



Città di Legnano

Comune di Legnano
(Provincia di Milano)



VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA DEL PIANO URBANO DEL TRAFFICO

ALLEGATO IL MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO

Aprile 2012



Polinomia srl
Via C. Poerio, 41
20129 MILANO

Tel 02 2040 4942
Fax 02 2940 8735
Web <http://www.polinomia.it>
Email segreteria@polinomia.it



Città di Legnano

Comune di Legnano
(Provincia di Milano)

Sindaco
Lorenzo Vitali

Settore 5° Polizia Locale e Mobilità Urbana
Assessore
Elio Façionato

Comandante Polizia Locale
Daniele Ruggeri

Ufficio Mobilità e Trasporti
Carlo Botta

CONSULENTI Società POLINOMIA S.r.l.
Damiano Rossi
Chiara Gruppo
Stefano Battaiotto

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Metodologia dello studio | 4 |
| 1.1 | Lo strumento di simulazione per le analisi | 4 |
| 1.2 | Modulo di Offerta | 5 |
| 1.3 | Modulo di Domanda | 6 |
| 1.4 | Modulo di Assegnazione | 6 |
| 1.5 | Area di studio e zonizzazione | 7 |
| 1.5.1 | Delimitazione dell'area di studio | 7 |
| 2 | Ricostruzione dello Stato di fatto | 10 |
| 2.1 | Generalità | 10 |
| 2.2 | Ricostruzione dell'offerta di trasporto | 10 |
| 2.3 | Stima della domanda di mobilità | 12 |
| 2.3.1 | Elaborazione delle indagini al "cordone" comunale 2009 | 13 |
| 2.3.2 | Elaborazione delle indagini al "cordone" comunale 2010 | 15 |
| 2.3.3 | Flussi di attraversamento su itinerari tangenziali | 16 |
| 2.3.4 | Elaborazione dei dati censuari | 16 |
| 2.3.5 | Elaborazione dell'indagine o/d della Regione Lombardia | 18 |
| 2.3.6 | Veicoli Pesanti | 19 |
| 2.4 | Assegnazione dei flussi | 19 |
| 2.5 | La lettura dei risultati delle simulazioni | 21 |
| 2.5.1 | I flussogrammi | 21 |
| 2.5.2 | I rapporti flussi capacità | 21 |
| 2.5.3 | Le differenze di flussi | 22 |
| 2.6 | Calibrazione del modello | 22 |
| 2.6.1 | Dati di traffico | 22 |
| 2.7 | Risultati della calibrazione | 23 |
| 2.8 | I risultati dello stato di fatto | 24 |
| 3 | Lo Scenario di Riferimento | 28 |
| 3.1 | Generalità | 28 |
| 3.2 | Capacità insediativa da PGT | 28 |
| 3.3 | Evoluzione della domanda | 29 |
| 3.4 | Trasformazioni dell'offerta | 29 |
| 4 | La simulazione degli Scenari alternativi | 31 |
| 4.1 | Scenario di Riferimento (2015) | 32 |
| 4.2 | Scenario S1 Fase 1 (2015) | 37 |
| 4.3 | Scenario S2 Fase 2 (2015) | 42 |

1 Metodologia dello studio

La metodologia adottata per lo studio, basata sui più aggiornati standard di riferimento del settore, si allinea alla strumentazione modellistica sviluppata da Polinomia per le simulazioni di traffico a grande scala (*Rete Nazionale Trasporti e Ambiente*), ulteriormente affinata con riferimento ai quadranti territoriali di interesse, con particolare riferimento all'area Alto Milanese.

Lo studio di traffico si articola nelle seguenti attività:

1. **ricostruzione del quadro quantitativo dei flussi di spostamenti nell'area di studio (Stato di fatto - SDF)** tramite la sistematizzazione di tutte le informazioni disponibili e la loro integrazione. Tale quadro quantitativo costituisce la base per lo sviluppo dei modelli di domanda e dei modelli di simulazione del traffico veicolare e della mobilità;
2. **ricostruzione dello Scenario di riferimento (RIF)**; la procedura modellistica viene applicata al quadro di riferimento programmatico, che include gli interventi già finanziati e/o in corso di realizzazione;
3. **definizione e comparazione di scenari alternativi**; gli scenari alternativi prevedono anche l'inserimento di nuove infrastrutture di trasporto; di politiche sulla regolazione dell'offerta e/o della domanda. Tali scenari saranno sottoposti a valutazione comparata delle soluzioni proposte, in modo da produrre gli indicatori economici e trasportistici idonei ad alimentare il processo delle scelte tecnico/politiche nonché le fasi di concertazione pubblica;

1.1 Lo strumento di simulazione per le analisi

EMME³



Emme³ è:

- una procedura di simulazione della mobilità, delle reti e dei servizi di trasporto, a scala urbana e/o di area vasta;
- un sistema di supporto alle decisioni per pianificatori delle reti infrastrutturali, analisti del controllo e della regolazione del traffico, programmatori dei servizi di trasporto pubblico.

Perché si usa *Emme*³

I modelli di simulazione del traffico veicolare rappresentano un fondamentale supporto alle decisioni pubbliche.

L'utilizzo di questi strumenti consente di calcolare i tempi e i costi complessivi della mobilità, prevedere il consumo delle risorse economiche ed ambientali, evidenziare quali componenti di domanda risultano avvantaggiati o meno dai possibili interventi progettuali.

Un numero sempre maggiore di procedimenti di pianificazione e programmazione richiedono verifiche di questa natura con l'uso di un modello di simulazione. In particolare *Emme*³ consente di sviluppare efficacemente le analisi quantitative della mobilità e del traffico a supporto della redazione dei piani di settore e degli studi di fattibilità degli interventi sulla viabilità e sulla regolazione del traffico.

Le componenti del modello utilizzate sono nel complesso tre:

- **modulo di offerta**, orientato alla costruzione del grafo stradale;
- **modulo di domanda**, orientato alla definizione delle matrici origine/destinazione O/D dei flussi veicolari;
- **modulo di assegnazione**, orientato alla stima dei flussi di traffico gravanti sui singoli assi stradali.

1.2 Modulo di Offerta

L'offerta infrastrutturale è rappresentata nel modello di simulazione con una RETE viaria costituita da:

- un grafo rappresentativo delle connessioni della viabilità (costituito da nodi intersezione e archi di connessione tra detti nodi);
- un insieme di caratteristiche degli archi e dei nodi del grafo, rappresentative delle prestazioni e caratteristiche geometriche rilevanti per la descrizione del grado di funzionalità.

Il grafo viario è stato costruito e arricchito delle caratteristiche salienti in ambiente GIS sulla base della Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia in formato vettoriale aggiornata attraverso le fonti informative istituzionali di riferimento. La proiezione di riferimento è WGS84.

Gli archi stradali sono descritti attraverso una pluralità di parametri geometrico-funzionali, che concorrono a definirne la capacità di deflusso e la velocità di base; i tempi di percorrenza sono definiti, in funzione dei flussi di traffico stimati, sulla base di opportune funzioni di deflusso, differenziate a seconda del tipo di strada preso in esame e del livello di urbanizzazione dell'arco. A tali elementi si aggiunge poi, sulla rete autostradale, il pedaggio.

Le variazioni della rete stradale, attese nell'orizzonte temporale di realizzazione delle alternative infrastrutturali che saranno oggetto dello studio, sono pertanto riportate nel modello di simulazione come modifiche ed integrazioni della rete attuale.

La presente applicazione, di tipo mono modale riferita ai veicoli privati leggeri e pesanti, utilizza i quattro ranghi della rete stradale (autostrade, strade primarie, strade secondarie e strade locali).

1.3 Modulo di Domanda

Il modello descrive la domanda di trasporto con riferimento alla circolazione sia dei veicoli leggeri, che dei veicoli pesanti. Gli spostamenti si riferiscono alla domanda stimata dalle elaborazioni condotte su tutte le fonti disponibili e delle indagini dirette svolte.

In termini temporali, ci si riferisce per comodità all'ora di punta di traffico del mattino di un giorno feriale medio, definito in rapporto ad un periodo non turistico con le scuole in pieno regime.

Gli spostamenti sono stimati tra ZONE DI TRAFFICO, la cui definizione territoriale, essenziale per rendere verosimile alla realtà il modello di simulazione, segue precisi criteri di rilevanza degli spostamenti nel contesto della rete che si vuole studiare¹. Tra ogni coppia di zona di traffico si ottiene un valore rappresentativo di una RELAZIONE DI TRAFFICO (O/D – Origine Destinazione) espressa quantitativamente in veicoli equivalenti.

Gli spostamenti sono quindi rappresentati sinteticamente da una matrice origine/destinazione (O/D) dei veicoli che si spostano fra le zone di traffico. La matrice ha in riga e colonna le zone di traffico, pertanto è una matrice quadrata, con la diagonale nulla essendo per definizione trascurati gli spostamenti che hanno inizio e termine all'interno della medesima zona.

La matrice O/D dei veicoli è espressa separatamente in veicoli leggeri e pesanti. Quest'ultima è derivata da quella dei veicoli leggeri, mediante coefficienti correttivi in funzione dei costi generalizzati di spostamento, definiti in modo da garantire la coerenza con i flussi rilevati sulla rete stradale di interesse.

La matrice relativa alla domanda di mobilità futura è ottenuta per proiezione tendenziale delle dinamiche territoriali in corso, applicate alla matrice della domanda attuale.

1.4 Modulo di Assegnazione

L'assegnazione alla rete stradale delle matrici O/D relative al traffico leggero e pesante è stata condotta attraverso la procedura di assegnazione di equilibrio deterministico (*deterministic user equilibrium – DUE*) in ambiente di calcolo EMME³.

In una prima fase, il modello viene calibrato in modo da riprodurre la configurazione dei traffici attuali, così come risultante dai conteggi di traffico disponibili.

Una volta calibrato, il modello è in grado di simulare, con sufficiente attendibilità, l'evoluzione attesa del sistema a fronte di variazioni dell'offerta o della domanda di mobilità.

Ciascuno scenario sarà descritto attraverso indicatori sintetici, che includono in particolare:

- Percorrenze (veicoli*km) dei veicoli leggeri distinte per le diverse categorie stradali
- Percorrenze (veicoli*km) dei mezzi pesanti distinte per le diverse per categorie stradali
- Tempi di viaggio (veicoli*h) di tutti i veicoli distinti per categorie stradali
- Velocità medie

¹ Il principio fondamentale di zonizzazione dell'area di studio segue la necessità di non trascurare spostamenti tra zone (questo effetto è, ad esempio, legato ad una zona troppo ampia), controbalanciato dalla esigenza di non rendere eccessivamente numerose le zone di traffico (oltre ad avere problemi computazionali, si rischierebbe di avere un livello di dettaglio incongruo rispetto alle altre approssimazioni che vanificano ogni sforzo di questa natura).

1.5 Area di studio e zonizzazione

1.5.1 Delimitazione dell'area di studio

Considerata l'ampiezza degli effetti attesi dalla realizzazione dei progetti esaminati, lo studio di traffico è stato sviluppato in relazione ad un ambito territoriale comprendente il sistema viabilistico del Comune di Legnano e dell'insieme di territori al contorno. La delimitazione dell'area di studio è legata alla necessità di replicare nel modello di simulazione gli effetti di variazioni di infrastrutture o di domanda che interessano in modo significativo la rete viaria di Legnano. Per questa ragione, l'area interessata è abbastanza ampia.

Questa delimitazione estensiva permette allo studio di tener conto con maggiore precisione non soltanto degli effetti derivanti dagli interventi previsti all'interno dello stesso Comune di Legnano, ma delle ovvie implicazioni sugli spostamenti intercomunali e interprovinciali derivanti da progetti di più ampio respiro.

Si sottolinea che per una buona quantità di zone di traffico si è provveduto a dettagliare in porzioni (subzone) il territorio, al fine di ottenere maggiore rispondenza del modello rispetto alla situazione reale. Questa ripartizione è evidentemente modulata rispetto alle densità dei territori, alla presenza di frazioni e di zone a particolare destinazione (industriale, produttiva, commerciale, residenziale).

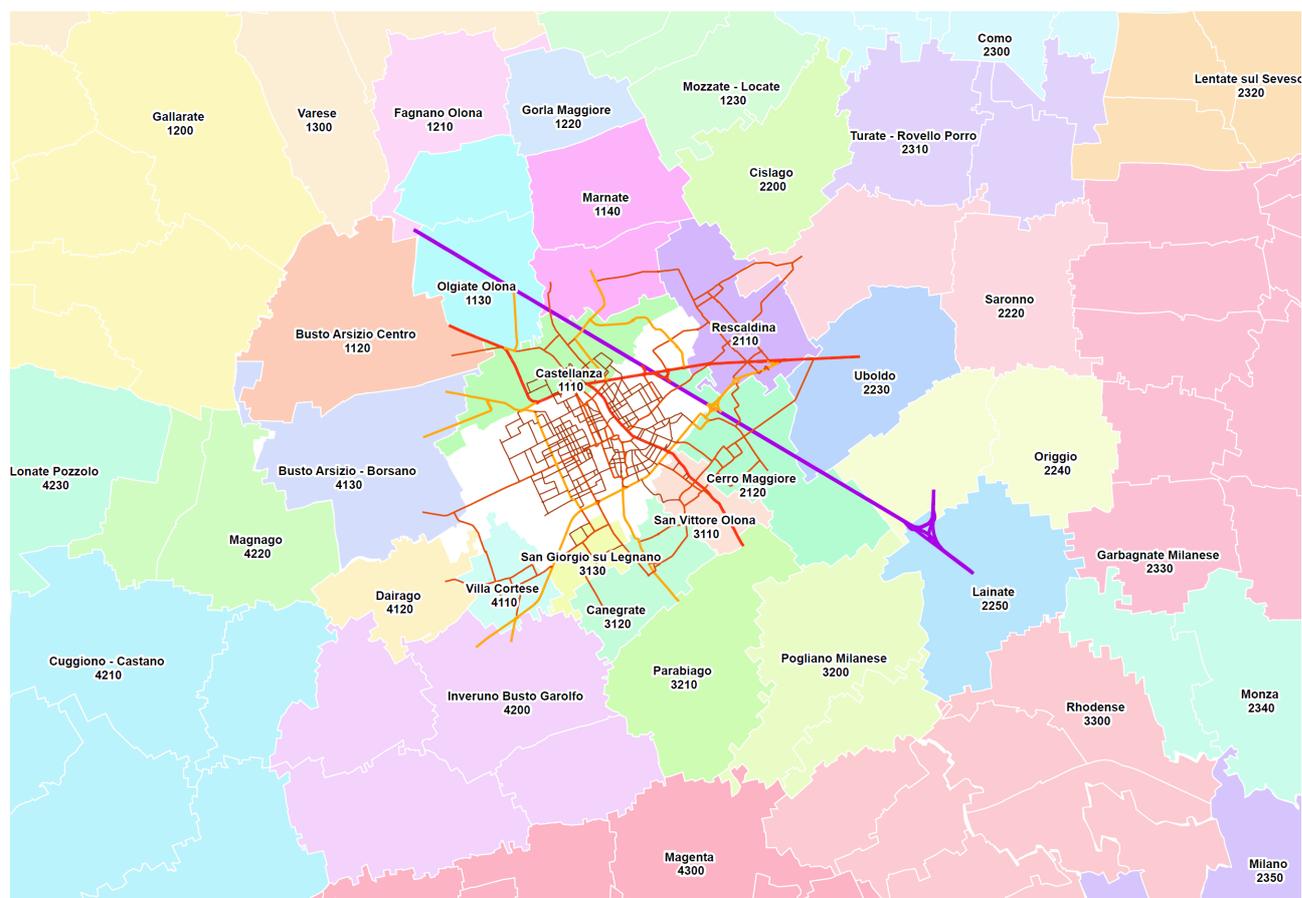


Figura 1: Zonizzazione esterna al Comune di Legnano

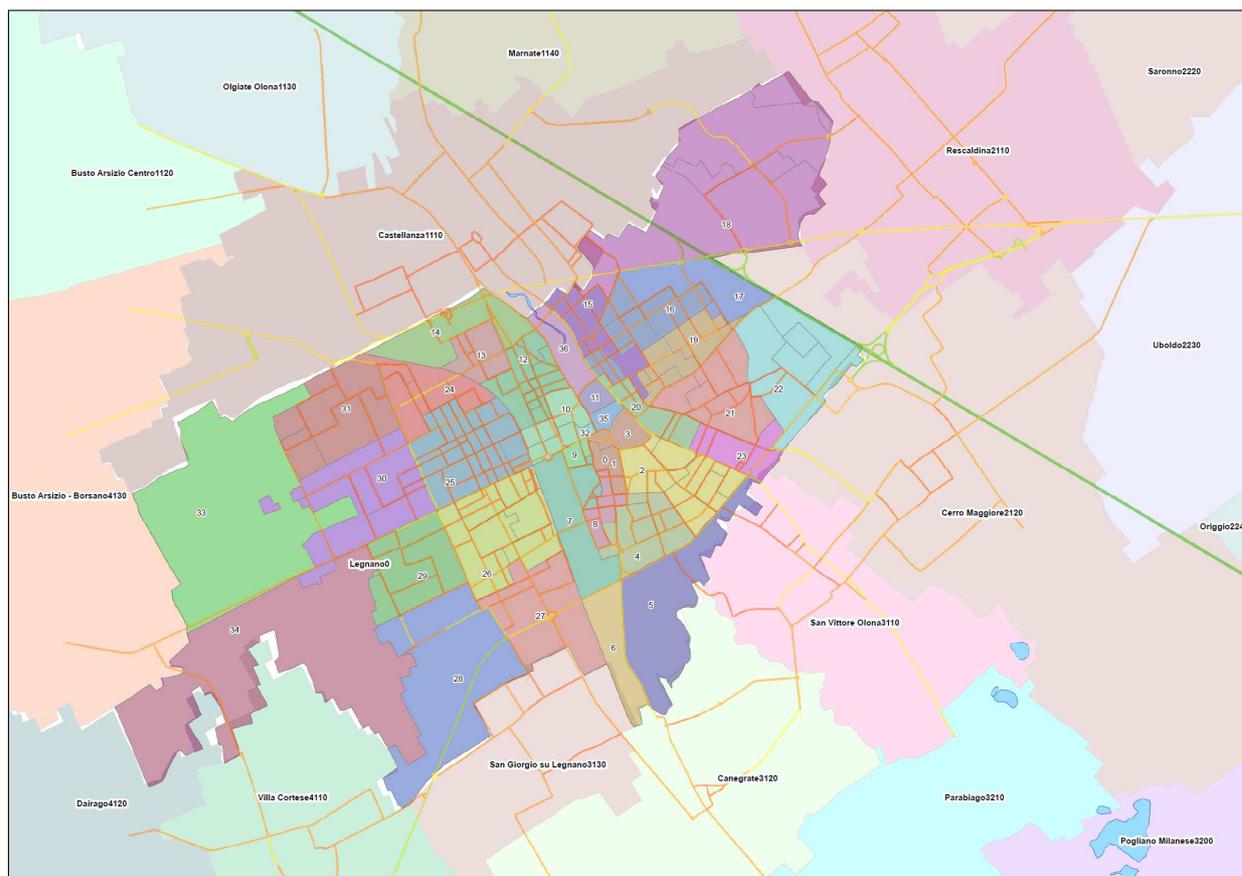


Figura 2: Dettaglio della zonizzazione interna a Legnano

Le zone complessivamente sono 83, di cui:

- 38 zone interne al territorio di Legnano (1-38)
- 41 zone rappresentative del territorio esteso ai comuni di cintura e alle aggregazioni di comuni della Regione Lombardia (39-78)
- alle direttrici esterne
- 5 zone rappresentative delle direttrici esterne (79-83)

La zonizzazione interna è stata effettuata per composizione delle sezioni censuarie, ottenendo 38 zone. Questa zonizzazione è stata poi dettagliata per individuare degli ambiti interni a singole sezioni censuarie, con le seguenti notazioni :

- dalla zona 33 (coincidente alla sezione censuaria 93) è stata scorporata la zona 34, corrispondente all'area prevista per il nuovo ospedale;
- dalla zona 11 (coincidente alla sezione censuaria 19) è stata scorporata la zona 35, corrispondente all'area occupata da Esselunga (Area Cantoni);
- dalla zona 14 (coincidente alla sezione censuaria 28) è stata scorporata la zona 36, corrispondente all'area ad est di Corso Matteotti;
- in deroga al criterio della zonizzazione esterna su base comunale, sono state aggiunte due zone relative ad aree commerciali in comuni limitrofi a Legnano:
 - dal Comune di Castellanza è stata inserita la zona commerciale ex Iper Standa 37;
 - dal Comune di Rescaldina è stata inserita la zona commerciale Auchan 38.

Le zone esterne (dalla 39 alla 83) sono suddivise come riportato nel seguente elenco:

| | | | |
|----|------------------------|----|----------------------------------|
| 39 | Castellanza | 61 | Monza |
| 40 | Busto Arsizio Centro | 62 | Milano est |
| 41 | Olgiate Olona | 63 | Milano ovest |
| 42 | Marnate | 64 | San Vittore Olona |
| 43 | Gallarate est | 65 | Canegrate |
| 44 | Fagnano Olona | 66 | San Giorgio su Legnano |
| 45 | Gallarate ovest | 67 | Cerro Maggiore Sud |
| 46 | Gorla Maggiore | 68 | Parabiago |
| 47 | Mozzate - Locate | 69 | Rhodense e Pogliano |
| 48 | Varese est | 70 | Villa Cortese |
| 49 | Varese ovest | 71 | Dairago |
| 50 | Rescaldina | 72 | Busto Arsizio - Borsano |
| 51 | Cerro Maggiore | 73 | Inveruno Busto Garolfo |
| 52 | Cislago | 74 | Cuggiono - Castano |
| 53 | Saronno | 75 | Magnago |
| 54 | Uboldo | 76 | Lonate Pozzolo |
| 55 | Origgio | 77 | Magenta |
| 56 | Lainate | 78 | Verbano Ossola |
| 57 | Como | 79 | NE - Svizzera |
| 58 | Turate - Rovello Porro | 80 | EST - Lc - So - Bg - Bs |
| 59 | Lentate sul Seveso | 81 | SE Milanese |
| 60 | Garbagnate Milanese | 82 | SUD - Pv - Lo - Cr |
| | | 83 | OVEST - PiemNord - Valle d Aosta |

2 Ricostruzione dello Stato di fatto

2.1 Generalità

La prima fase dello studio è consistita nella ricostruzione dell'assetto odierno dell'offerta di trasporto, della domanda di mobilità e dei flussi di traffico all'interno dell'area di studio.

Tale operazione è indispensabile per garantire l'affidabilità del modello, che deve innanzi tutto essere in grado di riprodurre, con accettabile approssimazione, le condizioni odierne di esercizio del sistema, note in base ad una pluralità di rilevazioni del traffico. La corrispondenza tra i flussi osservati ed i flussi simulati è oggetto della calibrazione del modello, che rappresenta una delle attività più delicate al fine di garantire la qualità dei risultati finali.

La ricostruzione dello scenario attuale si basa dunque su tre attività principali:

- a) descrizione dell'offerta di trasporto mediante costruzione del grafo stradale;
- b) stima della domanda di mobilità, attraverso la definizione della matrice origine/destinazione (O/D) dei movimenti veicolari;
- c) assegnazione della matrice O/D al grafo, verifica dei risultati in relazione ai flussi osservati, e conseguente aggiustamento dei parametri di offerta e/o di domanda, secondo una procedura di calibrazione per successive approssimazioni, sino alla convergenza finale dei risultati.

L'anno di riferimento per la ricostruzione dello stato di fatto (SDF) è il Dicembre 2010, data a cui sono stati ricondotti i rilievi di traffico disponibili sulla rete stradale di interesse.

2.2 Ricostruzione dell'offerta di trasporto

Il modello di traffico utilizzato a supporto dello studio prende in esame il solo modo di trasporto stradale.

La rete di trasporto attualmente compresa nell'area di studio è stata descritta attraverso un apposito grafo stradale, costituito da archi monodirezionali, ripartiti nei cinque ranghi funzionali indicati in tabella.

| Rango | Descrizione |
|-------|--------------------------|
| 2 | Rete autostradale |
| 3 | Rete stradale primaria |
| 4 | Rete stradale secondaria |
| 5 | Rete locale |

Al rango stradale è poi associata una descrizione più dettagliata della tipologia funzionale, come indicato nella seguente tabella riassuntiva del set completo di tipologie utilizzabili nel modello di traffico.

| CATEGORIA | TIPO ARCO | Capacità | | Velocità di base | | Velocità per F/C=0,75 | | Velocità a pieno carico | |
|-----------------------------|--------------|------------------------|--------|------------------|--------|-----------------------|--------|-------------------------|--------|
| | | veic.eq./giorno/corsia | | km/h | | km/h | | km/h | |
| | | extraurbana | urbana | extraurbana | urbana | extraurbana | urbana | extraurbana | urbana |
| AUTOSTRADALE | 20 | 26.000 | 26.000 | 115 | 110 | 85 | 80 | 50 | 46 |
| RACCORDI E TRAFORI | 21 | 24.700 | 24.700 | 110 | 95 | 85 | 75 | 50 | 46 |
| AUTOSTRADALI | 22 | 27.300 | 27.300 | 115 | 110 | 85 | 80 | 50 | 46 |
| | 23 | 26.000 | 26.000 | 120 | 110 | 90 | 80 | 50 | 46 |
| | 25 | 23.400 | 20.800 | 120 | 90 | 90 | 70 | 50 | 44 |
| | 26 | 23.400 | 23.400 | 50 | 40 | 40 | 32 | 26 | 22 |
| | 27 | 24.700 | 22.100 | 110 | 95 | 85 | 75 | 50 | 46 |
| | 28 | 23.400 | 23.400 | 50 | 40 | 40 | 32 | 26 | 22 |
| | 29 | 23.400 | 23.400 | 50 | 40 | 40 | 32 | 26 | 22 |
| SUPERSTRADE | 30 | 22.200 | 20.400 | 105 | 85 | 80 | 68 | 50 | 44 |
| STRADE ORDINARIE A DISTURBO | 31 | 21.600 | 19.200 | 100 | 85 | 80 | 68 | 50 | 44 |
| LOCALE RIDOTTO | 32 | 22.800 | 21.600 | 110 | 90 | 85 | 70 | 50 | 44 |
| | 34 | 19.200 | 19.200 | 40 | 30 | 32 | 24 | 22 | 16 |
| | 35 | 19.200 | 14.400 | 90 | 70 | 70 | 58 | 48 | 38 |
| | 36 | 21.600 | 19.200 | 95 | 80 | 75 | 62 | 50 | 38 |
| STRADE ORDINARIE A DISTURBO | 40 | 16.500 | 12.650 | 80 | 55 | 58 | 42 | 41 | 30 |
| LOCALE MEDIO | 41 | 17.600 | 13.200 | 85 | 60 | 60 | 46 | 43 | 32 |
| | 42 | 18.700 | 16.500 | 95 | 80 | 70 | 54 | 45 | 32 |
| | 45 | 15.400 | 12.100 | 75 | 50 | 55 | 38 | 41 | 26 |
| STRADE ORDINARIE A DISTURBO | 50 | 10.000 | 8.000 | 55 | 40 | 42 | 30 | 29 | 22 |
| LOCALE ELEVATO | 51 | 12.000 | 10.000 | 65 | 45 | 46 | 35 | 30 | 24 |
| | 52 | 14.000 | 12.000 | 75 | 55 | 50 | 40 | 35 | 26 |
| | 55 | 8.000 | 6.500 | 50 | 40 | 37 | 30 | 25 | 22 |
| | 56 | 10.000 | 8.000 | 55 | 40 | 40 | 30 | 27 | 22 |
| | 58 | 6.000 | 6.000 | 50 | 30 | 35 | 23 | 25 | 16 |
| | 59 | 4.800 | 4.800 | 40 | 40 | 27 | 27 | 20 | 20 |

Le caratteristiche geometriche di ogni arco stradale (ranghi 2-5) sono descritte attraverso un insieme di parametri, che includono la lunghezza, il numero di corsie, il livello di disturbo laterale, ecc...

Tali parametri sono combinati tra loro ottenendo due indicatori principali:

- la velocità di base V_b , ovvero la velocità alla quale un veicolo può percorrere l'arco in assenza di traffico;
- la capacità C , ovvero il numero massimo di veicoli che può attraversare l'arco nell'unità di tempo (in questo caso il giorno).

I due indicatori sono utilizzati dal modello per calcolare il tempo di percorrenza su ciascun arco T , in funzione del flusso veicolare che lo impegna, secondo una formula del tipo:

$$T(F) = \frac{L}{V_b} \left[1 + \alpha \left(\frac{F}{C} \right)^\beta \right]$$

dove α e β sono due parametri di deflusso, il cui valore è calcolato arco per arco, tenendo conto anche della percentuale di lunghezza stradale che ricade all'interno dei centri urbani. Tale calcolo avviene imponendo che le funzioni di deflusso assumano valori predefiniti per valori del rapporto flusso/capacità pari a 0, 1 e 0,75.

Le funzioni di deflusso sugli archi consentono di descrivere con buona approssimazione i tempi di viaggio sugli archi stradali in condizioni di flusso ininterrotto. Per ottenere buoni risultati dal modello di simulazione è però necessario riuscire a replicare correttamente anche i **perditempi alle intersezioni**. Per questa ragione sono state riprodotte anche le regolazioni a ciascun nodo intersezione. Per ciascuna regolazione il **perditempo è calcolato in base al flusso conflittuale con la manovra**, tenuto conto della regolazione. Le differenti tipologie di funzione (TPF) sono elencate nella seguente tabella.

| TPF | Manovra |
|-----|--|
| -1 | manovra generica non penalizzata |
| 0 | manovra vietata |
| 1 | arco con precedenza, manovra dritto/destra |
| 2 | arco con precedenza, manovra sinistra |
| 3 | precedenza in rotatoria, singolo attestamento |
| 4 | precedenza in rotatoria, doppio attestamento |
| 5 | precedenza dritto/sinistra, singolo attestamento |
| 6 | precedenza dritto/sinistra, doppio attestamento |
| 7 | precedenza destra, singolo attestamento |
| 8 | precedenza destra, doppio attestamento |
| 9 | stop dritto/sinistra, singolo attestamento |
| 10 | stop dritto/sinistra, doppio attestamento |
| 11 | stop destra, singolo attestamento |
| 12 | stop destra, doppio attestamento |
| 13 | semaforo, manovra dritto/destra |
| 14 | semaforo, manovra sinistra |

Le funzioni specifiche di perditempo hanno andamento similare a quello (BPR) descritto per il perditempo sugli archi, con la evidente differenza che il limite di capacità è differenziato per singola manovra e quantità di traffico in conflitto con essa.

2.3 Stima della domanda di mobilità

Obiettivo di questa fase di elaborazione è la ricostruzione della domanda di trasporto che interessa il territorio comunale di Legnano, relativa agli spostamenti con mezzi motorizzati nell'ora di punta del mattino. La domanda viene calcolata in forma di matrice origine/destinazione di spostamenti di veicoli, espressa in veicoli equivalenti nell'ora di punta.

Le fonti principali per la ricostruzione della domanda di mobilità privata sono:

- le indagini di traffico del Novembre 2009 (interviste OD al cordone e conteggi agli incroci)
- le indagini di traffico del Novembre 2010 (interviste OD al cordone e conteggi agli incroci)
- la matrice degli spostamenti OD Lombardia 2002 ²

Dai rilievi di traffico è stata individuata come ora di punta del mattino l'intervallo 7.45-8.45.

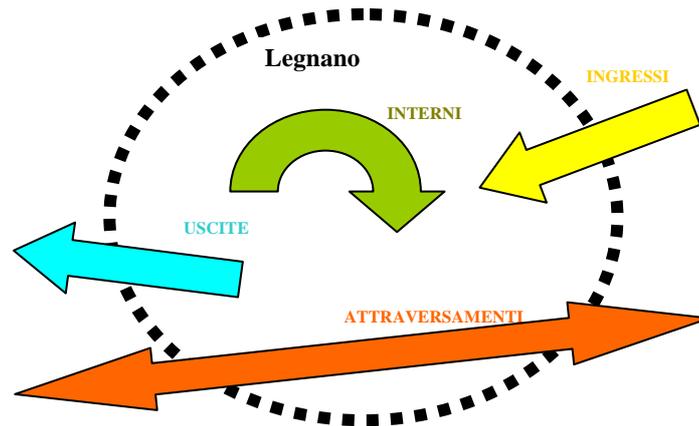
L'orizzonte temporale di riferimento assunto per la stima della domanda di mobilità dello scenario "Stato di fatto" è il Dicembre 2010.

La domanda di mobilità è stata descritta attraverso due distinte matrici O/D, relative rispettivamente al traffico leggero ed a quello pesante.

La domanda è stata quantificata separando le seguenti categorie:

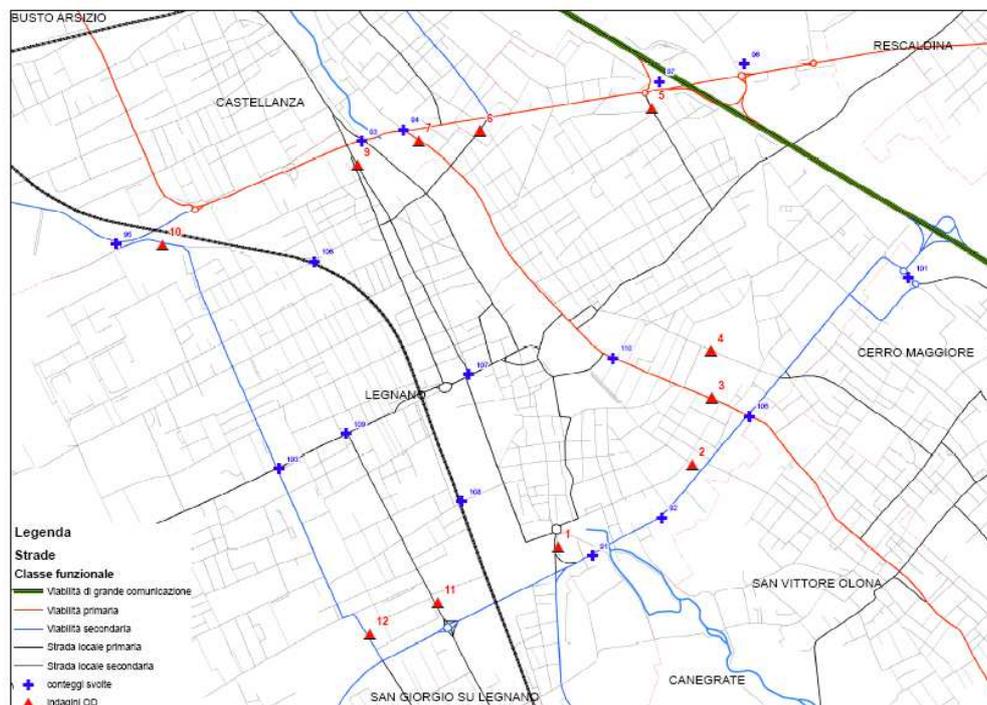
- Veicoli leggeri (auto e furgoni) / traffico interno, in ingresso e uscita da Legnano
- Veicoli leggeri (auto e furgoni) / traffico di attraversamento
- Veicoli pesanti (camion, articolati e bus, espressi in veicoli equivalenti)

² Vedi: Regione Lombardia, DG Infrastrutture e Mobilità; *Indagine Origine/Destinazione 2002*; a cura di ACNielsen, Cap Gemini Ernst&Young Italia, TRT Trasporti e Territorio, Milano, 2003.



2.3.1 Elaborazione delle indagini al “cordone” comunale 2009

Per calcolare gli spostamenti in ingresso e in attraversamento, sono state elaborate i conteggi di traffico nell'ora di punta del mattino e le interviste campionarie effettuate ai conducenti degli autoveicoli e dei furgoni, intercettati sulle sezioni stradali in ingresso nell'area urbana di Legnano nella fascia 7.30-9.30.



I flussi complessivamente registrati sono circa 7 mila in ingresso e 6 mila in uscita nell'ora di punta del mattino.

Le interviste effettuate sono state complessivamente quasi 1.600 distribuite nelle varie sezioni come da seguente tabella.

| Sezione | | Conteggio | Interviste | Tasso di campionamento |
|---------------|--------------------------|--------------|--------------|------------------------|
| 1 | corso Magenta | 950 | 160 | 16,8% |
| 2 | via S.Caterina | 266 | 134 | 50,4% |
| 3 | corso Sempione | 397 | 278 | 70,0% |
| 4 | via Colli di Sant'Erasmo | 611 | 123 | 20,1% |
| 5 | via Fabio Filzi | 333 | 134 | 40,2% |
| 6 | via Locatelli | 446 | 150 | 33,6% |
| 7 | via Milano | 453 | 116 | 25,6% |
| 9 | via Pietro Micca | 341 | 100 | 29,3% |
| 10 | via Sabotino | 540 | 117 | 21,7% |
| 11 | via XX Settembre | 859 | 140 | 16,3% |
| 12 | via Podgora | 622 | 137 | 22,0% |
| Totale | | 5.818 | 1.589 | 27,3% |

Flussi in ingresso

| sez | leggeri | pesanti | Totale veic. eq. |
|-----|---------|---------|------------------|
| 1 | 950 | 28 | 978 |
| 2 | 266 | 3 | 269 |
| 3 | 397 | 60 | 457 |
| 4 | 611 | 10 | 621 |
| 5 | 333 | 25 | 358 |
| 6 | 446 | 22 | 468 |
| 7 | 453 | 5 | 458 |
| 9 | 341 | 23 | 364 |
| 10 | 540 | 78 | 618 |
| 11 | 859 | 58 | 917 |
| 12 | 622 | 68 | 690 |
| 103 | 823 | 103 | 926 |

Totale **6.641** **480** **7.121**
 % 93,3% 6,7%

Flussi in uscita

| leggeri | pesanti | Totale veic. eq. |
|---------|---------|------------------|
| 473 | 12 | 485 |
| 225 | 2 | 227 |
| 1.075 | 78 | 1.153 |
| 153 | 2 | 155 |
| 551 | 18 | 569 |
| 614 | 8 | 622 |
| 420 | 8 | 428 |
| 202 | 18 | 220 |
| 618 | 30 | 648 |
| 540 | 50 | 590 |
| 490 | 100 | 590 |
| 426 | 78 | 504 |

5.787 **402** **6.189**
 93,5% 6,5%

Le interviste sono state codificate ed espansive al totale dei flussi veicolari transitanti in ciascuna sezione nell'ora di punta.

Nell'espansione si è tenuto conto della diversa incidenza degli spostamenti pendolari in ora di punta rispetto all'intera fascia bioraria oggetto delle interviste.

| motivo_destinazione | Totale 7.30-9.30 | Ora punta 7.45-8.45 | Coefficiente di pesatura |
|-------------------------------------|------------------|---------------------|--------------------------|
| 1 - luogo di residenza | 7,6% | 5,4% | 0,71 |
| 2 - luogo di soggiorno | 0,3% | 0,4% | 1,39 |
| 3 - lavoro e affari | 54,9% | 57,4% | 1,05 |
| 4 - studio | 1,9% | 3,2% | 1,67 |
| 5 - acquisti | 3,2% | 2,6% | 0,80 |
| 6 - altre pratiche personali | 15,9% | 12,0% | 0,76 |
| 7 - accompagnamento familiari/amici | 12,3% | 16,7% | 1,35 |
| 8 - altri svaghi/tempo libero/sport | 3,3% | 2,0% | 0,61 |
| 9 - carico/scarico | 0,4% | 0,1% | 0,31 |
| n.d. | 0,3% | 0,4% | 1,39 |

2.3.2 Elaborazione delle indagini al “cordone” comunale 2010

La tavola 'Postazioni di indagine' allegata al Piano, della quale è di seguito riportato uno stralcio, mostra la localizzazione di tutte le postazioni di rilievo differenziate per tipologia di indagine e codifica.

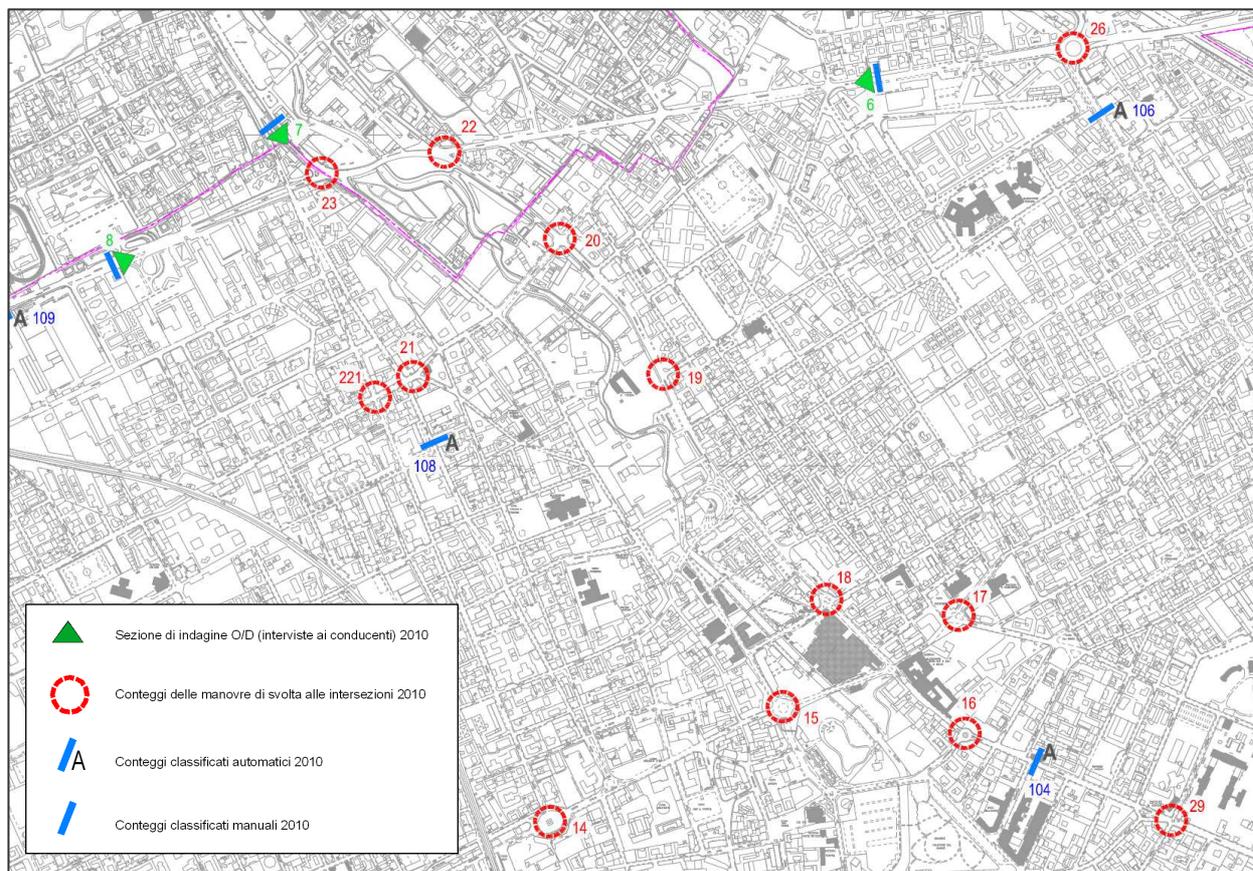


Figura 3: stralcio della tavola 'Postazioni dei rilievi di traffico'

L'elaborazione delle informazioni è avvenuta con riferimento ai flussi degli autoveicoli transitanti fra le 7:30 e le 9:30 in ciascuna sezione di indagine. Nella tabella seguente si riportano, per ciascuna sezione, il numero di interviste valide effettuate, il numero di veicoli transitanti, il coefficiente di espansione ed il tasso di campionamento ottenuto.

| Sezione | Interviste | Veicoli | Coefficiente di Espansione | Tasso di Campionamento |
|------------|-------------|--------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | 185 | 1645 | 8.89 | 11% |
| 2 | 235 | 2114 | 9.00 | 11% |
| 3 | 198 | 1275 | 6.44 | 16% |
| 4 | 190 | 1581 | 8.32 | 12% |
| 5 | 129 | 852 | 6.60 | 15% |
| 6 | 189 | 1332 | 7.05 | 14% |
| 7 | 169 | 1217 | 7.20 | 14% |
| 8 | 250 | 1614 | 6.46 | 15% |
| tot | 1545 | 11630 | | |

Coefficiente di Espansione medio ponderato **7.53**
Tasso di Campionamento medio ponderato **13%**

2.3.3 Flussi di attraversamento su itinerari tangenziali

I flussi di attraversamento intercettati al “cordone” dell’area urbana sono quelli che “entrano nella viabilità urbana per poi uscirne in direzione della propria destinazione finale.

Vi sono però altre componenti di flusso di attraversamento che non transitano nell’area centrale di Legnano, ma attraversano il territorio comunale rimanendo sugli assi tangenziali costituiti dalla via Saronnese a nord, dalla A8 ad est e dalla SP12 a sud.

Questi flussi sono stati ricostruiti sulla base dei conteggi di traffico effettuati o disponibili e vanno comunque ad incrementare le percorrenze totali di veicoli motorizzati che si registrano in ora di punta sul territorio di Legnano.

2.3.4 Elaborazione dei dati censuari

Gli spostamenti interni a Legnano sono stati invece calcolati mediante un modello di stima della domanda.

Il modello assume che gli spostamenti generati da una zona sono proporzionali al numero di residenti in fascia d’età attiva e gli spostamenti attratti da una zona sono proporzionali al numero di addetti che vi lavorano.

Gli addetti per le vari classi di attività economica son opportunamente ponderati, per tener conto di attività più o meno “attrattive” di addetti, utenti, visitatori o clienti.

I valori di residenti e addetti per zona sono riportati nelle seguenti tabelle. Questi dati sono tratti dal Censimento ISTAT delle famiglie 2001. Malgrado il censimento sia datato (il nuovo Censimento 2011 è in corso e sarà disponibile solo tra almeno un anno), le quantità desunte sono un punto di partenza molto valido. Questi dati sono corretti dalle informazioni anagrafiche più recenti (Dicembre 2010) in fase di calibrazione del modello di traffico.

| Zona | Num. famiglie | Num. residenti | Residenti fascia <20 | Residenti fascia 20-64 | Residenti fascia >64 | Componenti per famiglia | Fascia 20-64 su totale residenti |
|---------------|---------------|----------------|----------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 1 | 303 | 654 | 99 | 404 | 151 | 2,16 | 61,8% |
| 2 | 1.453 | 3.443 | 557 | 2.153 | 733 | 2,37 | 62,5% |
| 3 | 147 | 350 | 61 | 219 | 70 | 2,38 | 62,6% |
| 4 | 894 | 2.115 | 367 | 1.348 | 400 | 2,37 | 63,7% |
| 5 | 349 | 926 | 199 | 636 | 91 | 2,65 | 68,7% |
| 6 | 359 | 954 | 175 | 640 | 139 | 2,66 | 67,1% |
| 7 | 228 | 506 | 92 | 328 | 86 | 2,22 | 64,8% |
| 8 | 491 | 1.096 | 183 | 680 | 233 | 2,23 | 62,0% |
| 9 | 203 | 442 | 58 | 286 | 98 | 2,18 | 64,7% |
| 10 | 784 | 1.776 | 255 | 1.141 | 380 | 2,27 | 64,2% |
| 11 | 114 | 238 | 42 | 147 | 49 | 2,09 | 61,8% |
| 12 | 1.244 | 2.904 | 463 | 1.875 | 566 | 2,33 | 64,6% |
| 13 | 354 | 880 | 158 | 584 | 138 | 2,49 | 66,4% |
| 14 | 380 | 901 | 149 | 604 | 148 | 2,37 | 67,0% |
| 15 | 1.178 | 2.660 | 401 | 1.626 | 633 | 2,26 | 61,1% |
| 16 | 902 | 2.154 | 345 | 1.363 | 446 | 2,39 | 63,3% |
| 17 | 409 | 1.068 | 206 | 706 | 156 | 2,61 | 66,1% |
| 18 | 425 | 1.135 | 242 | 759 | 134 | 2,67 | 66,9% |
| 19 | 889 | 2.111 | 328 | 1.367 | 416 | 2,37 | 64,8% |
| 20 | 477 | 1.186 | 173 | 761 | 252 | 2,49 | 64,2% |
| 21 | 801 | 1.998 | 328 | 1.312 | 358 | 2,49 | 65,7% |
| 22 | 915 | 2.604 | 381 | 1.590 | 633 | 2,85 | 61,1% |
| 23 | 235 | 639 | 97 | 360 | 182 | 2,72 | 56,3% |
| 24 | 637 | 1.653 | 315 | 1.129 | 209 | 2,59 | 68,3% |
| 25 | 2.212 | 5.279 | 964 | 3.356 | 959 | 2,39 | 63,6% |
| 26 | 1.623 | 3.825 | 623 | 2.447 | 755 | 2,36 | 64,0% |
| 27 | 423 | 1.119 | 227 | 751 | 141 | 2,65 | 67,1% |
| 28 | 577 | 1.482 | 285 | 996 | 201 | 2,57 | 67,2% |
| 29 | 806 | 2.116 | 435 | 1.376 | 305 | 2,63 | 65,0% |
| 30 | 821 | 2.386 | 509 | 1.541 | 336 | 2,91 | 64,6% |
| 31 | 959 | 3.058 | 715 | 2.151 | 192 | 3,19 | 70,3% |
| 32 | 40 | 92 | 18 | 60 | 14 | 2,30 | 65,2% |
| 33 | 14 | 43 | 4 | 35 | 4 | 3,07 | 81,4% |
| Totale | 21.646 | 53.793 | 9.454 | 34.731 | 9.608 | 2,49 | 64,6% |
| | | | 17,6% | 64,6% | 17,9% | | |

| Zona | Industria e costruzioni | Alberghi, ristoranti e credito | Altre imprese e servizi | Commercio | Pubbl. Ammin. e Servizi pubblici | Istruzione | Sanità | Totale |
|---------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| 1 | 89 | 193 | 278 | 191 | 179 | 31 | 35 | 996 |
| 2 | 208 | 103 | 173 | 118 | 112 | 281 | 50 | 1.045 |
| 3 | 55 | 317 | 51 | 61 | 42 | - | 3 | 529 |
| 4 | 130 | 38 | 66 | 69 | 115 | 196 | 25 | 639 |
| 5 | 23 | 17 | 76 | 110 | 93 | - | 6 | 325 |
| 6 | 46 | 9 | 186 | 64 | 23 | - | - | 328 |
| 7 | 1.577 | 89 | 163 | 31 | 17 | 2 | 11 | 1.890 |
| 8 | 47 | 57 | 53 | 97 | 37 | 31 | 16 | 338 |
| 9 | 56 | 110 | 147 | 80 | 38 | 1 | 13 | 445 |
| 10 | 90 | 122 | 335 | 160 | 32 | 204 | 40 | 983 |
| 11 | 8 | 30 | 55 | 30 | 42 | - | 18 | 183 |
| 12 | 215 | 36 | 265 | 90 | 72 | - | 24 | 702 |
| 13 | 65 | 3 | 29 | 32 | 6 | - | 5 | 140 |
| 14 | 884 | 51 | 192 | 139 | 101 | 4 | 38 | 1.409 |
| 15 | 245 | 31 | 82 | 120 | 24 | 2 | 28 | 532 |
| 16 | 114 | 27 | 44 | 58 | 17 | 102 | 7 | 369 |
| 17 | 182 | 34 | 94 | 179 | 25 | - | 5 | 519 |
| 18 | 1.130 | 13 | 248 | 474 | 13 | - | 3 | 1.881 |
| 19 | 110 | 14 | 88 | 72 | 13 | - | 9 | 306 |
| 20 | 60 | 32 | 86 | 61 | 8 | 62 | 11 | 320 |
| 21 | 228 | 36 | 63 | 91 | 78 | - | 168 | 664 |
| 22 | 272 | 31 | 36 | 74 | 4 | 44 | 111 | 572 |
| 23 | 27 | 22 | 11 | 37 | 14 | - | 1.845 | 1.956 |
| 24 | 111 | 9 | 27 | 47 | 8 | 4 | 35 | 241 |
| 25 | 282 | 52 | 219 | 240 | 44 | 69 | 50 | 956 |
| 26 | 241 | 62 | 287 | 203 | 41 | 75 | 22 | 931 |
| 27 | 935 | 22 | 58 | 151 | 33 | - | 1 | 1.200 |
| 28 | 356 | 7 | 42 | 139 | 96 | - | 1 | 641 |
| 29 | 148 | 9 | 53 | 78 | 4 | 31 | 2 | 325 |
| 30 | 192 | 16 | 31 | 74 | 8 | - | 4 | 325 |
| 31 | 315 | 34 | 55 | 198 | 37 | 34 | 4 | 677 |
| 32 | 10 | 32 | 42 | 12 | 19 | - | 2 | 117 |
| 33 | 121 | - | - | - | - | - | - | 121 |
| Totale | 8.572 | 1.658 | 3.635 | 3.580 | 1.395 | 1.173 | 2.592 | 22.605 |
| | 37,9% | 7,3% | 16,1% | 15,8% | 6,2% | 5,2% | 11,5% | |

2.3.5 Elaborazione dell'indagine o/d della Regione Lombardia

Per quanto riguarda gli spostamenti in uscita, sono stati utilizzati i valori censuari sui residenti e i valori di spostamenti estratti dall'indagine campionaria origine/destinazione svolta dalla regione Lombardia nel 2002 su tutto il territorio regionale.

L'indagine della regione era su base comunale, e quindi riporta, fra gli altri dati, gli spostamenti in uscita da Legnano e diretti in tutti gli altri comuni della regione o nelle vicine province.

Da questi dati sono stati estratti quelli relativi agli spostamenti in uscita, effettuati in auto nella fascia 7.00-9.00.

Questi valori sono stati riportati all'ora di punta del mattino in modo da riprodurre il totale dei flussi rilevati in uscita al "cordone" dell'area urbana di Legnano.

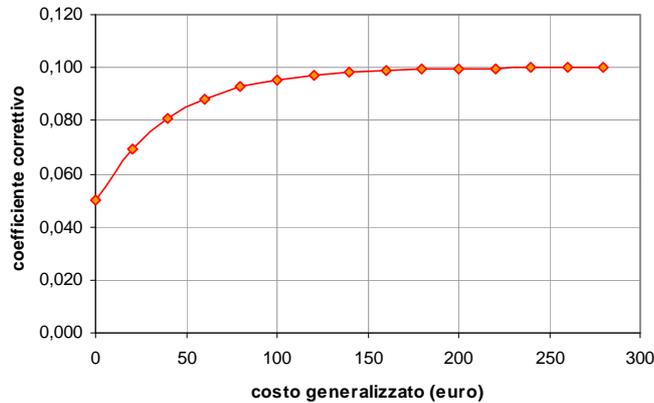
Si tratta dei totali dei veicoli conteggiati in direzione esterna, al netto degli spostamenti di attraversamento, rilevati al cordone nelle sezioni di ingresso.

Infine i flussi in uscita sono stati distribuiti fra le varie zone urbane di generazione in modo proporzionale ai residenti in fascia d'età attiva.

2.3.6 Veicoli Pesanti

Per quanto concerne invece i veicoli pesanti si è operato utilizzando una deformata della matrice O/D dei veicoli leggeri, ottenuta applicando ai singoli flussi un parametro correttivo dipendente dal costo generalizzato di spostamento g_{ij} , determinato in sede di assegnazione, e calibrato in modo da riprodurre correttamente le sezioni di controllo disponibili.

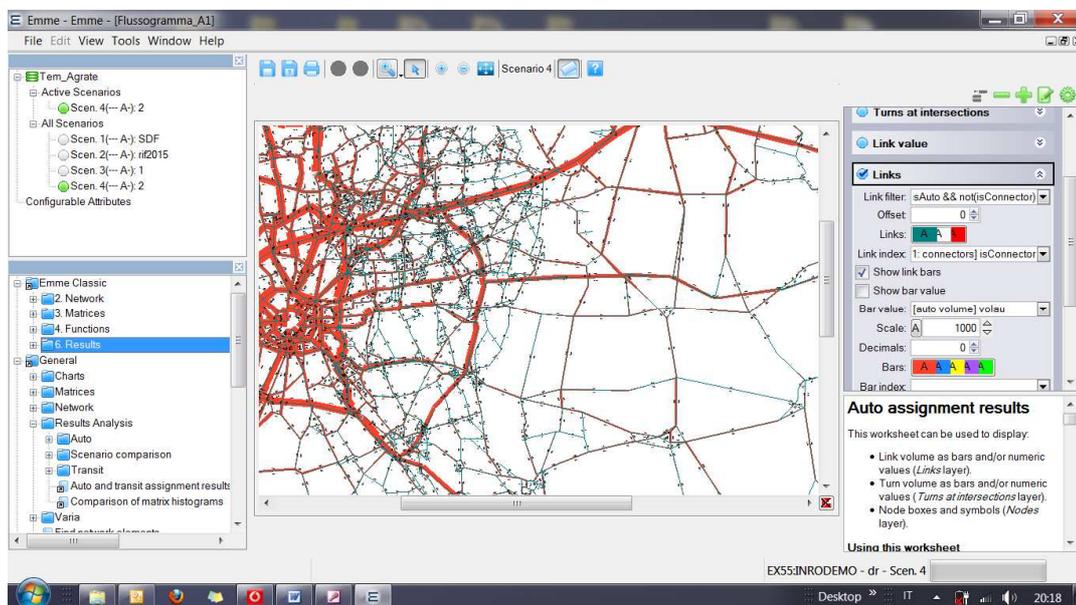
La forma funzionale ed i valori assunti da tale parametro sono illustrati nella figura che segue.



$$k_{ij} = M - L \exp(-Ng_{ij})$$

2.4 Assegnazione dei flussi

L'assegnazione della matrice O/D al grafo è stata effettuata in ambiente EMME-3, software prodotto dalla INRO (società fondata dal professor M. Florian dell'università di Montreal).



Finestra di lavoro del modello di simulazione in ambiente EMME³

La procedura di assegnazione adottata è fondata sulla metodologia DUE (*Deterministic User Equilibrium*) con iterazioni esterne multiple per raggiungere l'equilibrio tenendo conto anche dei flussi conflittuali alle intersezioni.

Una parte rilevante delle intersezioni, in particolare nell'area di studio, sono infatti descritte con dettaglio (attestamento in rotatorie, cicli semaforici e tempi di verde per manovra, precedenza, ecc.).

Per simulare correttamente i tempi e i costi di percorrenza sono adottate due famiglie di funzioni di costo (funzioni cioè in grado di calcolare i costi dello spostamento).

La prima famiglia è relativa ai tratti di strada tra due intersezioni (nodi). Si tratta di una funzione di costo generalizzato a tre parametri, della forma:

$$g_{ij} = c_{ij} + \gamma t_{ij} + p_{ij}$$

dove

g_{ij} rappresenta il costo generalizzato dello spostamento dalla zona i alla zona j ,

c_{ij} il suo costo operativo, t_{ij} il tempo necessario ad effettuarlo

γ il valore del tempo

p_{ij} l'esborso monetario dovuto per l'utilizzo della rete (pedaggi autostradali)

La seconda famiglia di funzioni di costo è relativa alle intersezioni. In questo caso il perditempo è dovuto essenzialmente alla tipologia della segnaletica da rispettare e ai flussi che interferiscono con la manovra desiderata. Queste funzioni sono state ricavate dalla letteratura disponibile (in particolare "Ingegneria dei sistemi di trasporto", Cascetta, 1998).

La domanda assegnata è stata suddivisa nelle quattro categorie seguenti:

- A) mobilità interna veicoli leggeri
- B) mobilità in ingresso e uscita veicoli leggeri
- C) mobilità di attraversamento veicoli leggeri
- D) mobilità mezzi pesanti

L'assegnazione è stata condotta in termini di veicoli equivalenti/ giorno, utilizzando i seguenti coefficienti di omogeneizzazione:

| | |
|-----------------|-----|
| veicoli leggeri | 1,0 |
| veicoli pesanti | 2,5 |

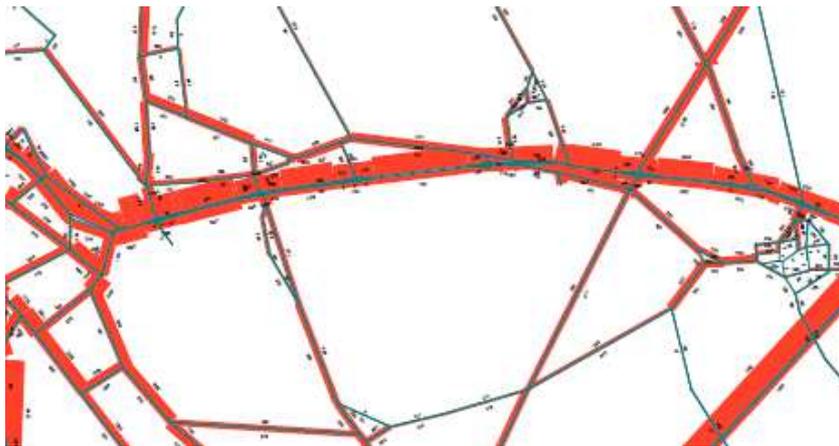
Ciascuna assegnazione è stata sviluppata con metodologia incrementale a 100 iterazioni, in modo da ottenere una soddisfacente convergenza degli algoritmi di assegnazione e ricalcolo dei costi generalizzati in funzione dei carichi veicolari gravanti sui singoli archi del grafo.

2.5 La lettura dei risultati delle simulazioni

2.5.1 I flussogrammi

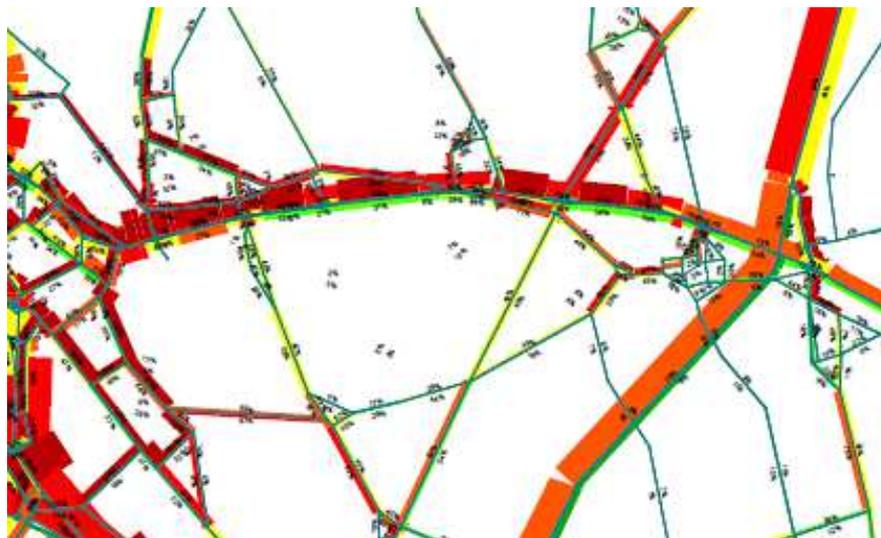
Il flussogramma di una simulazione rappresenta su ciascun arco il valore stimato di traffico nell'unità di misura convenzionale di veicoli equivalenti nell'unità di tempo utilizzata. Le varie tipologie di veicoli, sono cioè rese omogenee alla autovettura di lunghezza 5m. Il valore è espresso quindi in veicoli / h.

Lo spessore dell'arco in una direzione indica in scala uniforme il valore di flusso indicato.



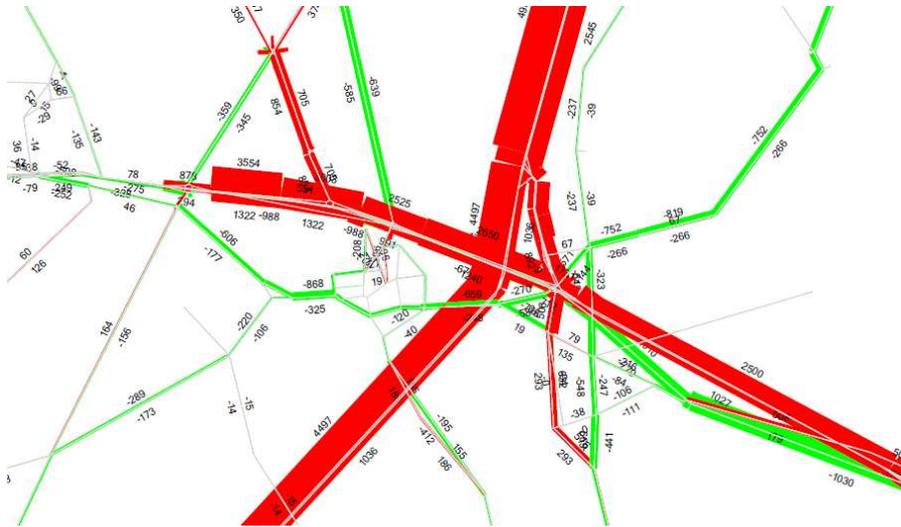
2.5.2 I rapporti flussi capacità

Il rapporto flusso capacità è un indicatore di "piena" del tratto stradale. Indica cioè il grado di saturazione raggiunto da un arco stradale. Il valore indicato è una percentuale tra 0% e 100% (in alcuni casi si può superare il 100% ad indicare una situazione di soprassaturazione e traffico quindi tipicamente congestionato e interrotto). Questo valore però non rappresenta il perditempo alle intersezioni (ad esempio ai semafori), che talvolta in ambito urbano sono causa di maggiore attese.



2.5.3 Le differenze di flussi

Le differenze di flussi tra uno scenario e quello di riferimento è espresso con tratti verdi (per differenze negative, ossia minor traffico) e tratti rossi (per differenze positive, ossia maggior traffico). Ovviamente i tratti di nuova realizzazione sono per definizione a differenza positiva.



2.6 Calibrazione del modello

2.6.1 Dati di traffico

Per la calibrazione del modello sono stati impiegati i risultati delle campagne di indagine, effettuate nel Novembre 2010. Le misure di traffico sono riportate in termini di veicoli equivalenti nelle principali sezioni di traffico rilevanti³ e sono riportate nello strumento di simulazione del traffico in modo da poter essere l'immediato termine di raffronto tra quanto simulato e la misura reale. Nella figura seguente sono rappresentati in mappa tali valori.

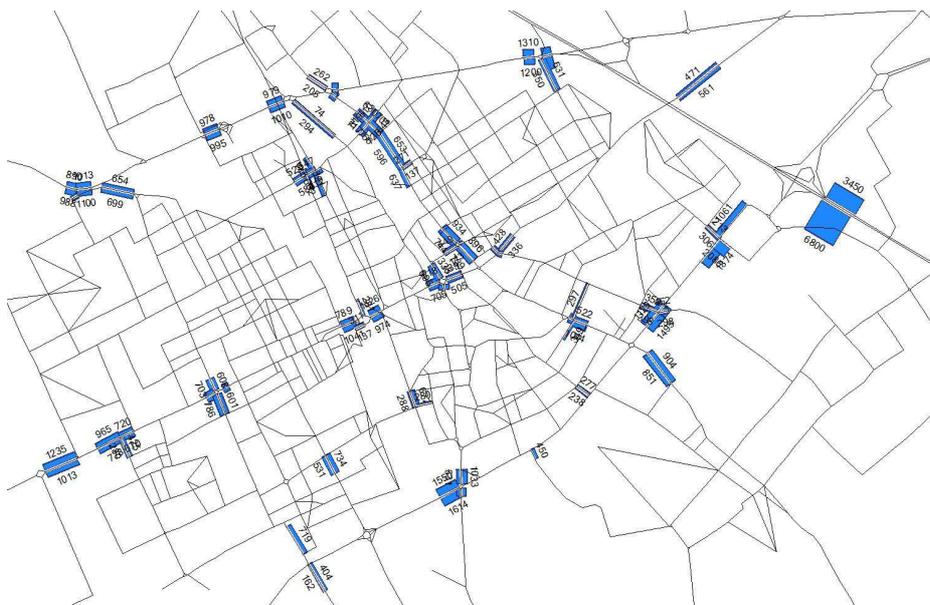


Figura 4: punti di calibrazione del modello di traffico

³ Il peso dei veicoli è ancora una volta legato alla tipologia moto/auto/pesanti con coefficienti 0,5 / 1,0 / 2,5 .

2.7 Risultati della calibrazione

I risultati della calibrazione sono evidenziati nel grafico seguente.

Per quanto riguarda l'insieme delle postazioni, la calibrazione ha consentito di raggiungere una buona correlazione statistica tra il dato simulato e quello osservato ($R^2=0,969$), con scarti generalmente contenuti entro il $\pm 10\%$.

Questo risultato, peraltro, è stato ottenuto principalmente concentrando l'attenzione su una realistica riproduzione degli effetti noti di congestione dei nodi, oggi talvolta più importante della capacità di deflusso dei tratti stradali, che pure sono stati oggetto di verifiche ripetute.

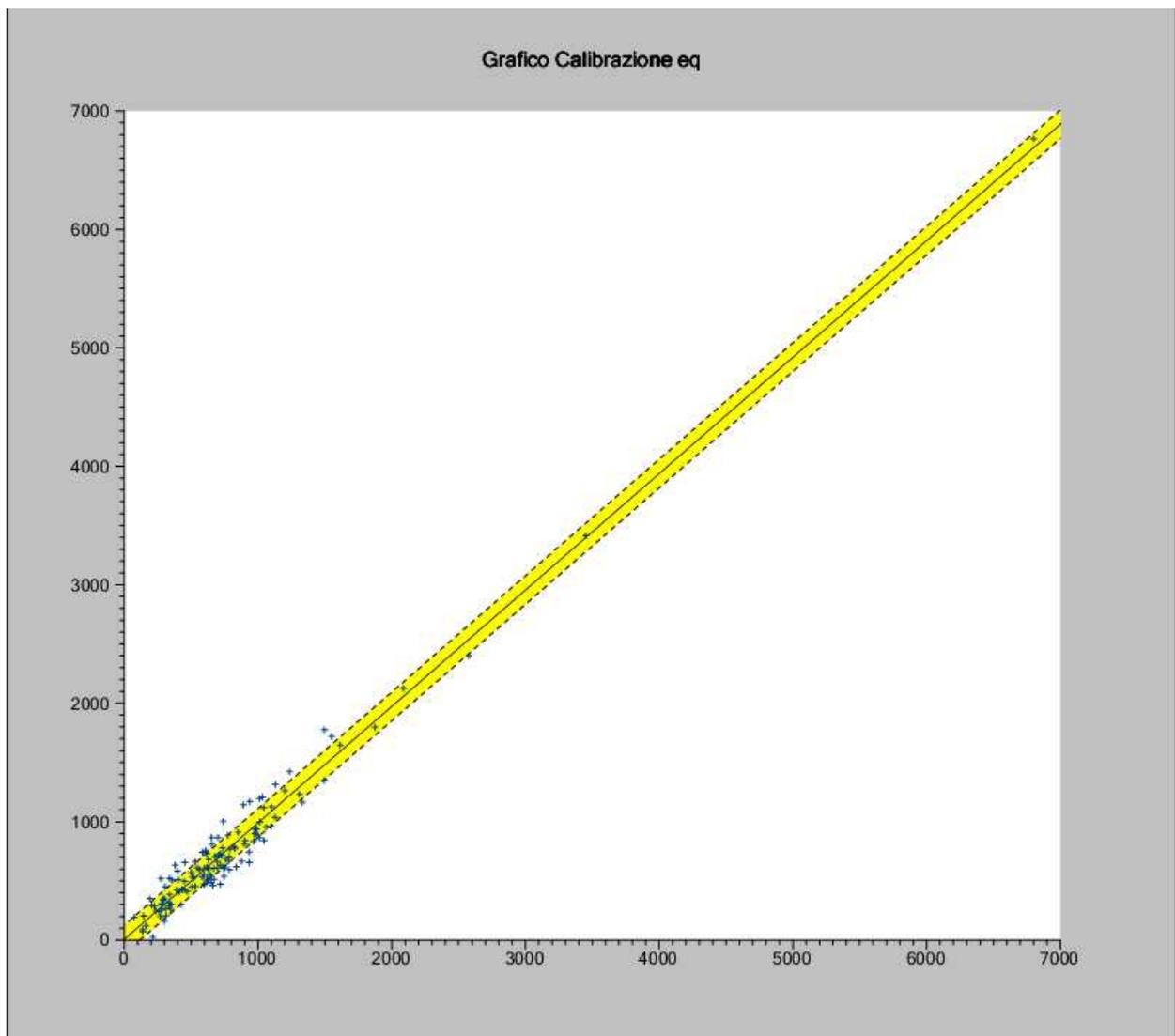


Figura 5: Scatterplot del confronto di flussi rilevati e simulati

2.8 I risultati dello stato di fatto

Lo strumento di simulazione dei flussi ha consentito quindi di riprodurre lo stato attuale dell'ora di punta del mattino feriale. In particolare sono rappresentati nel seguito:

- Flussogramma dei veicoli equivalenti complessivi
- Rapporti flusso capacità degli archi

Il processo di calibrazione si può ritenere concluso con risultati soddisfacenti. Il modello è quindi pronto a replicare gli effetti degli scenari programmatici alternativi.

La lettura delle tavole dei risultati del modello di traffico per i non addetti ai lavori è riportata nei paragrafi seguenti.

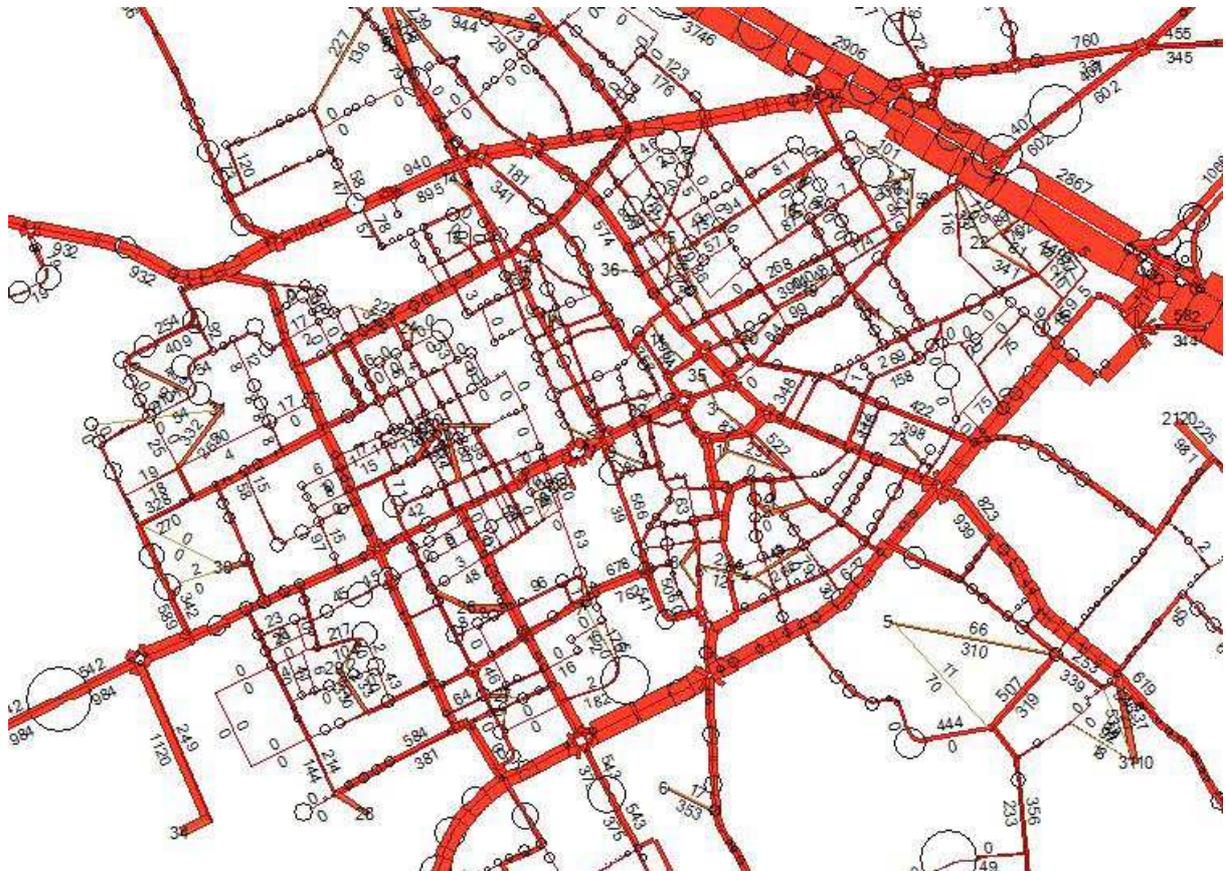


Figura 6; Flussogramma dello Stato di fatto



Figura 7: grado di saturazione dei tratti stradali

Vengono di seguito inseriti i principali indicatori sintetici ottenuti dalla simulazione dello Stato di Fatto

| | Lunghezza rete km | Percorrenze | | | Tempi di viaggio veicoli*ora | Velocità media km/h |
|----------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|
| | | Auto veicoli*km | Mezzi pesanti veicoli*km | Totale veicoli*km | | |
| Autostrada | 5.1 | 10'980 | 4'135 | 15'115 | 202.6 | 74.6 |
| Strade di scorrimento | 29.1 | 25'574 | 3'748 | 29'322 | 739.3 | 39.7 |
| Strade interquartiere | 56.6 | 26'798 | 2'665 | 29'462 | 1470.1 | 20.0 |
| Strade locali | 104.4 | 12'045 | 1'142 | 13'187 | 635.8 | 20.7 |
| Tot Legnano | 195.3 | 75'397 | 11'691 | 87'087 | 3047.7 | 28.6 |
| Resto rete simulata | 466.0 | 189'773 | 45'189 | 234'962 | 7795.1 | 30.1 |
| Totale area | 661.3 | 265'170 | 56'880 | 322'050 | 10842.9 | 29.7 |



Figura 9: livello sonoro equivalente - stato di fatto

3 Lo Scenario di Riferimento

3.1 Generalità

Il secondo *step* metodologico dello studio consiste nella costruzione dello scenario di riferimento, corrispondente alla situazione attesa in futuro nel funzionamento del sistema di trasporto, in assenza di nuove realizzazioni al di là di quelle immediatamente in corso di ultimazione.

Tale scenario deriva essenzialmente dalla combinazione di due insiemi di fattori complementari tra loro:

- l'andamento atteso della domanda di mobilità, in relazione all'evoluzione territoriale prevista all'interno dell'area di studio;
- le trasformazioni dell'offerta di trasporto, conseguenti alla realizzazione di nuovi assi stradali e/o al potenziamento di quelli esistenti.

A tale proposito, si è adottato un orizzonte temporale decennale, assumendo come orizzonte di riferimento l'anno **2015**.

Va osservato che il modello di simulazione è stato implementato per il modo di trasporto privato dei veicoli, non occupandosi della simulazione degli altri modi di trasporto. Ciononostante si possono ipotizzare in forma aggregata delle variazioni strutturali di domanda conseguenti ad interventi sul TPL o sul Trasporto ferroviario. A questo proposito si deve ricordare che il PGTU è uno strumento che richiede frequenti aggiornamenti (due anni per il Codice della Strada) e che pertanto in occasione degli aggiornamenti possono essere condotte indagini specifiche per questo tipo di valutazione.

3.2 Capacità insediativa da PGT

Il PGTU recepisce le indicazioni del PGT per quanto attiene la capacità insediativa massima del territorio. Questo in quanto l'insieme degli interventi previsti dal piano dovrà necessariamente essere commisurata alle previsioni demografiche e all'adeguatezza del sistema dei servizi e degli spazi pubblici urbani.

Nello specifico, il Piano dei Servizi (PGT 2010) assume la capacità insediativa aggiuntiva di circa 7.000 nuovi residenti come dato al quale rapportare la verifica della capacità di portata del sistema dei servizi, ipotizzando la condizione di maggiore domanda (ovvero col pieno sfruttamento dell'edificabilità consentita da PGT e degli indici aggiuntivi previsti dal Documento di Piano e dal Piano delle Regole).

Sommando infatti ai circa 59.000 residenti⁴ i 7.000 nuovi abitanti calcolati da PGT - raggiungendo il tetto insediativo di circa 66.000 abitanti - la verifica della dotazione di servizi non evidenzia gravi scompensi.

⁴ La popolazione residente al 31 dicembre 2010 è pari a 59.145 abitanti.

3.3 Evoluzione della domanda

Per quanto concerne l'evoluzione attesa della domanda di mobilità, la stima delle matrici O/D future (2015) è un esercizio davvero arduo in un periodo storico, quale l'attuale, che rappresenta senza dubbio una svolta rispetto alle tendenze registrate nel corso degli ultimi anni.

Le incertezze sono tali da consigliare la massima prudenza nelle ipotesi di sviluppo o recessione. L'una o l'altra tendenza, ad oggi, sono possibili. Per questa ragione, malgrado la capacità insediativa del PGT consenta uno sviluppo, riteniamo prudente un confronto di scenari basato sulla invarianza della domanda di mobilità privata.

Questa ipotesi del resto è confortata dalla improbabile possibilità di realizzare opere infrastrutturali di costo eccessivo, tali da giustificare un aumento di domanda indotta. Le attuali dotazioni per il traffico privato sono già utilizzate sino ai livelli massimi. È prudente pensare che aumenti della domanda di mobilità si distribuiscano, nel caso, anche su altri modi di trasporto alternativi (Tpl, bici, piedi, ecc).

3.4 Trasformazioni dell'offerta

Il quadro delle trasformazioni attese nell'offerta di trasporto all'orizzonte 2015 è stato desunto da una pluralità di fonti programmatiche che includono:

- la documentazione relativa alla realizzazione di nuove autostrade in territorio lombardo⁵;
- i Piani Territoriali di Coordinamento delle Province di Milano⁶, Como⁷, Lecco⁸, e Varese⁹;

Si tratta di selezionare gli interventi sovra ordinati che hanno effetti nell'area di studio del Comune di Legnano. Tra quelli che si possono ritenere sufficientemente avanzati per essere inseriti in Scenari programmatici al 2015 e che hanno un qualche effetto sull'area Legnanese, si deve annoverare il lotto Pedemontana A che conetterà la A8 da Gallarate verso Bergamo. Peraltro gli effetti di assorbimento di traffico di questo collegamento riguardano marginalmente l'area di studio scaricando per una quota davvero secondaria il traffico Est-Ovest che interessa la Saronnese.

Per quanto riguarda, poi il Sempione bis, si è ritenuto che non vi siano garanzie sufficienti ad oggi a far ritenere realizzata al 2015 tale opera.

⁵ Autostrada Pedemontana, Brebemi, TEEM, Milano Serravalle per le tangenziali milanesi e Società Autostrade per l'Italia.

⁶ In corso di adozione

⁷ Approvato il 2 agosto 2006.

⁸ Approvato con delibera C.P.n.7 del 24 marzo 2009.

⁹ Approvato con delibera C.P. n.PV27 dell'11/04/2007.

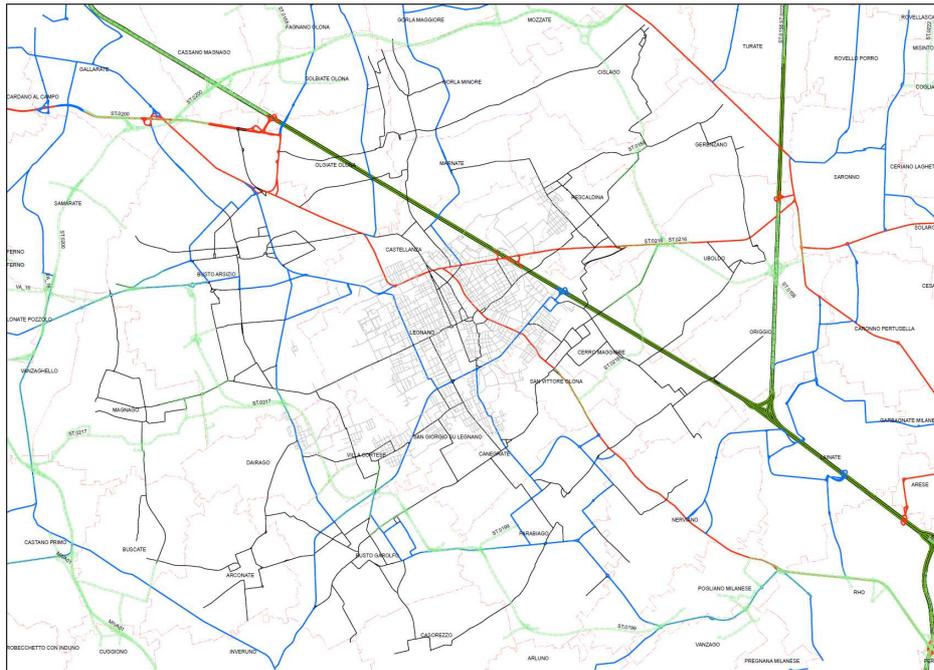


Figura 10: La rete dello Scenario di Riferimento

4 La simulazione degli Scenari alternativi

Il terzo *step* metodologico approda infine alla valutazione comparata degli scenari alternativi con quello di riferimento. Gli scenari alternativi nel caso in esame sono due (S1, S2), individuati coerentemente alle Fasi 1 e 2 previste nel PGTU, con alcune ipotesi di realizzazione di interventi già inclusi nello Scenario di Riferimento.

Nella tabella seguente sono indicate le inclusioni dei diversi interventi negli scenari di Riferimento, S1 ed S2.

| | | Scenario (2015) | | |
|--|---|-----------------|--------|--------|
| | | RIFERIMENTO | Fase 1 | Fase 2 |
| A SCHEMI DI CIRCOLAZIONE (senso unici, revisione delle manovre di svolta,...) | | | | |
| 1 | Inversione del senso unico via 29 Maggio e via Micca | | | X |
| 2 | Istituzione senso unico in via Volta | | X | |
| 3 | Chiusura via B. Melzi | | X | |
| 4 | Separazione centrale Saronnese (tratta tra Allende e Filzi) | | | X |
| 5 | Separazione centrale Toselli (tra C.so Sempione e via del Carmelo) | | X | |
| 6 | Separazione centrale Sabotino (da Robino a Novara) | | X | |
| 7 | Separazione centrale Sabotino (da Novara a Liguria) | | | X |
| 8 | Modifiche accesso parcheggio Robino - Sabotino | | X | |
| 9 | Controstrada Sabotino (Tratta Robino - Novara) | | X | |
| 10 | Controstrada Sabotino (Tratta Novara - Liguria) | | | X |
| 11 | Modifiche accesso edificio commerciale via Sabotino (Mercatone Uno) | | X | |
| 12 | Estensione ZTL centro | | | X |
| B RIASSETTO DEI NODI | | | | |
| 13 | Minirotoratoria Colombes/Ebolowa | | | X |
| 14 | Rotatoria Ebolowa/Comasina/Ronchi | | | X |
| 15 | Rotatoria Filzi/Volta | | X | |
| 16 | Rotatoria Pio XI/B. Melzi | | X | |
| 17 | Rotatoria Volta/Sempione | | X | |
| 105 | Rotatorie Sempione Pontida | X | | |
| 18 | Minirotoratoria Foscolo/Correnti/Moscova | | X | |
| 19 | Rotatoria Battisti/Saronnese/Pergolesi | | | X |
| 20 | Rotatoria 29 Maggio/Micca | | | X |
| 21 | Rotatoria N. Sauro/della Pace | | | X |
| 22 | Rotatoria Menotti/della Pace | | X | |
| 23 | Rotatoria Romagna/ Ponzella | | X | |
| 24 | Rotatoria Menotti/ Genova | | | X |
| 25 | Rotatoria Sabotino/ Robino | | X | |
| 26 | Rotatoria Sabotino/ Bainsizza | | X | |
| 27 | Rotatoria Sabotino/ Menotti | | X | |
| 28 | Rotatoria Sabotino/ Pisa | X | | |
| 29 | Rotatoria Sabotino/ Liguria/Podgora | | | X |
| 30 | Rotatoria Sabotino/ Parma | X | | |
| C ATTREZZATURE PEDONALI | | | | |
| 31 | Marcia piede Sabotino lato ovest (Tratta Robino - Novara) | | X | |
| 32 | Marcia piede Sabotino lato ovest (Tratta Novara - Liguria) | | | X |
| 33 | Marcia piede Saronnese | | | X |
| 34 | Attraversamento pedonale Monumento/Sottopasso | | X | |
| D OPERE STRADALI (sovrastutture, arredo urbano, opere a verde) | | | | |
| 35 | Opere stradali Saronnese | | | X |
| 36 | Opere stradali Sabotino - Tratta Robino - Novara | | X | |
| 37 | Opere a verde Sabotino - Tratta Novara - Liguria | | | X |
| 38 | Platea Ronchi/Verga | | | X |
| 100 | Collegamento SP12 - Nuovo Ospedale | X | | |
| E BICIPLAN | | | | |
| 39 | Itinerario ciclabile Sempione (4200 m) | X | | |
| 40 | Itinerario ciclabile Gronda sud-est (4000 m) | | | X |
| 41 | Itinerario ciclabile Dairago - Rescaldina (5000 m) | | | X |
| 42 | Itinerario ciclabile Castellanza - Cerro M. (2500 m) | X | | |
| 43 | Itinerario ciclabile Centro - Ronchi (1400 m) | | | X |
| 44 | Itinerario ciclabile Ospedale - Fs (2700 m) | X | | |
| 45 | Itinerario ciclabile Gronda Ovest (Sabotino) (3000 m) | | X | |
| 46 | Itinerario ciclabile Gronda Nord (4000 m) | | | X |
| 47 | Altre connessioni di supporto alla rete portante (6000 m) | | | X |
| 0 TPL | | | | |
| 102 | Nuove linee TPL (orari cadenzati e coordinati) | X | | |
| 103 | Sistema di preferenziazione semaforica per il TPL | X | | |

4.1 Scenario di Riferimento (2015)

Nel seguito si rappresentano i risultati sintetici delle simulazioni di traffico in termini di flussogrammi, gradi di saturazione degli archi e di differenze.

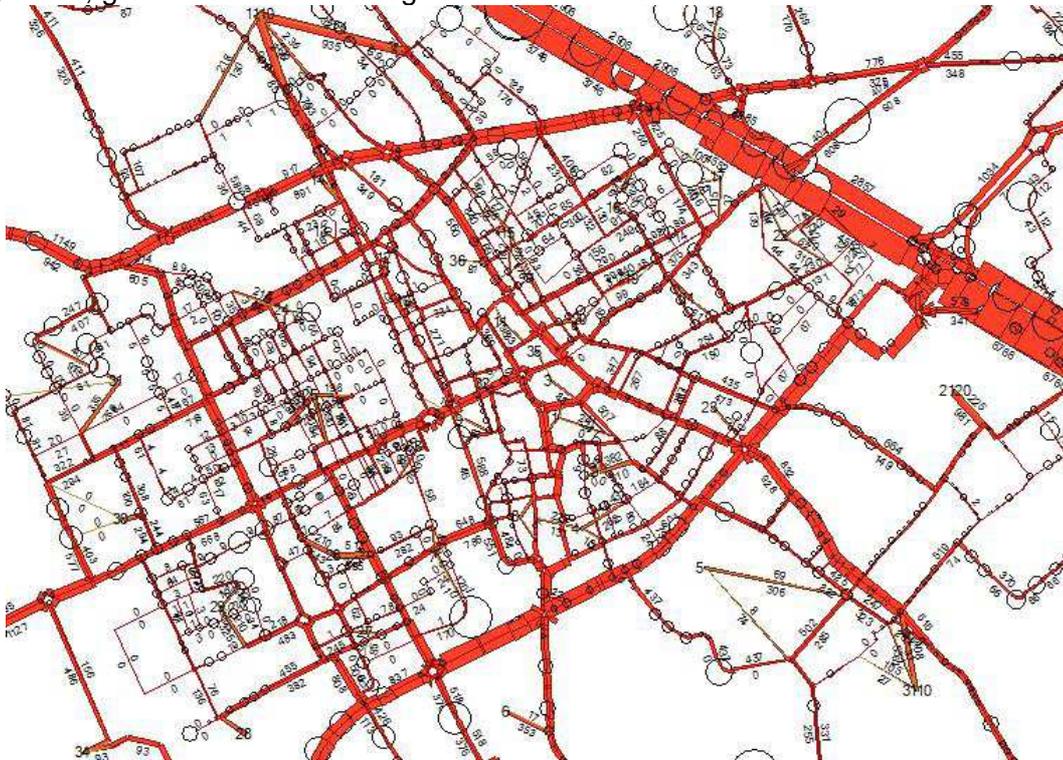


Figura 11: Flussogramma Scenario di riferimento (veic eq/h)

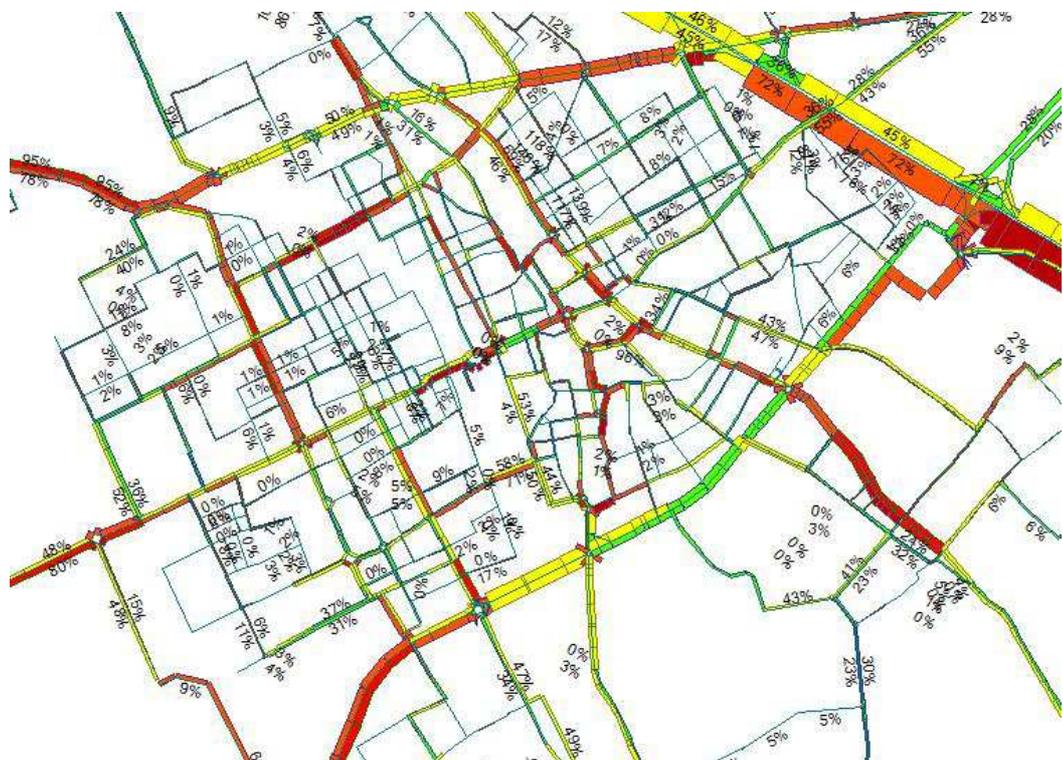


Figura 12: Grado di saturazione della rete

Il risultato più rilevante nella simulazione dello scenario di riferimento è senza dubbio quello legato alla apertura del nuovo collegamento SP12 con il nuovo Ospedale.

Gli effetti principali sono:

- l'alleggerimento del traffico su Viale Sabotino, nel tratto tra Via Novara e via Liguria;
- l'alleggerimento del traffico nel quartiere San Paolo (in particolare in via Sardegna) che non è più un itinerario alternativo al Sabotino per raggiungere l'ospedale;
- l'alleggerimento del traffico sulla stessa Via Novara;
- il traffico previsto sulla strada di collegamento è di circa 600 veicoli equivalenti nell'ora di punta del mattino;
- anche se in misura secondaria, si registra un leggero aumento di traffico in ingresso su via novara, via sardegna, via parma che si può ascrivere alla realizzazione della nuova rotatoria Sabotino/Parma.



Figura 13: Flussogramma delle differenze

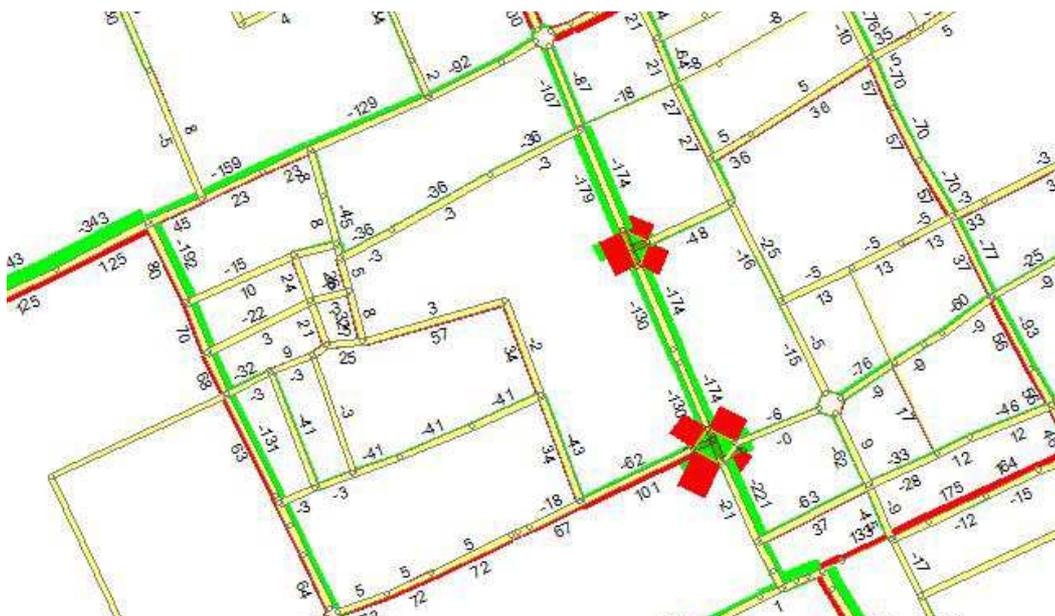


Figura 14: Dettaglio delle differenze quartiere San Paolo

Gli indicatori sintetici ottenuti dal modello sono inseriti nella seguente tabella:

| | Lunghezza rete <i>km</i> | Percorrenze | | | Tempi di viaggio <i>veicoli*ora</i> | Velocità media <i>km/h</i> |
|----------------------------|--|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---|--|
| | | Auto <i>veicoli*km</i> | Mezzi pesanti <i>veicoli*km</i> | Totale <i>veicoli*km</i> | | |
| Autostrada | 5.1 | 11'038 | 4'159 | 15'197 | 208.1 | 73.0 |
| Strade di scorrimento | 29.2 | 25'392 | 3'713 | 29'105 | 715.1 | 40.7 |
| Strade interquartiere | 56.5 | 26'467 | 2'698 | 29'165 | 1459.3 | 20.0 |
| Strade locali | 105.1 | 11'794 | 1'167 | 12'961 | 605.6 | 21.4 |
| Tot Legnano | 195.8 | 74'691 | 11'737 | 86'428 | 2988.1 | 28.9 |
| Resto rete simulata | 467.0 | 188'790 | 45'012 | 233'802 | 7666.7 | 30.5 |
| Totale area | 662.8 | 263'481 | 56'749 | 320'229 | 10654.8 | 30.1 |



Figura 15: Flussi - scenario di riferimento



Figura 16: livello sonoro equivalente in ora di punta - scenario di riferimento

4.2 Scenario S1 Fase 1 (2015)

Nello Scenario S1 si prevedono le realizzazioni infrastrutturali notevoli, tra cui in particolare la riqualificazione del Sabotino (tratto Nord) e il nuovo schema di circolazione tra Via Volta e Barbara Melzi.

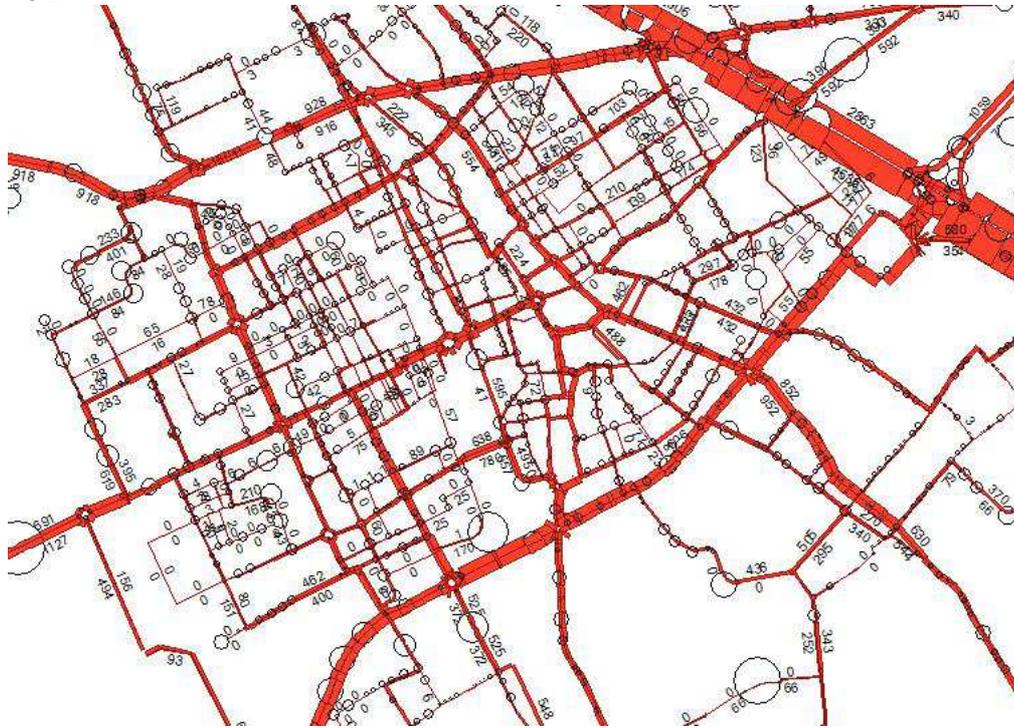


Figura 17: : Flussogramma Scenario S1 (veic eq/h)

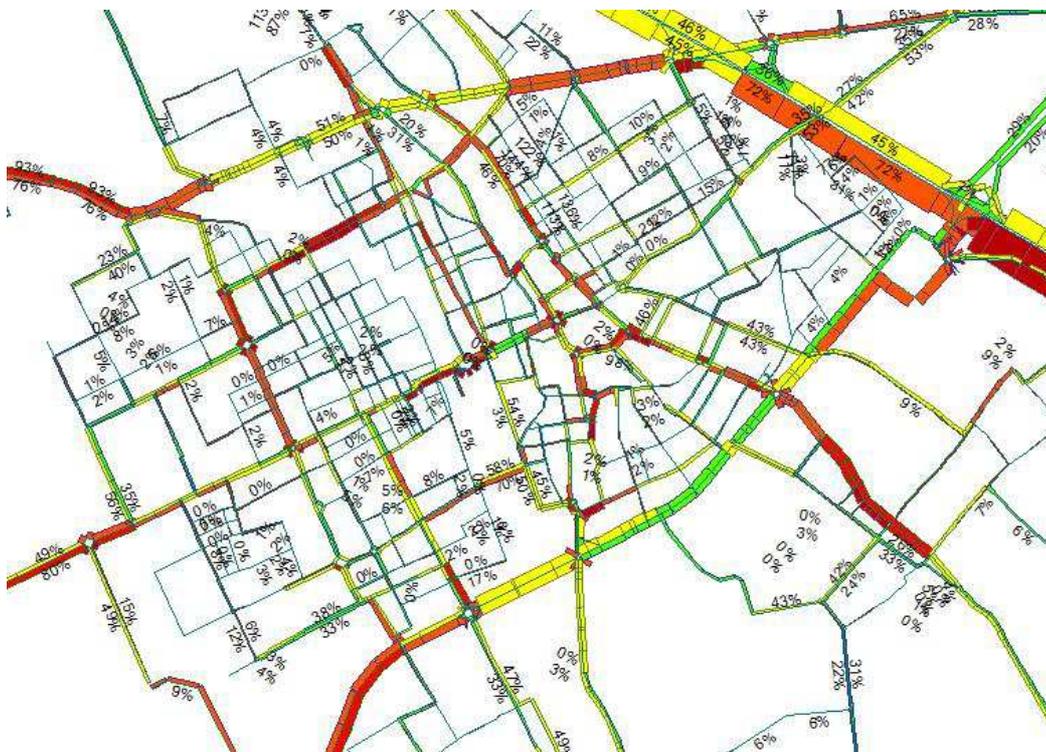


Figura 18: Grado di saturazione della rete

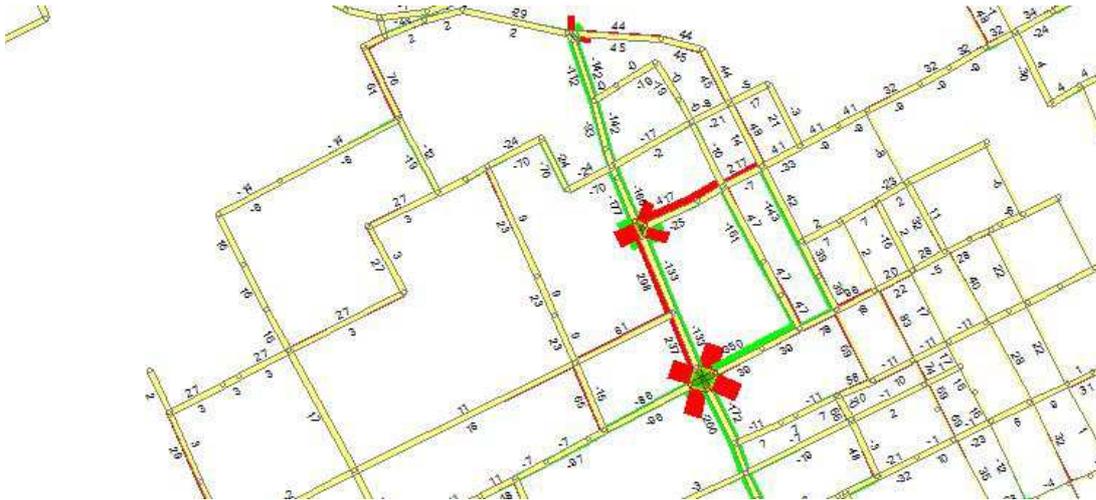


Figura 19: Differenze nel tratto Nord Sabotino



Figura 20: Differenze nella zona Volta Melzi

Le differenze sul tratto nord di Sabotino mettono in luce gli effetti della realizzazione della rotatoria con via Bainsizza. Grazie alla rotatoria si semplifica l'immissione verso sud e pertanto aumenta questa percorrenza, elidendo quella impropria attuale che utilizzava l'accesso più in basso.

Il nuovo schema di circolazione tra Volta e Melzi, si può osservare che porta benefici alla rete fragile, con diminuzione del traffico che invece si riposizione sulla struttura di rete più adeguata a sopportarlo. Vengono così ben utilizzate le rotatorie previste e realizzate che rendono sicure le manovre di svolta e la circolazione.

Il senso unico di Via Volta, però, può causare allungamenti di percorso notevoli per il traffico diretto verso Rescaldina. Si tratta quindi di valutare attentamente, in uno specifico Piano particolareggiato della zona di Legnarello, se non sia più opportuno tenere Via Volta in doppio senso di circolazione. Questa soluzione alternativa richiede, in alcuni tratti di Via Volta particolarmente stretti per un doppio senso di circolazione, di prevedere misure di moderazione del traffico e di mitigazione degli impatti ambientali dovuti al maggior traffico giornaliero.

Gli indicatori sintetici dello scenario S1 sono riassunti in tabella:

| | Lunghezza rete <i>km</i> | Percorrenze | | | Tempi di viaggio <i>veicoli*ora</i> | Velocità media <i>km/h</i> |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------------|
| | | Auto <i>veicoli*km</i> | Mezzi pesanti <i>veicoli*km</i> | Totale <i>veicoli*km</i> | | |
| Autostrada | 5.1 | 11'006 | 4'161 | 15'167 | 205.0 | 74.0 |
| Strade di scorrimento | 29.2 | 25'227 | 3'695 | 28'922 | 705.4 | 41.0 |
| Strade interquartiere | 55.4 | 26'331 | 2'698 | 29'029 | 1458.9 | 19.9 |
| Strade locali | 104.7 | 12'090 | 1'187 | 13'276 | 621.5 | 21.4 |
| Tot Legnano | 194.3 | 74'654 | 11'740 | 86'394 | 2990.7 | 28.9 |
| Resto rete simulata | 468.6 | 188'955 | 45'024 | 233'980 | 7660.5 | 30.5 |
| Totale area | 663.0 | 263'609 | 56'765 | 320'374 | 10651.2 | 30.1 |



Figura 21: Flussi - scenario S1

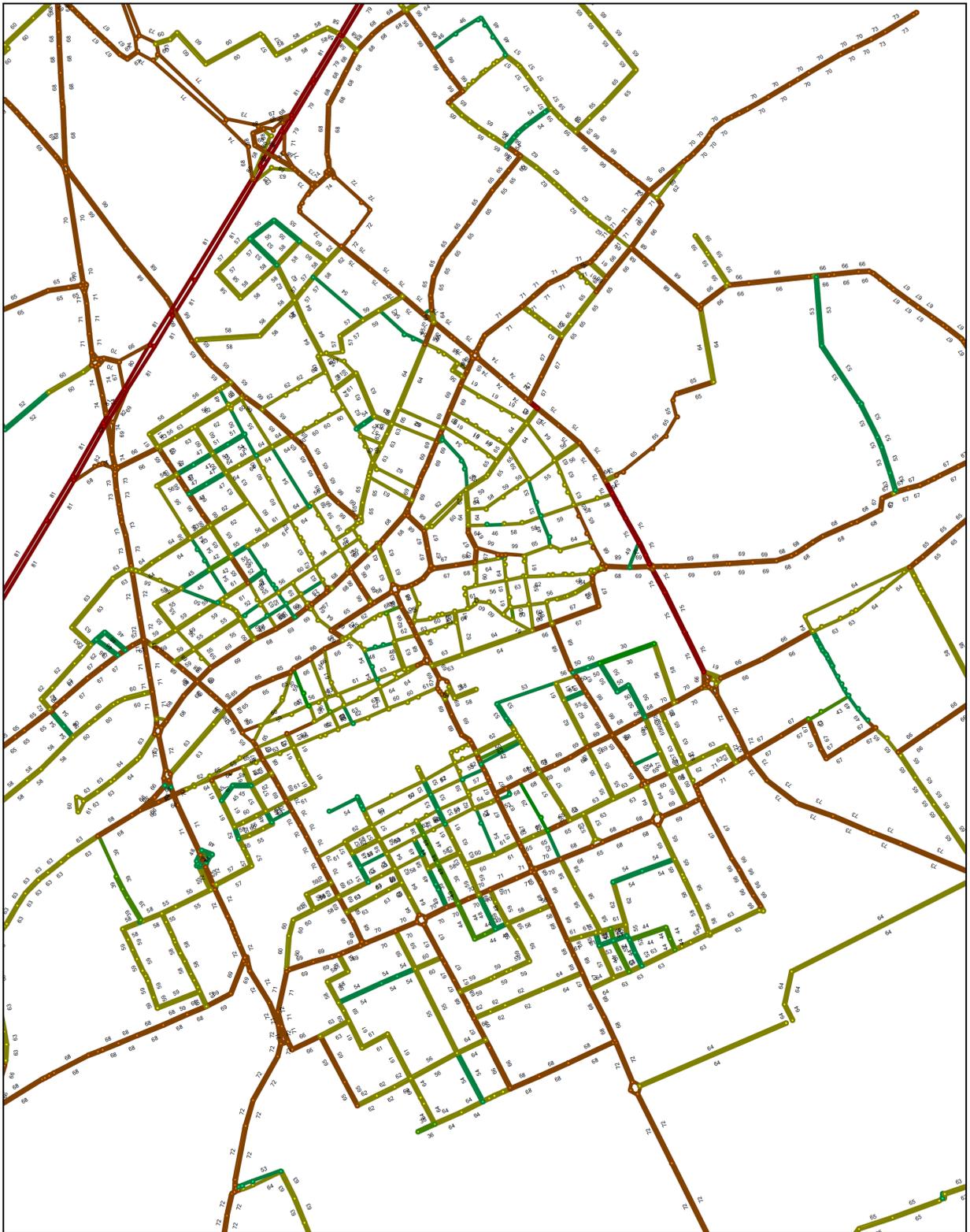


Figura 22: livello sonoro equivalente in ora di punta - scenario S1

4.3 Scenario S2 Fase 2 (2015)

Con lo Scenario S2 si portano a compimento i progetti di completamento della Fase 2. In particolare si completa la riqualificazione del Sabotino, e si invertono i versi di circolazione di Via Micca e Via XXIX Maggio.

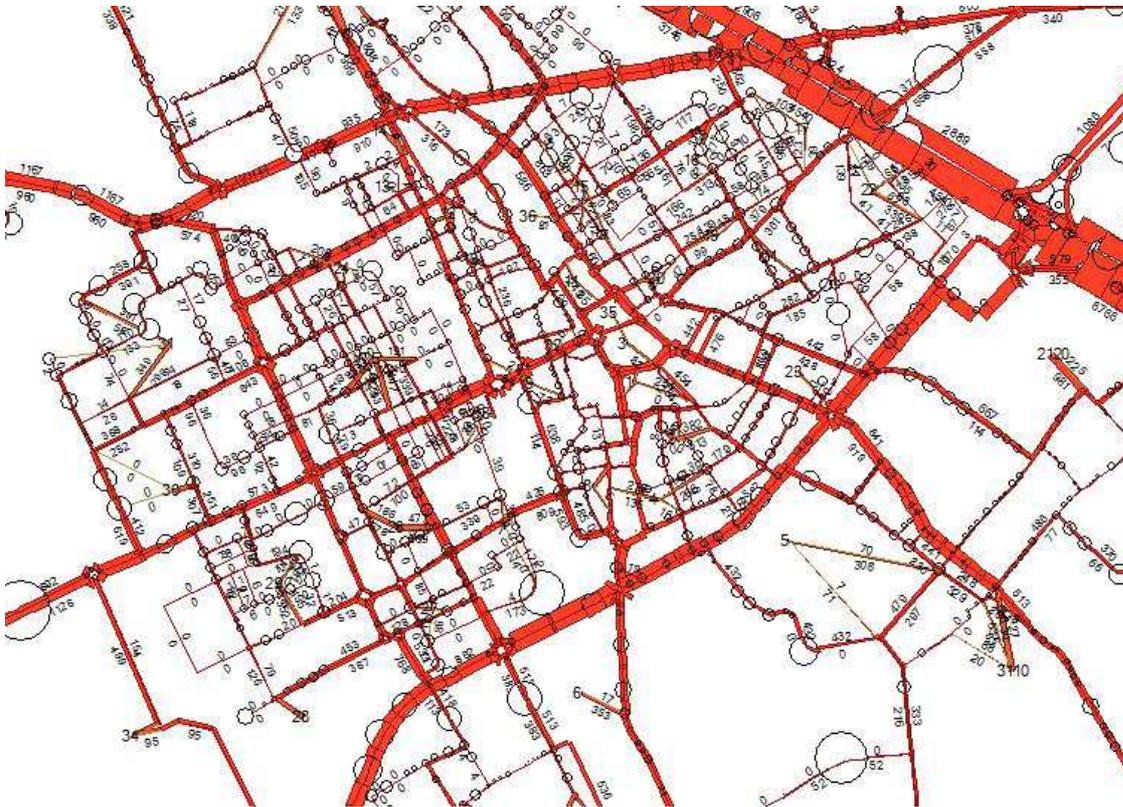


Figura 23: : Flussogramma Scenario S2 (veic eq/h)

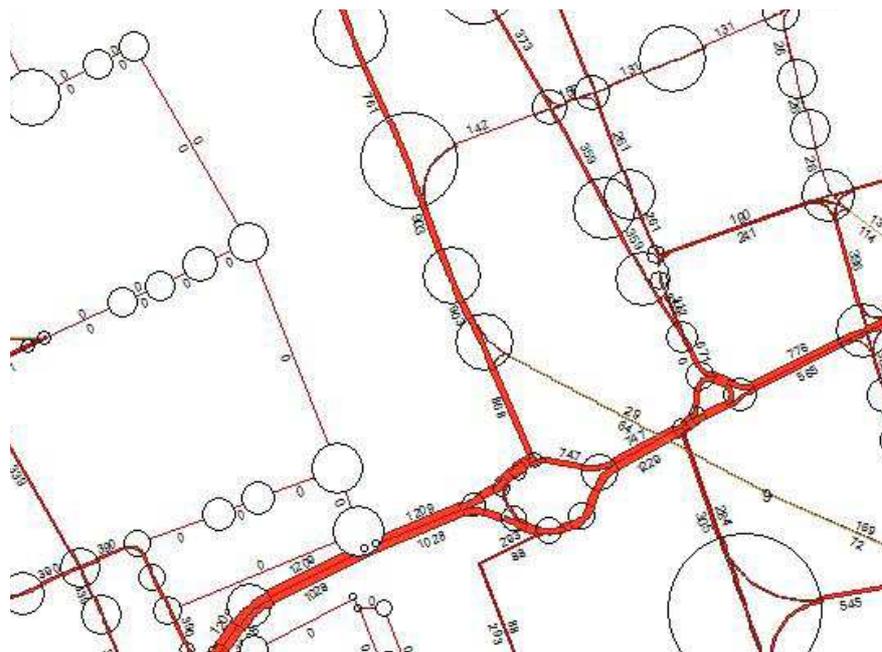


Figura 24: Flussogramma Scenario S2 (veic eq/h) - Dettaglio Via Micca/XXIX Maggio

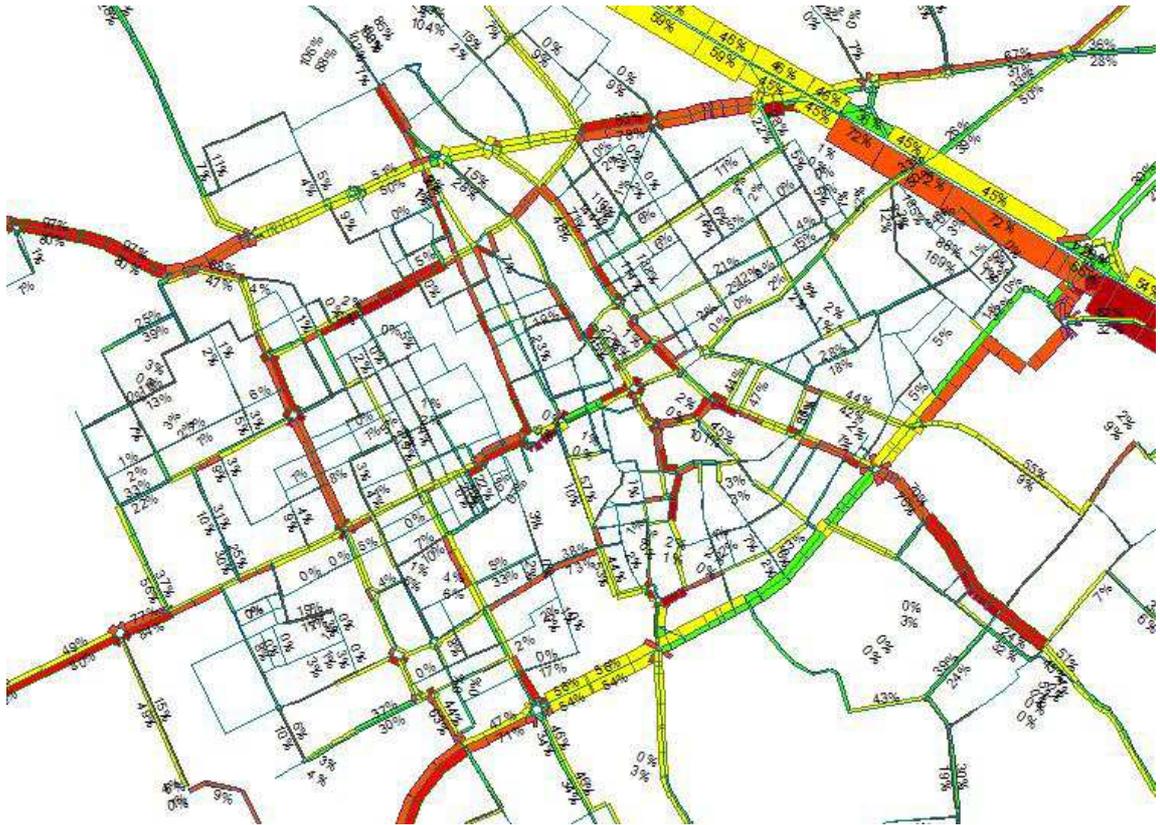


Figura 25: Grado di saturazione della rete



Figura 26: Differenze zona Piazza Monumento



Figura 27: Differenze zina Micca Nord



Figura 28: Differenze zona Micca Sud

Le differenze di flussi di traffico stimate in seguito alla inversione Micca/XXIXMaggio mostrano quale sia la pressione del traffico verso sud (al mattino) che troverebbe minori ostacoli se provenisse direttamente in Piazza monumento. Il tratto di Corso Italia tra Piazza monumento e Piazza Frua, non sarebbe più il collo di bottiglia per questa direttrice e si registrerebbe infatti una diminuzione di traffico in quel punto. La maggiore accessibilità porterebbe un aumento del traffico nel tratto ad Ovest di Piazza Monumento in direzione Ovest, certamente da tenere sotto stretta osservazione.

Per quanto riguarda il completamento della riqualificazione del Viale Sabotino, non vi sono differenze sostanziali nelle quantità di traffico rispetto allo Scenario di riferimento. Infatti l'obiettivo di progetto è stato proprio quello di non effettuare interventi che aumentassero la sua capacità o attrattività, quanto quello di renderne più scorrevole, moderata e sicura la circolazione.

Si inseriscono di seguito gli indicatori di sintesi relativi allo scenario S2:

| | Lunghezza rete <i>km</i> | Percorrenze | | | Tempi di viaggio <i>veicoli*ora</i> | Velocità media <i>km/h</i> |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------------|
| | | Auto <i>veicoli*km</i> | Mezzi pesanti <i>veicoli*km</i> | Totale <i>veicoli*km</i> | | |
| Autostrada | 5.1 | 11'031 | 4'173 | 15'205 | 205.8 | 73.9 |
| Strade di scorrimento | 29.0 | 25'344 | 3'703 | 29'048 | 711.0 | 40.9 |
| Strade interquartiere | 55.4 | 26'505 | 2'690 | 29'195 | 1475.6 | 19.8 |
| Strade locali | 104.6 | 11'755 | 1'183 | 12'937 | 597.9 | 21.6 |
| Tot Legnano | 194.1 | 74'636 | 11'750 | 86'385 | 2990.3 | 28.9 |
| Resto rete simulata | 468.8 | 189'138 | 45'056 | 234'194 | 7682.2 | 30.5 |
| Totale area | 662.9 | 263'773 | 56'806 | 320'579 | 10672.5 | 30.0 |



Figura 29: Flussi: scenario S2

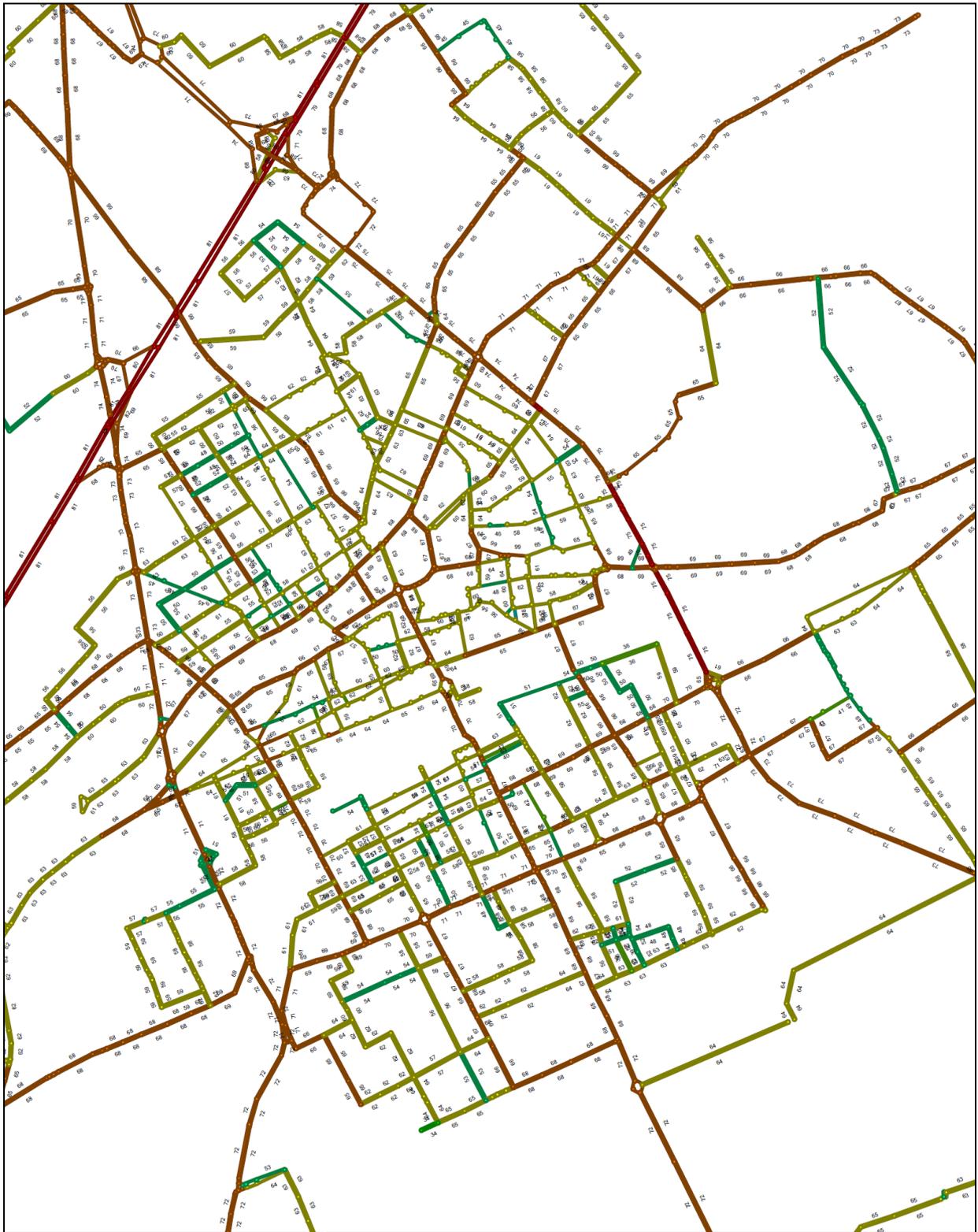


Figura 30: livello sonoro equivalente in ora di punta - scenario S2