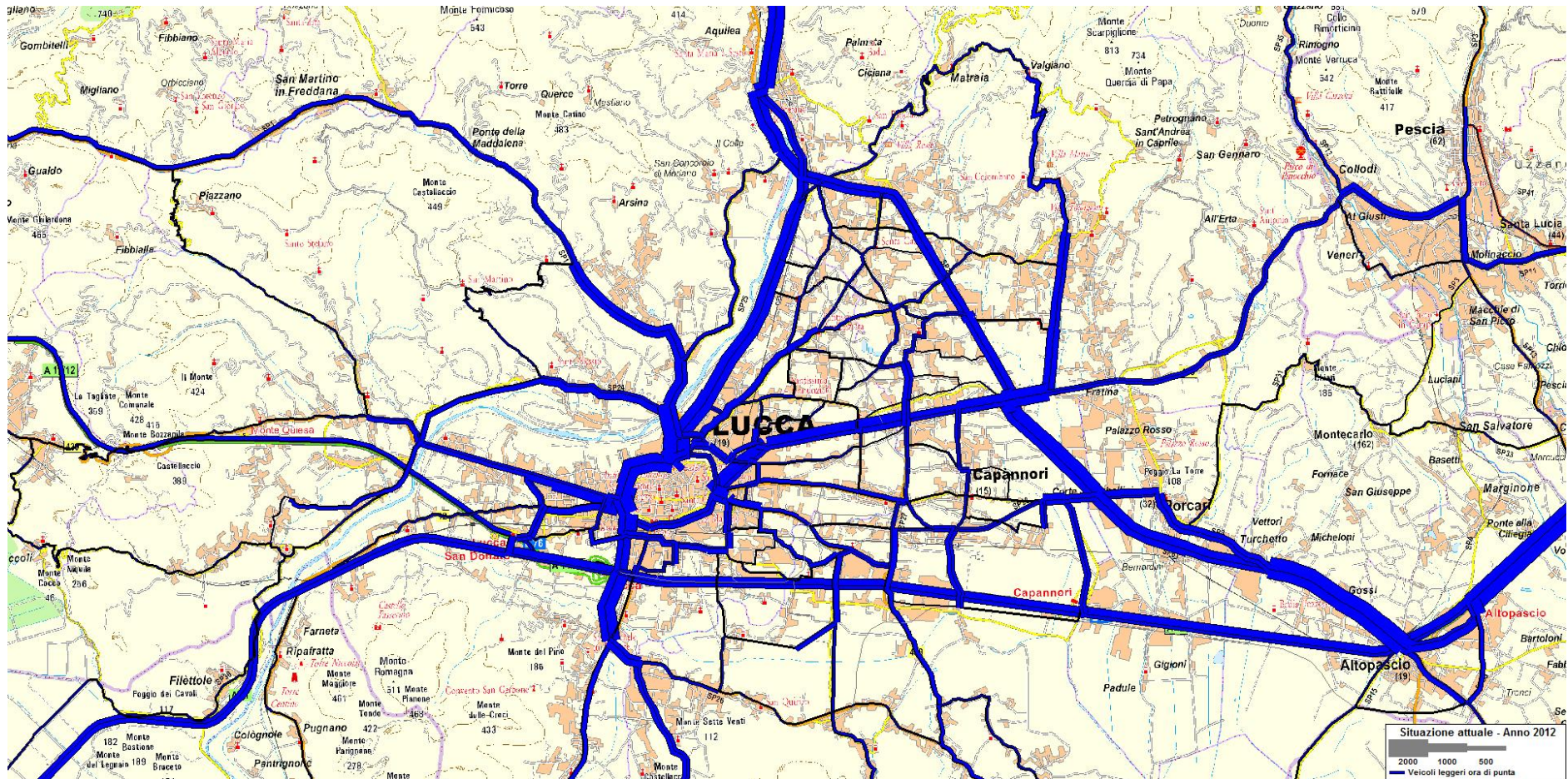
L'analisi, come tutte le altre, si riferisce all'ora di punta della mattina, quella in cui si è rilevato il massimo carico complessivo sulla rete (vedi Capitolo sui risultati delle indagini).

Le figure seguenti mostrano il flusso, in veicoli leggeri e pesanti nell'ora di punta, sulla rete di trasporto in analisi. Dall'analisi si apprezza la differente tipologia degli spostamenti: i flussi di veicoli leggeri (passeggeri) evidenziano una elevata componente di traffici locali che tendono ad utilizzare l'intera rete di trasporto; i flussi di veicoli pesanti (merci) evidenziano come gli assi

utilizzati siano quasi esclusivamente di penetrazione Nord – Sud (SS12 e Viale Europa) ed Est - Ovest (sistema autostradale).

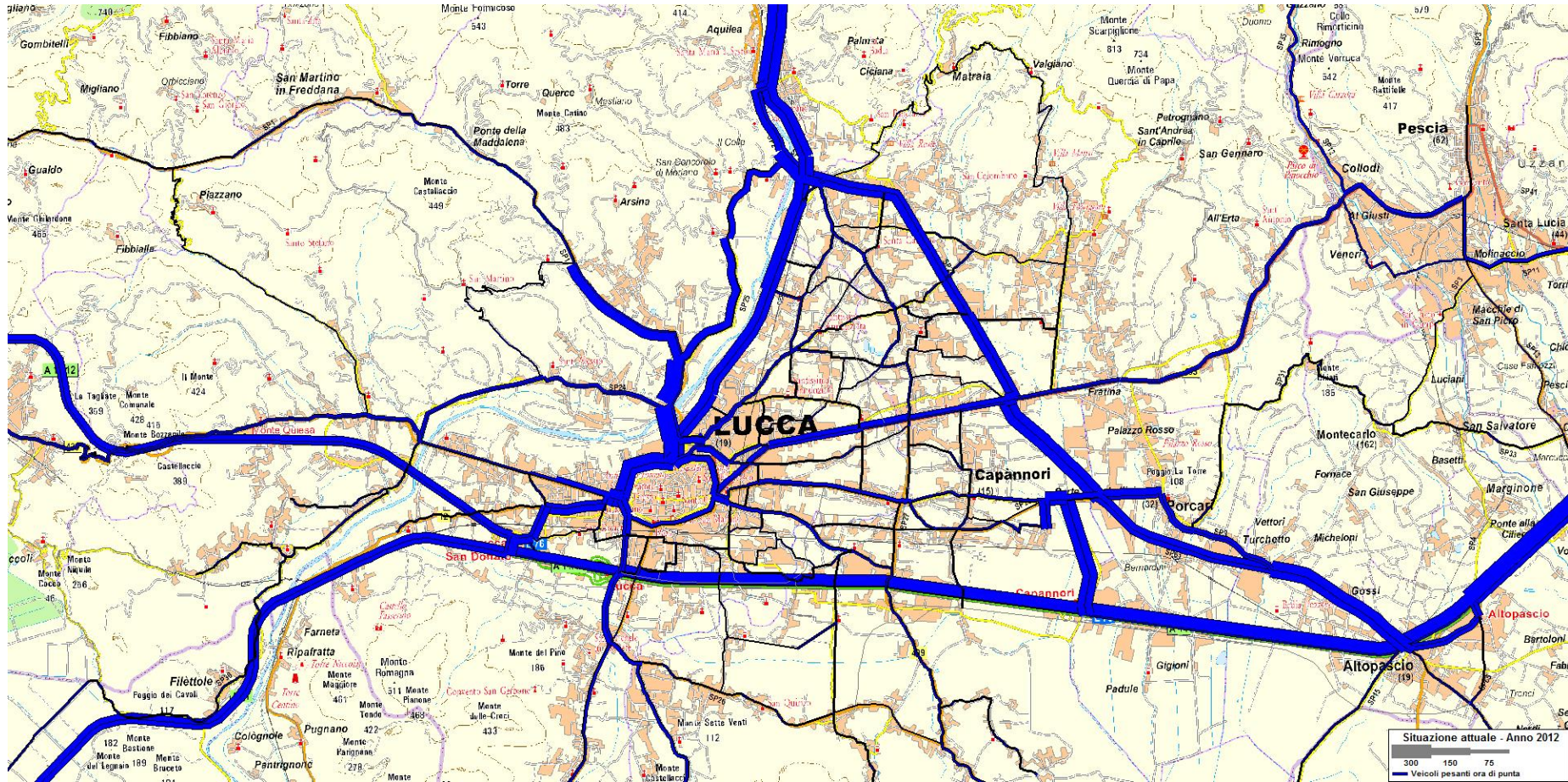
Questo comportamento è avvalorato dai risultati di area, ove si evidenzia la maggiore velocità media di percorrenza dei veicoli pesanti, dovuta alla maggior componente di traffico pesante che utilizza le infrastrutture autostradali rispetto a quella che utilizza gli assi di penetrazione all'area urbana.

Sistema Tangenziale di Lucca  
Progetto Preliminare



Situazione attuale – Anno 2012. Assegnazione veicoli leggeri nell'ora di punta

Sistema Tangenziale di Lucca  
Progetto Preliminare



*Situazione attuale – Anno 2012. Assegnazione veicoli pesanti nell'ora di punta*

### 5.3 Gli Scenari di Riferimento

Per brevità di esposizione, ed alla luce dei risultati piuttosto simili, in questo paragrafo sono esposti i risultati ottenuti nello scenario di riferimento all'anno 2018 e 2028.

La tabella seguente mostra le percorrenze totali nell'area di studio e la durata di tutti gli spostamenti, in veicoli\*km e veicoli\*h, nell'ora di punta della giornata. La velocità media di percorrenza nell'area è di circa 36,9 Km/h all'anno 2018 e di 34,7 Km/h al 2028.

Scenario di Riferimento – Anno 2018 – Area di Studio – Ora di Punta			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	153.341	4.221	36,3
Pesanti	26.006	635	41,0
<b>Totali</b>	<b>179.347</b>	<b>4.855</b>	<b>36,9</b>

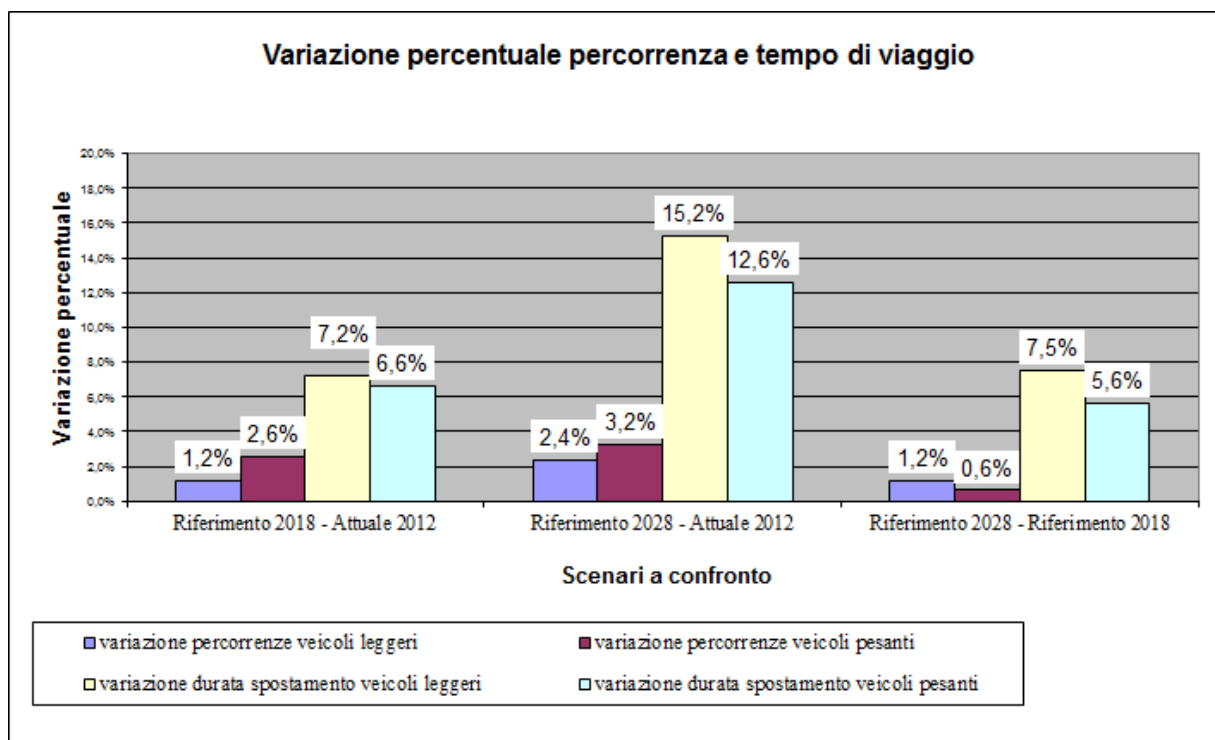
Scenario di Riferimento – Anno 2028 – Area di Studio – Ora di Punta			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	167.197	4.896	34,1
Pesanti	29.873	766	39,0
<b>Totali</b>	<b>197.071</b>	<b>5.662</b>	<b>34,8</b>

L'analisi delle percorrenze evidenzia, nella sola area di studio, uno spostamento medio di 8,5 Km per i veicoli leggeri (sia al 2018 che al 2028), e di 15,9 Km e 16 Km per i veicoli pesanti (rispettivamente al 2018 ed al 2028). Il risultato mostra come i veicoli, ai due orizzonti temporali, effettuino nell'area itinerari fissi, anche rispetto al 2012. La variazione dei veicoli\*Km nella rete è quindi quasi esclusivamente da imputarsi all'incremento della domanda di trasporto nell'area di studio.

Molto diversa è l'analisi della durata media degli spostamenti. Al 2012 un veicolo passeggeri impegna la rete dell'area di studio per circa 11 min e 18 sec, mentre uno merci per 18 min e 19 sec. Al 2028 i tempi salgono rispettivamente a 12 min, 2 sec e 19 min, 21 sec. La tabella seguente sintetizza i risultati appena riportati.

Scenario	Percorrenza media spostamento (Km)		Durata media spostamento (min,sec)	
	Leggeri	Pesanti	Leggeri	Pesanti
Attuale 2012	8.4	15.5	10,43	17,06
Riferimento 2018	8.5	15.9	11,18	18,19
Riferimento 2028	8.6	16.0	12,02	19,21

I risultati ottenuti evidenziano come la rete di trasporto tenda, nel corso degli anni, ad accentuare la situazione di saturazione già esistente attualmente. A fronte di un incremento medio della lunghezza dello spostamento dell'1,2% e del 2,4% circa per i veicoli leggeri (anno 2018 e 2028) e rispettivamente del 2,6% e del 3,2% per i pesanti tra lo scenario attuale e quelli di riferimento, si ha un incremento molto più elevato della durata media dello spostamento. Rispetto alla situazione attuale, nello scenario di riferimento al 2018 l'incremento è del 7,2% per i veicoli leggeri e del 6,6% per i pesanti. Al 2028 i valori crescono al 15,2% e 12,6% rispettivamente. L'effetto di saturazione si evidenzia maggiormente confrontando i risultati dello scenario di riferimento agli anni 2018 e 2028. A parità di offerta stradale, la lunghezza media dello spostamento interno all'area resta pressoché invariata, mentre la durata aumenta del 7,5% per gli spostamenti dei veicoli leggeri e del 5,7% per i veicoli pesanti. La figura seguente evidenzia i risultati dell'analisi.



L'effetto di saturazione della rete è anche evidenziato dall'incremento percentualmente maggiore dei tempi di percorrenza dei veicoli leggeri, che utilizzano in percentuale maggiore infrastrutture urbane o extraurbane secondarie con ridotta capacità di servizio, mentre i veicoli pesanti, utilizzando in percentuale maggiore le autostrade, usufruiscono di infrastrutture a maggiore capacità risentendo meno degli effetti di saturazione dovuti alla crescita della domanda di trasporto.

#### 5.4 Gli Scenari di Progetto

In questo paragrafo sono riportati in dettaglio i risultati ottenuti simulando la presenza del Sistema Tangenziale di Lucca all'interno dell'offerta di trasporto dell'Area di Studio.

Per meglio dettagliare l'impatto del Sistema Tangenziale all'interno dell'area, i risultati sono presentati in due diversi paragrafi:

- Un paragrafo in cui sono presentati i risultati complessivi di area ai due orizzonti temporali ed i flussi di traffico stimati nella nuova infrastruttura;
- Un paragrafo in cui sono confrontati gli scenari di Progetto con quelli di Riferimento per meglio valutare l'impatto dell'infrastruttura sul sistema di trasporto dell'area.

##### 5.4.1 I RISULTATI DI RETE E SULL'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO

Le tabelle seguenti mostrano, ai due orizzonti temporali previsti, le percorrenze totali nell'area di studio e la durata di tutti gli spostamenti, in veicoli\*km e veicoli\*h, nell'ora di punta della giornata.

Scenario di Progetto – Anno 2018 – Area di Studio– Ora di Punta			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	157.323	3.686	42,7
Pesanti	26.600	595	44,7
<b>Totali</b>	<b>183.923</b>	<b>4.281</b>	<b>43,0</b>

Scenario di Progetto – Anno 2028 – Area di Studio– Ora di Punta			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	170.981	4.124	41,5
Pesanti	30.497	717	42,6
<b>Totali</b>	<b>201.478</b>	<b>4.841</b>	<b>41,6</b>



La velocità media nell'area di studio sale a 43 Km/h nel 2018 e 41,6 Km/h nel 2028.

I risultati evidenziano, nella sola area di studio, uno spostamento medio di 8,7 Km per i veicoli leggeri (sia al 2018 che al 2028) e rispettivamente 16,3 Km e 16,4 Km nei due orizzonti temporali per i veicoli pesanti.

La durata media dello spostamento risulta essere di 9 min, 52 sec e 10 min, 8 sec per i veicoli passeggeri (rispettivamente al 2018 e 2028) e di 15 min, 28 sec e 15 min,51 sec per i veicoli pesanti.

Scenario	Percorenza media spostamento (Km)		Durata media spostamento (min,sec)	
	Leggeri	Pesanti	Leggeri	Pesanti
Progetto 2018	8.7	16.3	9,52	15,28
Progetto 2028	8.7	16.3	10,08	15,51

La tabella seguente mostra i flussi al 2018 stimati da modello sull'infrastruttura di Progetto, in veicoli leggeri, pesanti e totali, fornendo i risultati per ogni tratta dell'asse di progetto con riferimento all'ora di punta della mattina, quella in cui si è rilevato il massimo carico complessivo sulla rete.

La figura seguente consente di collocare lungo l'infrastruttura e nel territorio le tratte analizzate.



Asse di Progetto	Tratta	Traffico ora di Punta – Anno 2018			
		Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali	Veicoli equivalenti (*)
Asse Nord - Sud	TRATTO 1	811	190	1.001	1.286
	TRATTO 2	857	186	1.043	1.322
	TRATTO 3	1.423	168	1.591	1.843
	TRATTO 4	940	122	1.062	1.245
	TRATTO 5	1.357	132	1.489	1.687
Asse Est - Ovest	TRATTO 6	1.040	221	1.261	1.593
	TRATTO 7	1.100	221	1.321	1.653
	TRATTO 8	960	206	1.166	1.475
	TRATTO 9	800	93	893	1.033
	TRATTO 10	1.366	279	1.645	2.064
	TRATTO 11	1.062	285	1.347	1.775
	TRATTO 12	364	42	406	469
Asse Ovest - Est	TRATTO 13	1.017	105	1.122	1.280
	TRATTO 14	873	108	981	1.143
	TRATTO 15	714	103	817	972
	TRATTO 16	1.017	106	1.123	1.282
	TRATTO 17	1.159	106	1.265	1.424

(\*) N.B. 1 veicolo pesante = 2,5 veicoli equivalenti

La tabella precedente evidenzia i flussi di traffico nell'ora di punta sulle singole tratte dell'infrastruttura, finalizzata come vedremo nel paragrafo seguente alla verifica di funzionalità delle singole tratte del progetto.

Per semplicità di lettura, la tabella seguente riporta i traffici efficaci sulle tre direttrici che compongono il progetto, l'asse Nord – Sud, l'asse Est – Ovest e l'asse Ovest – Est, nell'ora di punta e nell'arco delle 24 ore di un giorno medio annuo, ovvero in Traffico Giornaliero medio, all'entrata in esercizio del 2018 ed a dieci anni dall'apertura. Il passaggio dal dato dell'ora di punta al traffico giornaliero medio è stato fatto considerando un'incidenza percentuale del traffico di punta rispetto al traffico giornaliero pari a:

- 7,45% per i veicoli leggeri;
- 7,21% per i veicoli pesanti

Come desunto dall'andamento orario dei traffici rilevati nelle sezioni di conteggio.

Volumi di traffico per tratta – Anno 2018								
Asse	Ora di Punta				Traffico Giornaliero Medio			
	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli totali	Veicoli Equivalenti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli totali	Veicoli Equivalenti (*)
Asse Nord - Sud	959	125	1.084	1.272	12.868	1.740	14.609	17.219
Asse Est - Ovest	689	33	722	772	9.242	464	9.706	10.402
Asse Ovest - Est	890	93	983	1.122	11.950	1.288	13.238	15.169

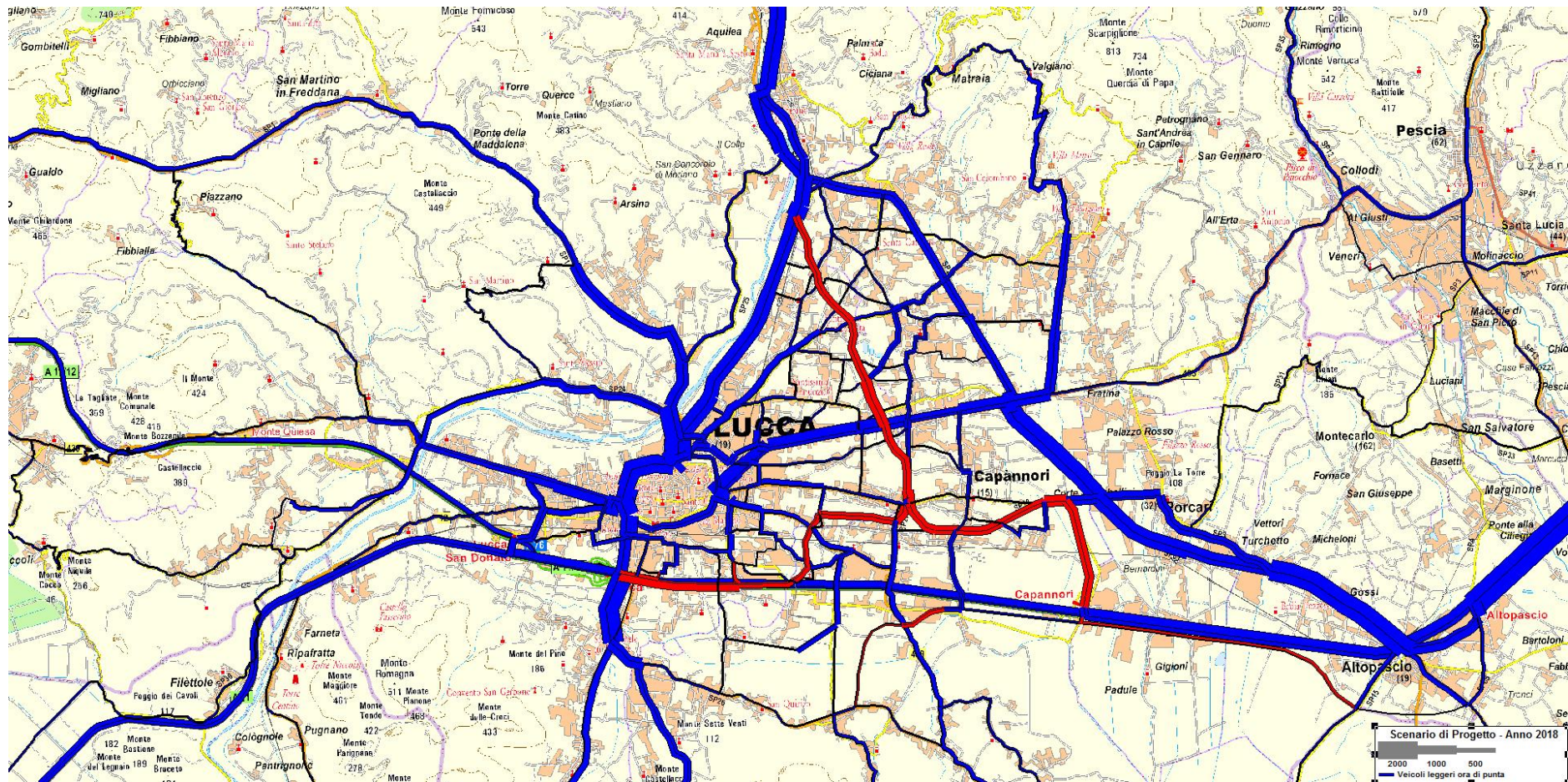
(\*) N.B. 1 veicolo pesante = 2,5 veicoli equivalenti

Volumi di traffico per tratta – Anno 2028								
Asse	Ora di Punta				Traffico Giornaliero Medio			
	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli totali	Veicoli Equivalenti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli totali	Veicoli Equivalenti (*)
Asse Nord - Sud	1.180	163	1.343	1.587	15.836	2.261	18.097	21.489
Asse Est - Ovest	847	43	891	956	11.373	603	11.976	12.881
Asse Ovest - Est	1.096	121	1.216	1.397	14.705	1.674	16.379	18.889

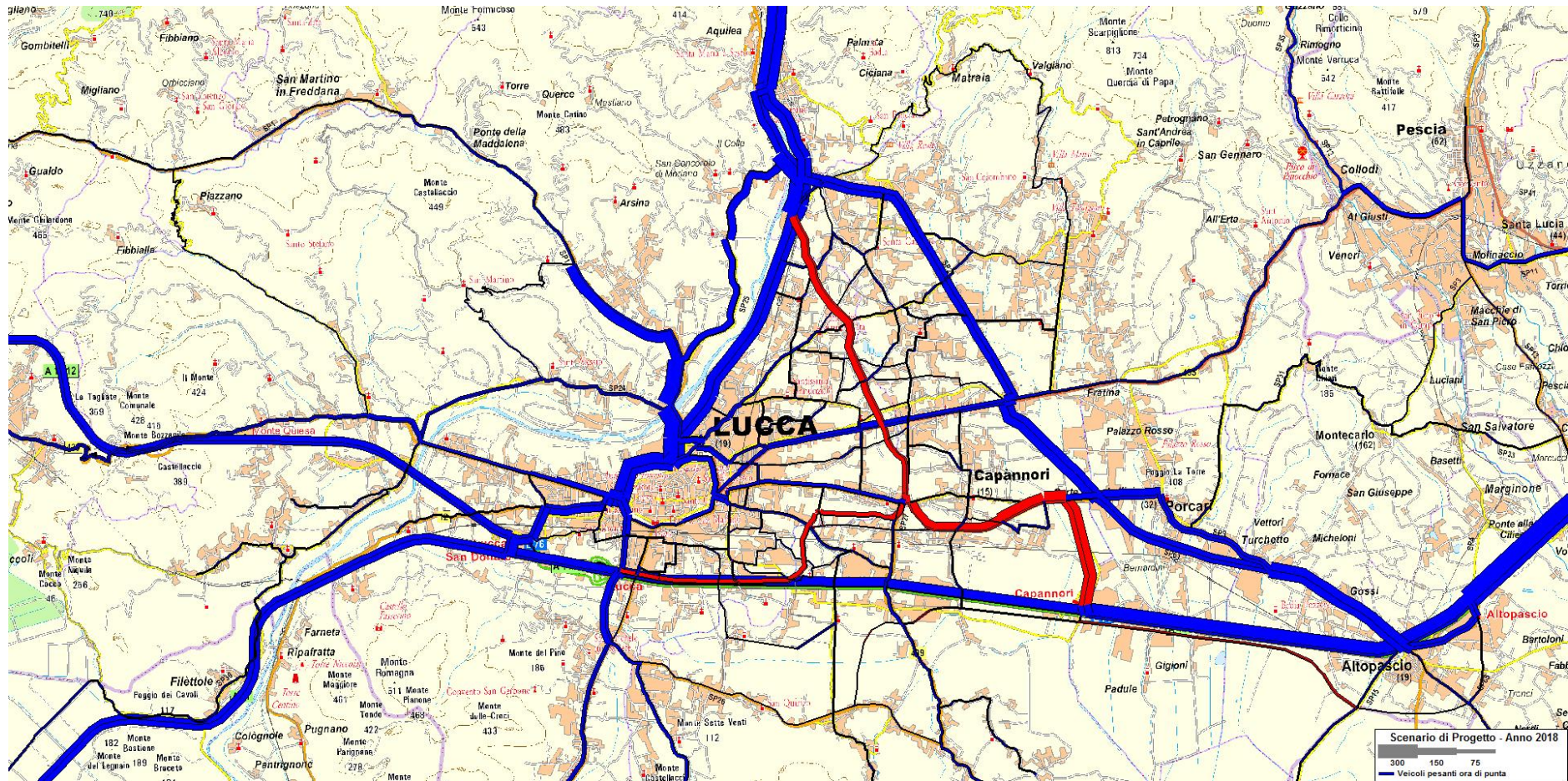
(\*) N.B. 1 veicolo pesante = 2,5 veicoli equivalenti

I risultati evidenziano traffici piuttosto sostenuti sulle tre tratte principali che compongono l'infrastruttura, con particolare rilievo per l'Asse Nord – Sud e per l'Asse Ovest – Est, dove è più rilevante la componente di traffico pesante.

Le figure seguenti mostrano, all'anno 2018, il flusso in veicoli leggeri e pesanti nell'ora di punta sull'intera rete di trasporto in analisi. Come negli scenari precedentemente analizzati, i flussogrammi evidenziano la differente tipologia degli spostamenti. I flussi al 2028 non sono evidenziati per brevità di esposizione poiché, come si evince dall'analisi sulla lunghezza media degli spostamenti nell'Area, non sono state riscontrate differenze significative sulla scelta dei percorsi tra lo scenario al 2018 e quello al 2028.



*Situazione attuale – Anno 2012. Assegnazione veicoli leggeri nell'ora di punta*



*Situazione attuale – Anno 2012. Assegnazione veicoli pesanti nell'ora di punta*

## 5.5 Analisi dei Livelli di Servizio

### 5.5.1 PREMESSA

Il livello di servizio (LoS) sulla nuova infrastruttura è stato determinato tratta per tratta secondo il metodo proposto dall'HCM americano con i coefficienti di calcolo adattati, sia per le caratteristiche geometriche di sezione che per quelle funzionali, alla categoria C italiana, trada extraurbana secondaria.

*"Tali infrastrutture servono utenti commerciali e ricreazionali di lunga distanza, possono avere tratte di molti chilometri attraverso ambienti rurali senza interruzioni dovute a sistemi di controllo del traffico. Velocità sostenute e pochi ritardi dovuti in accodamento a veicoli più lenti sono auspicabili presupposti per tali infrastrutture.*

*Molte infrastrutture di questo tipo hanno funzioni di accessibilità al territorio, anche per volumi di traffico modesti. La scelta dominante risulta essere comunque il costo effettivo dello spostamento (velocità del collegamento).*

*La velocità non è l'unica misura della qualità del servizio offerta. I ritardi in accodamento e l'utilizzazione della capacità disponibile sono misure rilevanti dei livelli di servizio.*

*Brevi sezioni di strade a due corsie a volte hanno funzione di collegamento tra infrastrutture di livello superiore o di connessione ai centri urbani. Per tali infrastrutture le condizioni del traffico tendono ad essere migliori di quelle attese per le infrastrutture più lunghe, l'aspettativa degli utenti è maggiore che in quelle più lunghe*

*Per queste ragioni vengono usati tre indicatori per la valutazione dei livelli di servizio:*

- *Velocità di servizio;*
- *Percentuale di tempo in accoramento;*
- *Livello di saturazione.*

La *velocità di servizio* riflette le necessità di mobilità dell'infrastruttura ed è definita come rapporto tra la lunghezza della tratta oggetto di analisi ed il tempo medio di percorrenza di tutti i veicoli transitati nel periodo temporale di analisi.

La *percentuale di tempo in accodamento* riflette sia le necessità di mobilità che di accessibilità e viene definita come la media percentuale del tempo speso da tutti i veicoli che viaggiando in plotoni rimangono accodati nell'impossibilità di sorpassare. Tale indicatore risulta peraltro difficile da misurare direttamente sul campo e come surrogato di misura diretta viene utilizzata la percentuale di veicoli che viaggiano con interdistanza di 5 secondi l'uno dall'altro.

Il *livello di saturazione* rappresenta le funzioni di accessibilità ed è definito come rapporto tra il flusso transitante e la capacità dell'infrastruttura.

Le definizioni dell'HCM e gli esempi in essa riportati descrivono come, per le strade ad una corsia per senso di marcia, la valutazione del Livello di Servizio sia contestuale alle funzioni dell'infrastruttura, sia in relazione alle tipologie di utenti che la percorrono sia agli ambiti in cui si inserisce.

Nel caso specifico il progetto tratta una tipologia infrastrutturale caratteristica di un contesto extraurbano ma in un ambito sub urbano. Inoltre la segmentazione dell'itinerario in tronchi di lunghezza variabile, interrotti da intersezioni rotatorie, non sposa pienamente l'assunto base di flusso ininterrotto necessario per l'adozione della metodologia HCM.

È stato pertanto ritenuto di riportare il Livello di Servizio corrispondente a ciascun parametro (con la sola esclusione dell'indice di saturazione), ritenendo comunque di dover attribuire un maggiore valore al risultato ottenuto in termini di velocità di servizio.

L'ambito suburbano e la breve lunghezza di alcuni dei tronchi stradali di progetto, lasciano supporre che le ricadute in termini di stress fisico e psicologico siano maggiormente legate ad eventuali lunghi incolonnamenti in prossimità degli incroci o a velocità di servizio estremamente ridotte.

Le valutazioni sono state effettuate per lo scenario di progetto all'anno 2018 e sono sinteticamente riportate nei seguenti paragrafi.

#### 5.5.2 LIVELLI DI SERVIZIO SULL'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO

I calcoli sono stati effettuati nel dettaglio dei singoli tronchi di progetto per l'intera infrastruttura. Tali assi, infatti, sono risultati quelli maggiormente aderenti alle ipotesi di base della metodologia adottata, pur nei limiti riportati in premessa.

La metodologia applicata è quella relativa ai flussi totali (bidirezionali) insistenti su ciascun tronco.

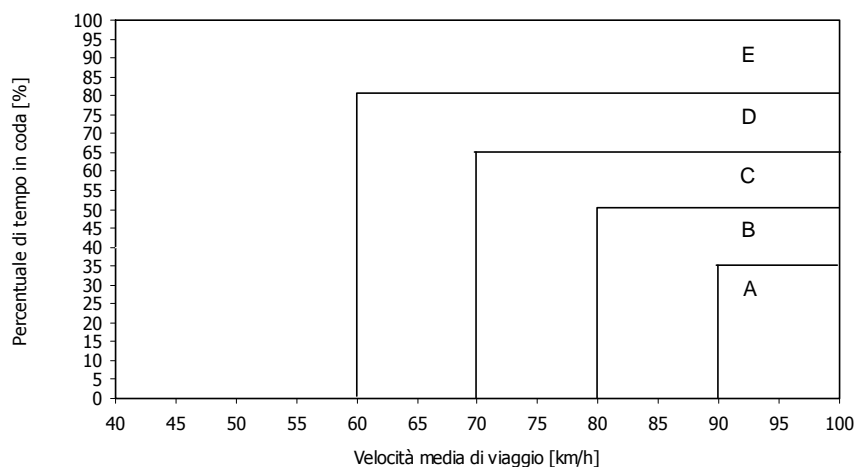
Ai fini della determinazione dei parametri di input necessari sono stati considerati i valori dei traffici di veicoli leggeri e di veicoli pesanti simulati dal modello di traffico rappresentativo della domanda dell'ora di punta.

Attraverso tali valori sono stati ricavati:

- *Numero di veicoli totali;*
- *Percentuale dei mezzi pesanti;*
- *Ripartizione dei traffici tra le due direzioni.*

I valori dei coefficienti sono stati desunti dagli abachi e dalle tabelle della metodologia applicata, facendo riferimento a terreno pianeggiante ed una percentuale di sorpasso impedito variabile dal 60% al 100% (maggiore lunghezza minore impedimento al sorpasso).

Per l'individuazione dei livelli di servizio si è fatto riferimento agli intervalli rappresentati nella seguente figura.



La tabella seguente evidenzia i risultati ottenuti per ogni singola tratta che compone l'asse di progetto.

Asse	Tronco	Veicoli Totali	% veicoli pesanti	%su una direzione di marcia	Velocità media di viaggio	LoS velocità	% di tempo in coda	LoS tempo in coda
Nord-Sud	T1	1.001	19%	52%	71,7	C	66,5	C/D
	T2	1.043	18%	54%	73,3	C	67,9	C/D
	T3	1.591	11%	53%	67,7	C/D	82,5	D
	T4	1.062	11%	41%	73,2	C	68,4	C/D
	T5	1.489	9%	41%	69,0	C/D	80,1	D
Est - Ovest	T 6	1.261	18%	39%	71,0	C	76,5	D
	T 7	1.321	17%	40%	70,5	C	76,5	D
	T 8	1.166	18%	47%	71,8	C	72,2	D
	T 9	893	10%	41%	74,3	C	65,5	C
	T 10	1.645	17%	40%	67,0	C/D	83,3	D
	T 11	1.347	21%	46%	70,5	C	77,6	D
	T 12	406	10%	14%	78,5	C	57,9	C
Ovest - Est	T 13	1.122	9%	26%	71,7	C	71,5	D
	T 14	981	11%	48%	73,5	C	66,7	C/D
	T 15	817	13%	37%	75,4	C	60,8	C
	T 16	1.123	9%	26%	72,5	C	73,6	D
	T 17	1.265	8%	34%	71,1	C	76,6	D

I risultati evidenziano Livelli di Servizio al limite per una infrastruttura di tipo C extraurbana secondaria, che si possono ritenere accettabili per il contesto infrastrutturale in cui è inserita e per il tipo di domanda che verrà servita dall'infrastruttura, con caratteristiche di sistematicità e



breve percorrenza tipiche di un ambito periurbano, e soprattutto in quanto relative al periodo di massimo carico veicolare della giornata.

I risultati evidenziano altresì come l'infrastruttura, nel corso degli anni e con la crescita di domanda stimata, possa manifestare nel medio lungo periodo fenomeni di saturazione che si potrebbero protrarre per intervalli della giornata più rilevanti della sola congestione dell'ora di punta.