

# Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione



**Regione Lombardia**

Provincia di Milano

**Legge n. 345/97**

**Accordo di programma quadro in materia di trasporti**

Realizzazione di un sistema integrato di accessibilità ferroviaria e stradale  
all'aeroporto di Malpensa 2000

( CONVENZIONE DEL 29.10.1999 )

Collegamento tra la S.S.n.11 "Padana Superiore" a Magenta  
e la Tangenziale ovest di Milano  
Variante di Abbiategrasso sulla S.S.n.494 e adeguamento in sede  
del tratto Abbiategrasso Vigevano fino al nuovo ponte sul Ticino

**PROGETTO DEFINITIVO - 1° STRALCIO FUNZIONALE**

**A - PARTE GENERALE**

Studio di traffico

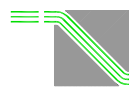
Revisioni	Data	Controllato	Approvato	Data : .....Dicembre 2008.....	Scala : .....-.....
01	Marzo 2017	S. Vischioni	A. Rinaldi	Agg.to : .....Novembre 2014.....	All.to n. ....A.16.....

Progettazione :



Società Esercizi Aeroportuali s.p.a.  
20090 Aeroporto Milano Linate tel. 02/74851

Progettazione redatta da :



**errevia** s. r. l.  
RICERCA VIABILITÀ AMBIENTE

Centro operativo: 20090 TREZZANO s/N (MI), via Cristoforo Colombo n. 23

Il Progettista :

Il Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Alberto RINALDI

*(Handwritten signature of Alberto Rinaldi)*

Visto  
La Direzione, Progettazione e Realizzazione Lavori  
Dott. Ing. Vincenzo MARZI

Visto  
Il Responsabile del Procedimento :  
Dott. Ing. Federico MURRONE

**Legge n. 345/97**

**Accordo di programma quadro in materia di trasporti**

**Realizzazione di un sistema integrato di accessibilità ferroviaria  
e stradale all'aeroporto di Malpensa 2000  
( CONVENZIONE DEL 29.10.1999 )**

**Collegamento tra la S.S.n.11 "Padana Superiore" a Magenta e la  
Tangenziale ovest di Milano Variante di Abbiategrasso sulla  
S.S.n.494 e adeguamento in sede del tratto Abbiategrasso  
Vigevano fino al nuovo ponte sul Ticino**

**Studio di Traffico**

**Marzo 2017**

Responsabile:  
Dott. Ing. Carlo Caruso



Gruppo di lavoro:  
Dott. Ing. Giuseppe Tripodi  
Ing. Edoardo Redaelli

# INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1. OBIETTIVI E RISULTANZE DELLO STUDIO</b> .....	<b>8</b>
<b>1.2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3. GLI SCENARI DI TRAFFICO ANALIZZATI</b> .....	<b>12</b>
<b>2. I DATI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1. LA ZONIZZAZIONE TERRITORIALE</b> .....	<b>13</b>
2.1.1 LA ZONIZZAZIONE REGIONALE.....	13
<b>2.2. LA RETE SIMULATA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3. LE PRINCIPALI BANCHE DATI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>18</b>
<b>3. LA RICOSTRUZIONE DELLA DOMANDA DI MOBILITÀ NELLO SCENARIO ATTUALE</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1. LA DOMANDA DI MOBILITÀ DELLE PERSONE E DELLE MERCI</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2. LA VALIDAZIONE DEL MODELLO DI TRAFFICO NELLO STATO DI FATTO</b> .....	<b>23</b>
<b>3.3. FLUSSI DI TRAFFICO NELLO SCENARIO STATO DI FATTO</b> .....	<b>25</b>
<b>4. INTEREVENTI PROGRAMMATICI PREVISTI</b> .....	<b>27</b>
<b>5. LO SCENARIO PROGRAMMATICO</b> .....	<b>28</b>
<b>6. LO SCENARIO PROGETTUALE</b> .....	<b>30</b>
<b>3.4. VALORI TGM</b> .....	<b>32</b>
<b>7. FLUSSOGRAMMI DIFFERENZA</b> .....	<b>34</b>
<b>8. RAPPORTO FLUSSO/CAPACITÀ</b> .....	<b>37</b>
<b>8.1. I LDS DELLE TRATTE DELLA MILANO - MAGENTA</b> .....	<b>44</b>
<b>9. LE PERFORMANCES DI SERVIZIO</b> .....	<b>51</b>
<b>10. VERIFICA FUNZIONALE DELLE ROTATORIE</b> .....	<b>54</b>
<b>10.1. OBIETTIVI DELLA VERIFICA FUNZIONALE</b> .....	<b>54</b>
<b>10.2. INTERSEZIONI ANALIZZATE</b> .....	<b>54</b>
<b>10.3. METODOLOGIA DI ANALISI: IL GIRABASE</b> .....	<b>58</b>
<b>10.4. I RISULTATI DELLE VERIFICHE FUNZIONALI</b> .....	<b>62</b>
10.4.1 LA ROTATORIA DI PONTE NUOVO.....	63

10.4.2	SVINCOLO N.5 LA ROTATORIA DI ALBAIRATE SUD .....	64
10.4.3	LA ROTATORIA DI MAGENTA.....	65
10.4.4	SVINCOLO N.12 LA ROTATORIA SS526.....	66
10.4.5	SVINCOLO N.13 LA ROTATORIA ABBIATEGRASSO SUD-SP494.....	67
<b>10.5.</b>	<b>I LIVELLI DI SERVIZIO .....</b>	<b>68</b>
<b>11.</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>70</b>

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 – PLANIMETRIA DELL'OPERA PROGETTUALE IN ALBAIRATE, MAGENTA E ABBIATEGRASSO .....	10
FIGURA 2 – PLANIMETRIA DELL'OPERA PROGETTUALE VARIANTE DI PONTE NUOVO .....	11
FIGURA 3 – PLANIMETRIA DELLA ROTATORIA IN PROGETTO A MAGENTA .....	11
FIGURA 4 - MAPPA DELLA ZONIZZAZIONE CONSIDERATA .....	15
FIGURA 5 – MAPPA DEL GRAFO REGIONALE CONSIDERATO .....	16
FIGURA 6 – MAPPA DEL GRAFO NELL'AREA DI STUDIO .....	17
FIGURA 7 - MAPPA DELLE SEZIONI DI RILIEVO DEI FLUSSI STRADALI CONSIDERATE PRESSO L'AREA DI STUDIO .....	20
FIGURA 8 - ANALISI ASSEGNAZIONE GIORNO FERIALE PER L'AREA DI STUDIO .....	25
FIGURA 9 - FLUSSOGRAMMA DELLO SCENARIO SDF DELL'ORA DI PUNTA DELLA MATTINA DI UN GIORNO FERIALE .....	26
FIGURA 10 - FLUSSOGRAMMA DELLO SCENARIO SPR DELL'ORA DI PUNTA DELLA MATTINA DI UN GIORNO FERIALE .....	29
FIGURA 11 - FLUSSOGRAMMA DELLO SCENARIO SDP DELL'ORA DI PUNTA DELLA MATTINA DI UN GIORNO FERIALE .....	31
FIGURA 12 - TRATTE CONSIDERATE PER IL CALCOLO DEL TGM .....	32
FIGURA 13 - FLUSSOGRAMMA DIFFERENZA TRA LO SCENARIO SDP E LO SCENARIO SDF NELL'ORA DI PUNTA DELLA MATTINA DI UN GIORNO FERIALE.....	35
FIGURA 14 - FLUSSOGRAMMA TRA LO SCENARIO SDP E LO SCENARIO SPR NELL'ORA DI PUNTA DELLA MATTINA DI UN GIORNO FERIALE .....	36
FIGURA 15 - ESEMPIO DI TRONCO STRADALE CON CORSIA DI ACCELERAZIONE (CASO A) E DECELERAZIONE (CASO B) .....	39
FIGURA 16 - FLUSSOGRAMMA FLUSSO/CAPACITÀ SCENARIO SDF NELL'ORA DI PUNTA DELLA MATTINA DI UN GIORNO FERIALE.....	41
FIGURA 17 - FLUSSOGRAMMA FLUSSO/CAPACITÀ SCENARIO SPR NELL'ORA DI PUNTA DELLA MATTINA DI UN GIORNO FERIALE.....	42
FIGURA 18 - FLUSSOGRAMMA FLUSSO/CAPACITÀ SCENARIO SDP NELL'ORA DI PUNTA DELLA MATTINA DI UN GIORNO FERIALE.....	43
FIGURA 19 - FLUSSOGRAMMA FLUSSO/CAPACITÀ TRATTA A .....	44
FIGURA 20 - SVINCOLO N.3 MAGENTA SUD - ROBECCO S/N.....	45

FIGURA 21 - SVINCOLO N.4 ALBAIRATE - SP N.114.....	46
FIGURA 22 - FLUSSOGRAMMA FLUSSO/CAPACITÀ TRATTA C.....	47
FIGURA 22 - FLUSSOGRAMMA FLUSSO/CAPACITÀ TRATTA PONTE NUOVO .....	48
FIGURA 23 - SVINCOLO N.10 STAZIONE FS CASCINA BRUCIATA - SS N. 494.....	49
FIGURA 24 - SVINCOLO N.11 MENDOSIO .....	50
FIGURA 25 - RETE OGGETTO DI ANALISI PER LE PERFORMANCE DI SERVIZIO .....	52
FIGURA 26 - LOCALIZZAZIONE DI TRE INTERSEZIONI ANALIZZATE .....	55
FIGURA 27 - LOCALIZZAZIONE DI DUE INTERSEZIONI ANALIZZATE.....	55
FIGURA 28 – ROTATORIA IN LOCALITÀ PONTE NUOVO .....	56
FIGURA 29 – SVINCOLO 5, ROTATORIA IN LOCALITÀ ALBAIRATE SUD.....	56
FIGURA 30 – ROTATORIA IN LOCALITÀ MAGENTA.....	57
FIGURA 31 - ROTATORIA SVINCOLO N.12 SS526 .....	57
FIGURA 32 - ROTATORIA SVINCOLO N.13, ABBIATEGRASSO SUD-SP494 .....	58
FIGURA 33 - I DATI GEOMETRICI DI UNA ROTATORIA .....	60

## INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 - DEFINIZIONE DELLE ZONE DELLA MATRICE REGIONALE.....	13
TABELLA 2 -SUDDIVISIONE INTRACOMUNALE DELLE PRINCIPALI CITTÀ LOMBARDE.....	14
TABELLA 3 - CLASSIFICAZIONE DEGLI ARCHI STRADALI DEL GRAFO .....	17
TABELLA 4 - VALORI DELL'ANALISI ASSEGNAZIONE NELL'AREA DI STUDIO PER LA SIMULAZIONE CONDOTTA .....	25
TABELLA 5 - ELENCO DELLE OPERE PROGRAMMATICHE.....	27
TABELLA 6 - VALORI TGM IN VEICOLI EQUIVALENTI TRATTA A DALLO SVINCOLO N3 AL LIMITE INTERVENTO .....	33
TABELLA 7 - VALORI TGM IN VEICOLI EQUIVALENTI TRATTA C DALLO SVINCOLO N.5 ALLO SVINCOLO N.13 ..	33
TABELLA 8 - VALORI TGM IN VEICOLI EQUIVALENTI SULLA SP114 ESISTENTE TRA IL LIMITE DELL'INTERVENTO E LA SP227DIR .....	33
TABELLA 9 - COEFFICIENTI DI ESPANSIONE PER IL CALCOLO DEL TGM.....	33
TABELLA 10 - COEFFICIENTI DI EQUIVALENZA .....	33
TABELLA 11 - LDS SECONDO HCM 1985 ED HCM 2000 (FLUSSI BIDIREZIONALI) .....	38
TABELLA 12 - CRITERI PER IL CALCOLO LDS IN CASI DI TRONCO STRADALE DI DUE O PIÙ CORSIE E DALLA CORSIA DI ACCELERAZIONE O DECELERAZIONE (CASI A E B) .....	40
TABELLA 13 - VALORI LDS TRATTA A .....	44
TABELLA 14 - LDS DELLA TRATTA A, ALBAIRATE – MAGENTA.....	45
TABELLA 15 - VALORI LDS TRATTA C.....	47
TABELLA 15 - VALORI LDS TRATTA PONTE NUOVO .....	48
TABELLA 16 - LDS DELLA TRATTA C, ALBAIRATE – OZZERO .....	49
TABELLA 17 - MACROINDICATORI TRASPORTISTICI PER GLI SCENARI ANALIZZATI.....	53
TABELLA 18 - MATRICE DEI VEICOLI EQUIVALENTI RELATIVA ALLA ROTATORIA DI PONTE NUOVO NELLO SCENARIO SDP NELL'ORA DI PUNTA DEL MATTINO DI UN GIORNO FERIALE .....	63
TABELLA 19 - RISULTATI RELATIVI ALLA ROTATORIA DI PONTE NUOVO.....	63
TABELLA 20 - MATRICE DEI VEICOLI EQUIVALENTI RELATIVA ALLA ROTATORIA DI ALBAIRATE SUD SVINCOLO N.5 NELLO SCENARIO SDP NELL'ORA DI PUNTA DEL MATTINO DI UN GIORNO FERIALE .....	64
TABELLA 21 - RISULTATI RELATIVI ALLA ROTATORIA DI ALBAIRATE SUD SVINCOLO N.5 .....	64

TABELLA 22 - MATRICE DEI VEICOLI EQUIVALENTI RELATIVA ALLA ROTATORIA DI MAGENTA NELLO SCENARIO SDP NELL'ORA DI PUNTA DEL MATTINO DI UN GIORNO FERIALE .....	65
TABELLA 23 - RISULTATI RELATIVI ALLA ROTATORIA DI MAGENTA CON DOPPIO ATTESTAMENTO .....	65
TABELLA 24 - MATRICE DEI VEICOLI EQUIVALENTI RELATIVA ALLA ROTATORIA SS526 SVINCOLO N.12 NELLO SCENARIO SDP NELL'ORA DI PUNTA DEL MATTINO DI UN GIORNO FERIALE .....	66
TABELLA 25 - RISULTATI RELATIVI ALLA ROTATORIA SS526 SVINCOLO N.12.....	66
TABELLA 26 - MATRICE DEI VEICOLI EQUIVALENTI RELATIVA ALLA ROTATORIA DI ABBIATEGRASSO SUD-SP494 SVINCOLO N.13 NELLO SCENARIO SDP NELL'ORA DI PUNTA DEL MATTINO DI UN GIORNO FERIALE .....	67
TABELLA 27 - RISULTATI RELATIVI ALLA ROTATORIA DI DI ABBIATEGRASSO SUD-SP494 SVINCOLO N.13 .....	67
TABELLA 28 - VALORI LDS INDICATI DA NORMATIVA.....	68
TABELLA 29 -VALORI LDS DELLA ROTATORIA DI PONTE NUOVO .....	68
TABELLA 30 - VALORI LDS DELLA ROTATORIA DI ALBAIRATE SUD SVINCOLO N.5.....	68
TABELLA 31 - VALORI LDS DELLA ROTATORIA DI MAGENTA.....	69
TABELLA 32 - VALORI LDS DELLA ROTATORIA SS526 SVINCOLO N.12.....	69
TABELLA 33 - VALORI LDS DELLA ROTATORIA DI ABBIATEGRASSO SUD-SP494 SVINCOLO N.13 .....	69



# 1. Introduzione

## 1.1. Obiettivi e risultanze dello studio

Il presente Studio di Traffico valuta gli effetti indotti dall'intervento oggetto di analisi, il quale si inquadra nelle opere di adeguamento e potenziamento della viabilità di connessione con l'aeroporto di Malpensa.

Nel presente documento, per semplicità di lettura, l'insieme di tutti gli elementi componenti l'opera in progetto vengono identificati come MAGENTA-MILANO.

Tale potenziamento ha l'obiettivo di migliorare le condizioni di fluidità e accessibilità a Malpensa, anche in vista dei futuri sviluppi dell'area stessa.

Inoltre questo studio fornisce dati e indicazioni utili alla corretta progettazione e al dimensionamento delle sovrastrutture e degli impianti annessi.

Le valutazioni trasportistiche predisposte confrontano uno scenario programmatico con uno scenario progettuale. Si vuole fin da ora sottolineare che l'impatto degli interventi programmatici nell'area di interesse non è particolarmente significativo, prevedendo un numero ridotto di nuove infrastrutture stradali che hanno una significativa relazione con l'opera infrastrutturale in progetto.

Sono stati quindi considerati i seguenti scenari, elaborati modellisticamente per l'ora di punta della mattina di un giorno feriale, che rappresenta la situazione di massimo carico per l'intervento in oggetto, vista la predominante valenza pendolare dell'area:

- **scenario attuale (Stato di Fatto o SDF):** è determinato dalla domanda di traffico ad oggi presente sulla rete di studio, così come rilevata da indagini e rilievi di traffico e ricostruita modellisticamente;
- **scenario programmatico-tendenziale (Stato Programmatico o SPR):** è determinato dalla domanda attesa, a fronte della realizzazione degli interventi stradali e infrastrutturali previsti dal Quadro di Riferimento Programmatico Lombardo, ad esclusione dell'intervento in oggetto (MAGENTA-MILANO). Considerando la particolare collocazione geografica dell'opera in progetto e la tipicità delle opere programmatiche, che in prima analisi non svolgono funzione di collegamento alternativo

all'opera stessa, è possibile considerare, in prima approssimazione, che lo scenario programmatico è paragonabile allo scenario di non intervento in termini di domanda attesa di traffico, in quanto si prevede che gli interventi programmatici previsti non abbiano significative influenze sull'opera in progetto;

- **scenario progettuale (Stato di Progetto o SDP):** è determinato dalla domanda attesa, a fronte della realizzazione degli interventi stradali e infrastrutturali in programma e dell'intervento in oggetto (MAGENTA-MILANO), considerato sia in termini di infrastrutture viarie previste che di traffico indotto.

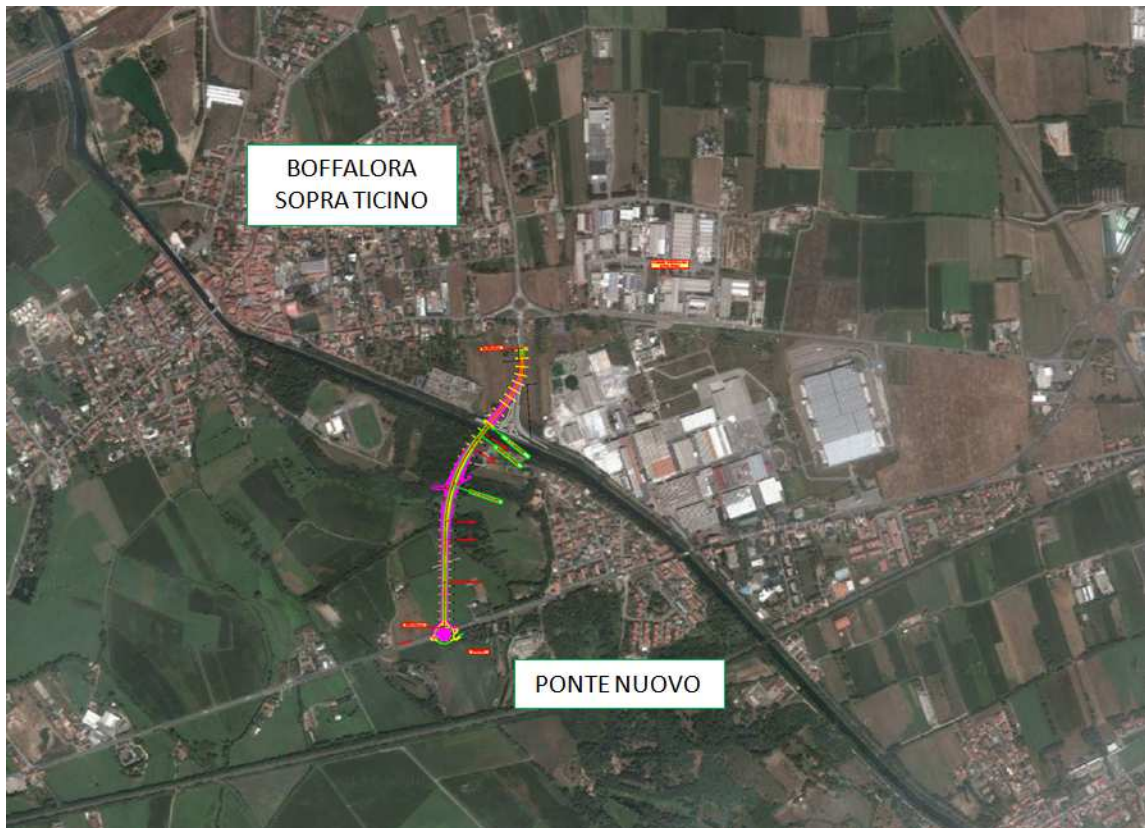
## 1.2. Descrizione dell'intervento

Come sopra anticipato, l'intervento MAGENTA-MILANO, è costituito da una serie di diversi interventi interconnessi tra loro ed articolato come di seguito esposto:

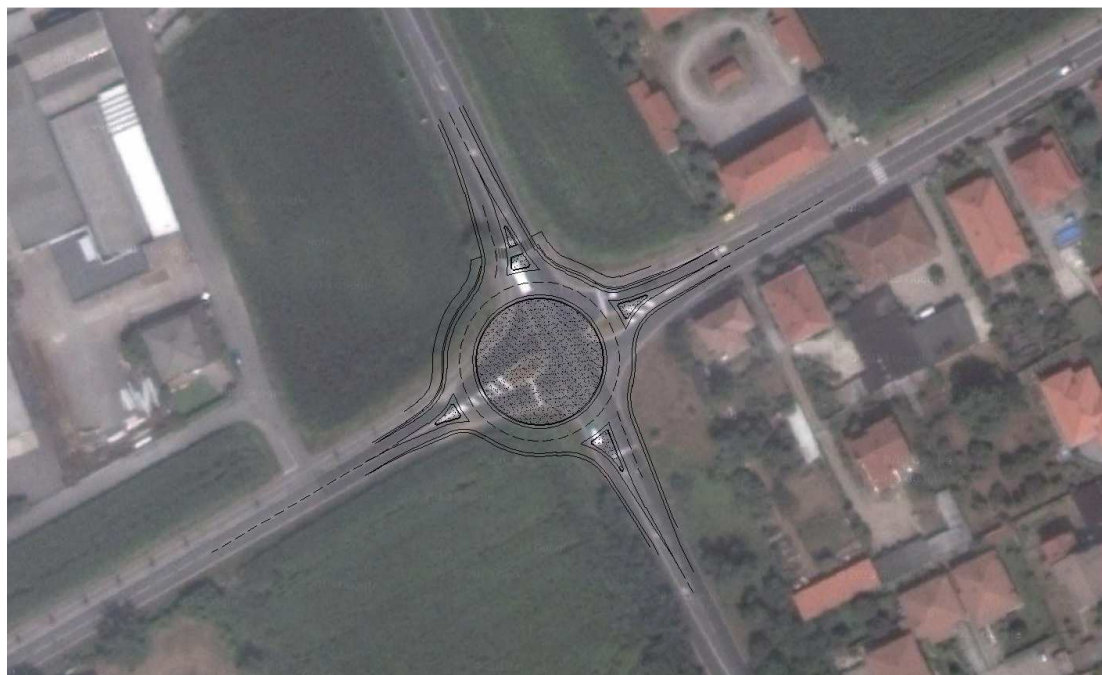
- Collegamento tra la S.S. 526 a Magenta e la S.P. 114 ad Albairate con tracciato in sede nuova per l'intero tratto (a semplice carreggiata del tipo "C1"), per uno sviluppo di Km 9,1;
- Variante di Abbiategrasso, in nuova sede con tipologia a carreggiata semplice del tipo "C1", dalla S.S. 494 (a sud di Abbiategrasso), con esclusione del nuovo ponte sul Ticino, e il tratto in progetto Magenta-Milano, con connessione, mediante intersezione a raso (rotatoria), per una lunghezza di 7,2 Km ;
- Variante di Ponte Nuovo a Magenta, in sede nuova a carreggiata semplice del tipo "C1", che collega la S.P. 117 in località Boffalora sopra Ticino con la S.S. 11, passando sopra il Naviglio Grande.
- Adeguamento dell'intersezione, attualmente semaforizzata, tra la S.S. 526 e le vie Isonzo e Ponte Vecchio a Magenta, mediante la realizzazione di un'intersezione a raso di tipo rotatoria con precedenza sull'anello.



**Figura 1 – Planimetria dell'opera progettuale in Albairate, Magenta e Abbiategrasso**



**Figura 2 – Planimetria dell'opera progettuale variante di Ponte Nuovo**



**Figura 3 – Planimetria della rotatoria in progetto a Magenta**

### 1.3. Gli scenari di traffico analizzati

In questo studio sono stati simulati i seguenti scenari, per l'ora di punta mattutina del giorno feriale:

- **Scenario SDF:** ricostruisce la situazione infrastrutturale attuale;
- **Scenario SPR:** ricostruisce la situazione di traffico nell'ipotesi di non realizzazione dell'opera MAGENTA-MILANO;
- **Scenario SDP:** ricostruisce la situazione di traffico nell'ipotesi di completamento dell'intera opera MAGENTA-MILANO.

## 2. I dati di riferimento

Le stime sulla domanda destinata ad impegnare la MAGENTA-MILANO, completata nelle diverse tratte in cui è strutturata, sono state ottenute mediante l'utilizzo di un modello di simulazione dei flussi di traffico implementato con il software VISUM, prodotto e commercializzato dalla società PTV. VISUM è uno strumento di modellazione del traffico riconosciuto unanimemente dalla comunità scientifica come riferimento per tale tipo di simulazioni. Il modello di simulazione dei flussi di traffico, riferito all'intero territorio regionale lombardo, è descritto in termini di offerta da un grafo stradale derivato dalla base dati NavTeq, mentre in termini di domanda si fa riferimento alle matrici origine/destinazione (O/D) relative agli spostamenti compiuti, nell'ora di punta della mattina feriale, da persone e merci.

### 2.1. La zonizzazione territoriale

#### 2.1.1 LA ZONIZZAZIONE REGIONALE

La zonizzazione di riferimento deriva da quella proposta dalla Regione Lombardia, che prevede oltre 1.500 zone distribuite come riportato nella successiva tabella.

DESCRIZIONE	ZONA	CASI
UNITA' COMUNALI	INTERNA	4
AGGREGAZIONI DI COMUNI	INTERNA	1266
FRAZIONAMENTI (COMUNI ZONIZZATI)	INTERNA	108
AEROPORTI	INTERNA	79
PORTI NON IDENTIFICATI	INTERNA	4
PROVINCE DI REGIONI CONFINANTI	ESTERNA	30
REGIONI ITALIANE NON CONFINANTI	ESTERNA	16
CANTONI SVIZZERI	ESTERNA	7
ALTRE NAZIONI ESTERE	ESTERNA	17
NON INDICA	NON NOTA	2
TOTALE		1533

Tabella 1 - Definizione delle zone della matrice regionale

Le zone interne coincidono con i comuni (1.266 casi) o loro aggregazioni (108 casi) tranne che per le principali città (quelle con più di 50.000 abitanti) che sono divise in sottozone, come di seguito descritto.

COMUNE	CASI	COMUNE	CASI	COMUNE	CASI
BERGAMO	7	LEGNANO	2	RHO	3
BRESCIA	9	LODI	2	SESTO S.GIOVANNI	2
BUSTO ARSIZIO	2	MANTOVA	5	VARESE	5
CINISELLO B.	2	MILANO	16	VIGEVANO	2
COMO	9	MONZA	5	TOTALE	33
CREMONA	5	PAVIA	2		

**Tabella 2 -Suddivisione intracomunale delle principali città lombarde**

La successiva figura visualizza la zonizzazione di traffico adottata per la disaggregazione della mobilità che caratterizza il territorio lombardo e le aree esterne ai confini regionali.

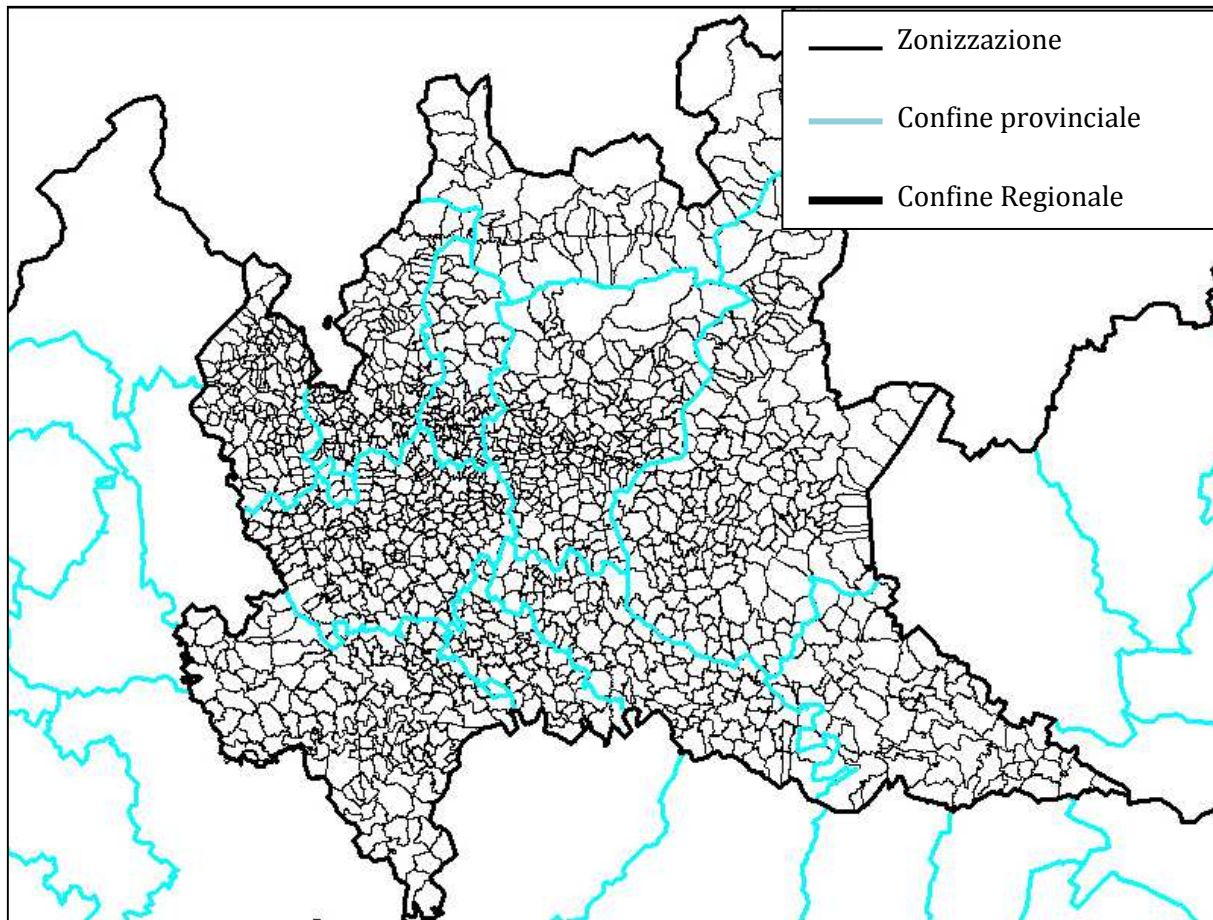


Figura 4 - Mappa della zonizzazione considerata

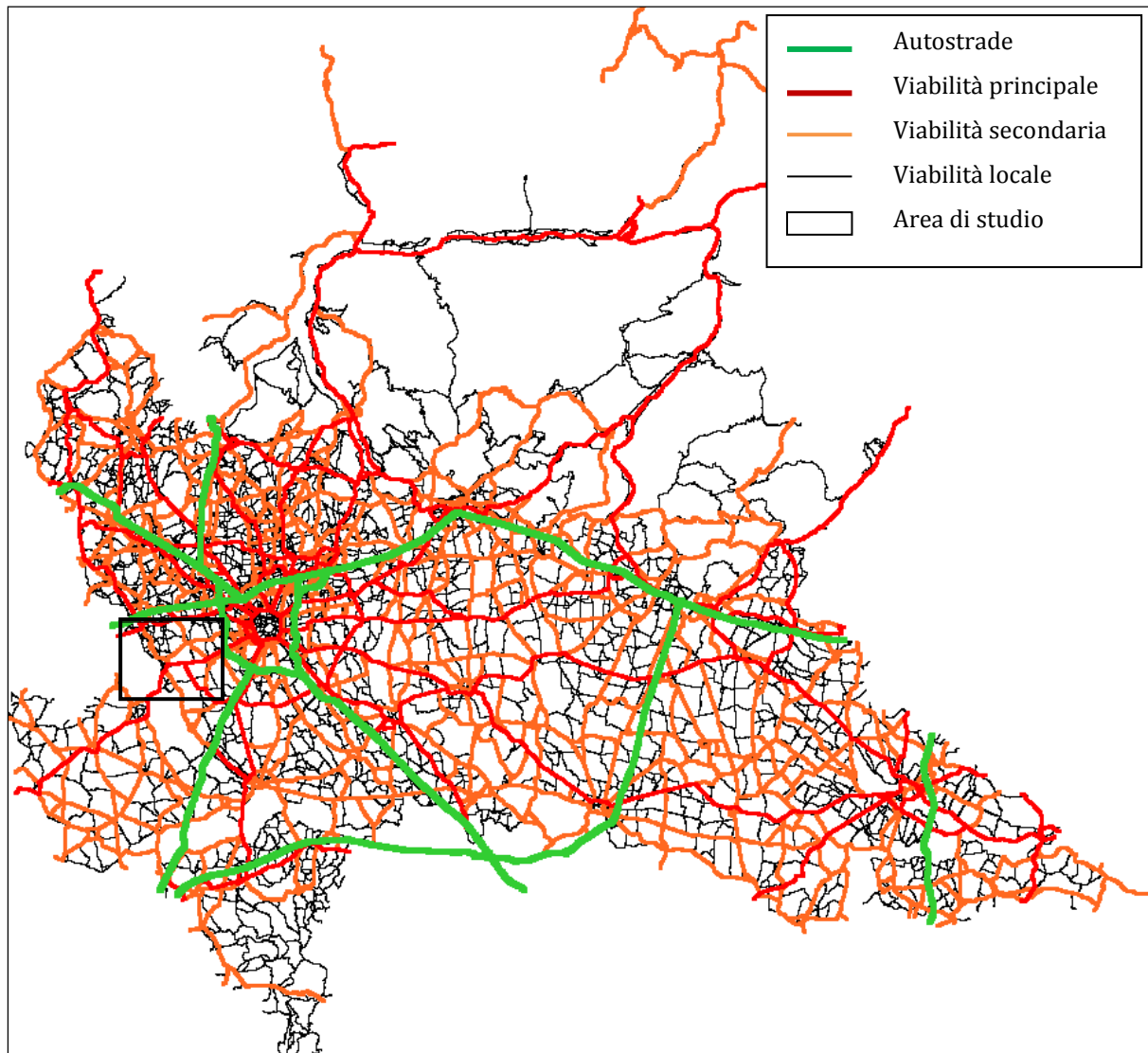
## 2.2. La rete simulata

Lo strumento di analisi utilizzato per la modellizzazione del sistema di offerta si basa su un grafo di rete stradale complessivamente costituito da:

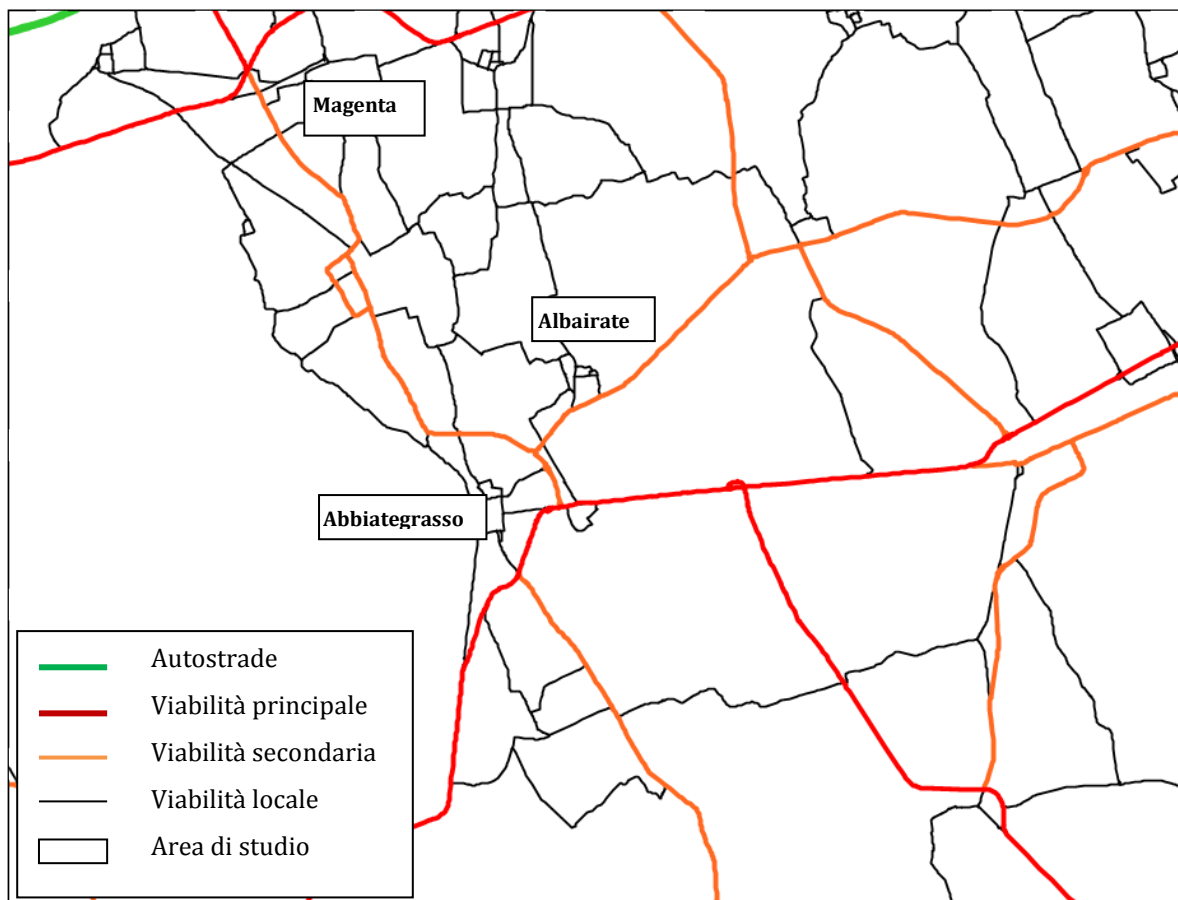
- oltre **25.000** nodi (con associata la tipologia dello svincolo che essi rappresentano);
- oltre **71.000** archi orientati (con associate informazioni quali, ad esempio, la lunghezza, la capacità di deflusso oraria in termini di veicoli equivalenti, la velocità di progetto, le funzioni di costo, il nome della strada, etc.);
- oltre **210.000** manovre di svolta (con associato il perditempo agli incroci).

La successiva figura visualizza il grafo del modello di traffico utilizzato.





**Figura 5 – Mappa del grafo regionale considerato**



**Figura 6 – Mappa del grafo nell'area di studio**

Per quanto concerne la caratterizzazione del grafo si è proceduto all'organizzazione della rete in 4 classi principali di strade, ciascuna delle quali suddivisa, a sua volta, in varie sottoclassi in ragione dei valori di capacità, della forma funzionale della curva di deflusso e della velocità di percorrenza ad arco scarico. La classificazione principale utilizzata è riportata nella tabella successiva.

Categoria	Denominazione
1	Autostrada
2	Viabilità principale
3	Viabilità secondaria
4	Viabilità di interesse locale

**Tabella 3 - Classificazione degli archi stradali del grafo**

Si è scelto di utilizzare il modello di assegnazione stocastico, che considera un certo livello di soggettività da parte dell'utente nel valutare i costi generalizzati dei percorsi, che rende possibile anche l'utilizzo di percorsi alternativi.

## **2.3. Le principali banche dati di riferimento**

Per la ricostruzione della domanda attuale di spostamento delle persone si è fatto riferimento all'indagine O/D 2002 della regione Lombardia, già citata in termini di zonizzazione adottata. Tale banca dati, predisposta dalla Regione Lombardia nel 2002 sulla base di due principali indagini, quella alle famiglie residenti (tramite interviste telefoniche di tipo CATI, ovvero Computed Aided Telephone Interview) e quella cordonale ai non residenti in ingresso in Regione, ha fornito la matrice Origine/Destinazione di riferimento per la mobilità delle persone. Tale matrice è stata elaborata in base alle zone di traffico, al mezzo utilizzato ed agli orari degli spostamenti, per ricavarne le matrici dei mezzi leggeri relative agli orari di punta: tale matrice è stata utilizzata nel modello VISUM come stima iniziale del processo di correzione e calibrazione modellistica, di seguito illustrato.

Per la ricostruzione della domanda di mobilità delle merci, non considerata dall'indagine regionale, si è dovuto necessariamente procedere in modo diverso. In questo caso sono state considerate le informazioni raccolte da ISTAT sul traffico merci su strada, che opportunamente rielaborate hanno fornito una stima iniziale dei flussi dei veicoli merci. Ancora, relativamente alla matrice dell'ora di punta, si è proceduto alla calibrazione sulla base dei conteggi di traffico nello scenario attuale.

Sintetizzando le considerazioni effettuate, le banche dati sulla distribuzione dei flussi veicolari e la mobilità espressa dal territorio lombardo, sono le seguenti:

- matrice O/D regionale degli spostamenti delle persone (2002);
- dati ISTAT sulla mobilità delle merci (2005);
- volumi di traffico rilevato nell'ora di punta mattutina su via Magenta a Boffalora Sopra Ticino nel 2014;
- Dati di traffico presenti nel PGTU 2011 di Abbiategrasso, reperibili presso il Comune di Abbiategrasso;
- Dati di traffico presenti nel PGTU 2012 di Vigevano, reperibili presso il Comune di Abbiategrasso;

- Dati delle sezioni regionali, reperibili presso "Lombardia Informatica S.p.A.", aggiornati al 2013;
- Dati di traffico autostradali, reperibili presso le concessionarie autostradali che operano sul territorio comunale;
- Dati di traffico di competenza ANAS, reperibili presso ANAS S.p.A.
- Dati di traffico sulle strade provinciali delle province di Milano, Bergamo, Brescia, Como, Cremona, Sondrio, Monza e Brianza, Lecco e Mantova, reperibili presso i rispettivi enti territoriali.
- Dati di traffico sulle strade comunali dei Comuni di Bergamo, Brescia, Cremona, Lecco Mantova, Milano, Pavia e Varese, Reperibili presso i rispettivi enti comunali.

Nella successiva figura è riportata la localizzazione delle postazioni di misura di traffico utilizzate per la calibrazione del presente modello di simulazione con dettaglio nell'area di studio analizzata. Complessivamente le informazioni raccolte hanno reso disponibile una banca dati totale di **2.179 sezioni di monitoraggio** della distribuzione attuale dei flussi veicolari sulla rete stradale regionale.

Di seguito si mostra la collocazione delle sezioni di rilievo considerate presso l'area di studio.

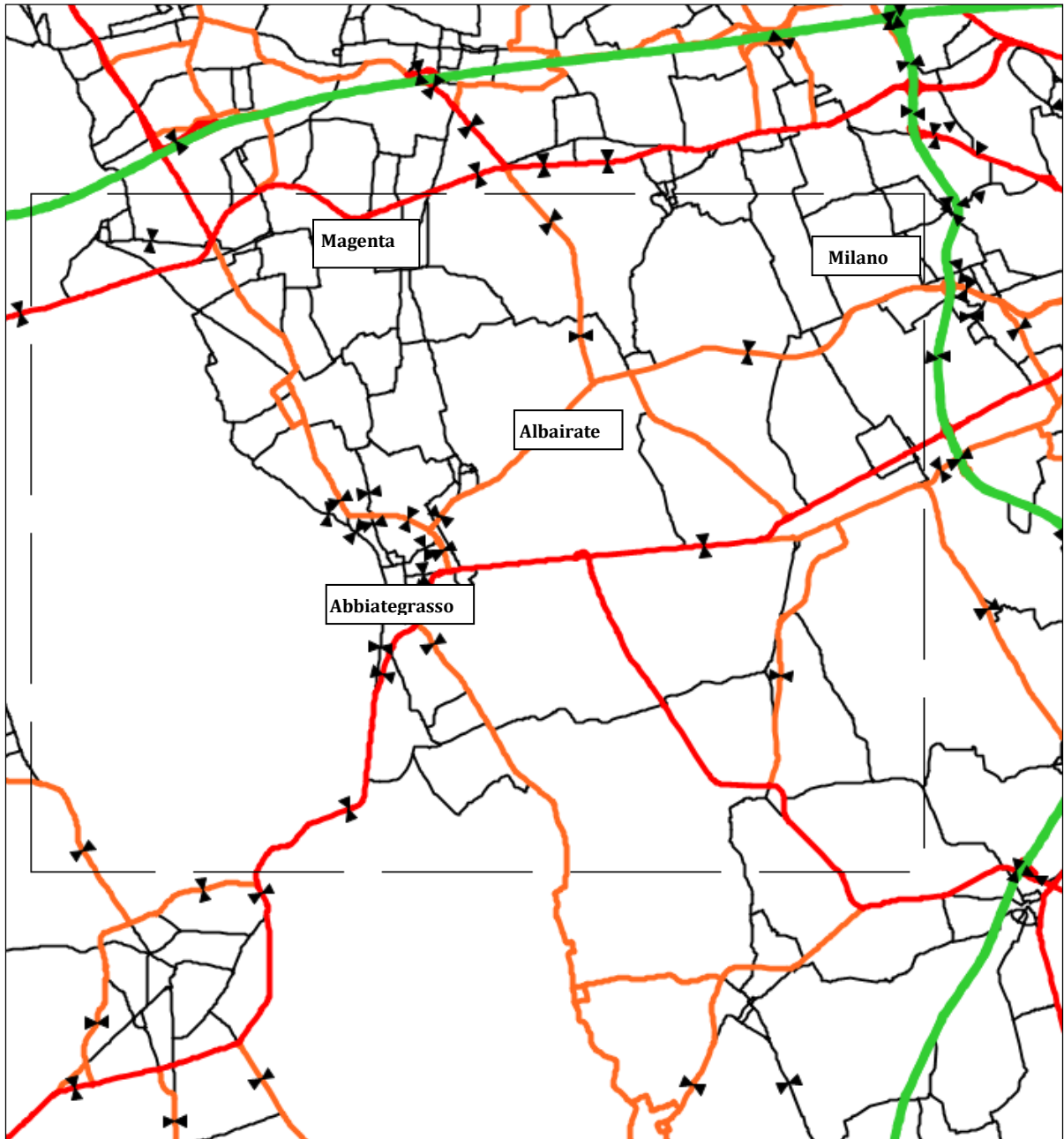


Figura 7 - Mappa delle sezioni di rilievo dei flussi stradali considerate presso l'area di studio

## 3. La ricostruzione della domanda di mobilità nello scenario attuale

### 3.1. La domanda di mobilità delle persone e delle merci

In merito alla domanda di spostamento passeggeri che il territorio lombardo esprime attualmente, la banca dati utilizzata come riferimento è costituita dalla matrice O/D predisposta dalla Regione Lombardia nel 2002. L'indagine regionale ha riguardato un campione particolarmente esteso arrivando infatti, a contattare oltre 750.000 residenti o domiciliati mediante intervista telefonica CATI, con un tasso di campionamento superiore all'8%. Alla rilevazione telefonica si sono aggiunte le indagini al cordone, che hanno riguardato circa 50.000 utenti in ingresso nel territorio regionale con le diverse modalità di trasporto.

L'indagine ha restituito complessivamente una popolazione giornaliera mobile pari a circa 5.700.000 individui, ognuno dei quali compie mediamente 2,65 spostamenti al giorno. Sul territorio regionale, giornalmente hanno luogo più di 15 milioni di spostamenti secondo le diverse modalità, per ciascuno dei quali si impiega mediamente un tempo di circa 27 minuti (quindi 1 ora e 12 minuti al giorno in mobilità per ogni individuo mobile).

Ai fini del presente lavoro, si è analizzato il modo con cui si è ricavata la matrice O/D regionale, mediante interviste ad un campione di circa l'8% della popolazione. E' facile constatare come, mediamente, ogni spostamento abbia un coefficiente di espansione prossimo a 12 (dato dal rapporto tra 1 e 0,08, ovvero tra l'universo di riferimento ed il campione indagato), per cui si assiste ad una polarizzazione delle celle della matrice rispetto a tale valore (o ai suoi multipli). Conseguentemente, accade frequentemente che celle che andrebbero valorizzate con valori inferiori a 12 rimangono vuote (sottocampionamento), mentre in altri casi, meno numerosi, celle con un solo spostamento in campione sono state espansive a circa 12 spostamenti

portando ad un possibile sovra campionamento: in generale se ne ottiene una matrice O/D molto più sparsa (ovvero con molte più celle nulle) della matrice O/D reale.

Per ovviare a tale problema (che ha ripercussioni importanti anche in fase di correzione e calibrazione delle matrici a partire dai dati di traffico), si è sviluppato un metodo di **smoothing** delle matrici derivate da indagini campionarie, che sostanzialmente tende a ridistribuire più omogeneamente gli spostamenti tra le diverse celle, preservando comunque i totali di riga e di colonna (ovvero mantenendo inalterati il numero di partenze ed arrivi in ciascuna zona, per ciascuno dei motivi e mezzi analizzati). In sintesi, tale metodo tende a ridistribuire gli spostamenti tra due zone considerando anche le alternative fornite dalle zone limitrofe, per non distorcere la struttura della matrice.

Tale processo ha consentito di ottenere le matrici degli spostamenti delle persone con uguale numero di spostamenti, ma con diversa ripartizione tra le celle e soprattutto con un maggior numero di celle valorizzate. Nel caso delle merci, la matrice iniziale è stata ipotizzata nella sua struttura a partire dalle indagini ISTAT sulle merci (in mancanza di informazioni più precise, analoghe all'indagine O/D regionale sulle persone), affidando alla fase di smoothing prima e di correzione e calibrazione poi, il compito di rendere tale dato più coerente possibile con la matrice O/D reale.

A valle della fase di smoothing, si è proceduto quindi ad attuare la **correzione e calibrazione** delle matrici dell'ora di punta, sia per i mezzi leggeri che per quelli pesanti. Tale fase consiste in un processo iterativo di assegnazione delle matrici, di successivo confronto con i dati rilevati nelle sezioni di misura e di modifica dei valori delle celle della matrice al fine di avvicinare i flussi stimati a quelli osservati. Questo processo presuppone una maggiore affidabilità nei rilievi dei flussi stradali rispetto alla stima della matrice O/D, pur non risolvendo completamente i problemi connessi a tale approccio. In particolare, si segnala da una parte una serie di problematiche sulle misure dei flussi, legate prevalentemente all'esistenza di fluttuazioni su base oraria e giornaliera anche consistenti e all'errore di rilievo riferibile al tipo di strumento di misura adottato, e dall'altra alla difficoltà di conciliare un dato di matrice (dove ogni spostamento è caratterizzato da un orario di inizio e fine spostamento) ad un orario di transito in sezione, che si riferisce ad un istante (peraltro non precisato) dello spostamento descritto in matrice, con evidenti difficoltà nella definizione rigorosa della matrice oraria esattamente conciliabile con i flussi rilevati in un determinato lasso temporale.

Al di là di queste considerazioni, si è ritenuto opportuno procedere nel modo classico: il processo di correzione e calibrazione è iterativo perché in genere i metodi di correzione ipotizzano una dipendenza lineare tra i valori delle celle della matrice e i valori dei flussi di traffico, mentre nella realtà i modelli di assegnazione (al di là del metodo adottato) sono fortemente non lineari. L'iterazione del processo di calibrazione e correzione consente di avvicinare progressivamente i dati osservati ed i dati simulati di flusso, operando via via in situazioni in cui l'approssimazione lineare della dipendenza dei flussi dalle celle della matrice risulta più vicina alla realtà.

Anche per questa fase si è sviluppato un metodo ad hoc, derivato da un **modello di sintesi** di tipo **entropico** delle matrici O/D, dovuto a Willumsen. La teoria matematica insita nei modelli di traffico dimostra l'esistenza in generale di un numero illimitato di matrici O/D in grado di soddisfare i vincoli di coerenza con i flussi assegnati. L'idea di fondo proposta dai modelli entropici è quella di generare, tra tutte le matrici O/D possibili, quella che, soddisfacendo i vincoli sulle sezioni misurate (o minimizzandone la distanza), nello stesso tempo massimizza l'entropia, e quindi la dispersione, degli spostamenti. Nella funzione obiettivo di tale modello di sintesi è possibile considerare anche la minimizzazione della distanza dalla matrice O/D iniziale, scegliendo di fatto quale peso dare ai dati rilevati nelle sezioni di misura e quale peso dare ai dati ricavati dalle indagini O/D. Nella fattispecie, si è scelto di dare maggior peso ai flussi rispetto alle matrici O/D, enfatizzando tra i dati di sezione quelli che si trovavano nelle immediate vicinanze dell'intervento, al fine di una migliore ricostruzione locale dei dati di traffico.

### **3.2. La validazione del modello di traffico nello Stato di Fatto**

L'assegnazione della matrice ottenuta dal procedimento di stima ha restituito la distribuzione attuale del traffico veicolare sulla rete stradale dell'area di studio, nell'ora di punta del mattino di un giorno feriale. L'attendibilità dei risultati conseguiti in termini di verosimiglianza tra distribuzione simulata e distribuzione reale dei flussi sulla rete di trasporto è stata verificata mediante la validazione dello scenario attuale, già analizzato in precedenti studi.



Il metodo di verifica applicato è quello denominato dell'**R2**. Questa funzione statistica misura la correlazione esistente tra variabile indipendente (i flussi osservati) e variabile dipendente (i flussi stimati), attraverso la costruzione di un modello di regressione lineare: ha un valore compreso nell'intervallo tra 0 e 1, ove 1 indica perfetta correlazione e 0 indica totale indipendenza tra le due variabili. Nell'utilizzare tale parametro statistico, occorre fare attenzione anche al valore di pendenza della retta di regressione, dove 1 indica l'assenza di distorsioni del bias (ovvero del valor medio delle due serie di dati: flussi osservati e flussi stimati) e all'intercetta con l'asse delle  $y$ . L'effettiva coincidenza dei dati osservati e misurati si ottiene soltanto laddove  $R^2$  e la pendenza assumono valore uguale a 1 e l'intercetta vale 0.

Convenzionalmente si tende a considerare come attendibili le risultanze dell'assegnazione di un modello di simulazione di traffico in grado di restituire una correlazione non inferiore a 0,80, mentre i valori di pendenza della retta di regressione dovrebbero essere compresi tra 0,9 e 1,1 (consentendo quindi oscillazioni in media di più o meno il 10% rispetto al valore misurato) e l'intercetta deve avere un valore inferiore al 5-10% del valor medio dei dati osservati. Tale soglia nominale viene, inoltre, valutata anche in ragione della numerosità dei punti di confronto, dal momento che più è esteso l'insieme dei punti di monitoraggio dei flussi, maggiore è la possibilità che possano rilevarsi distorsioni, magari di natura locale, rispetto alla tendenza generale del campione di analisi. Per quanto concerne il modello di traffico messo a punto, il confronto tra volumi di traffico simulati e volumi rilevati in campo è stato effettuato con riferimento a tutte le sezioni di confronto dell'intera banca dati.

Sotto il profilo delle risultanze, il test dell' $R^2$  evidenzia l'elevata attendibilità dei risultati derivanti dalle assegnazioni del modello implementato; nella Tabella 4 sono riportati i valori del test dell' $R^2$ , della pendenza (M) e dell'intercetta (Q) per le simulazioni condotte rispetto allo scenario attuale per l'ora di punta della mattina del giorno feriale con riferimento all'area di studio. Si osservi come in tutti i casi si ottengono valori di  $R^2$  significativamente superiori a 0,9.

A titolo illustrativo si veda la Figura 8 relative ai risultati dell'analisi di assegnazione dello scenario SDF dell'ora di punta mattutina del giorno feriale, per il totale dei veicoli.

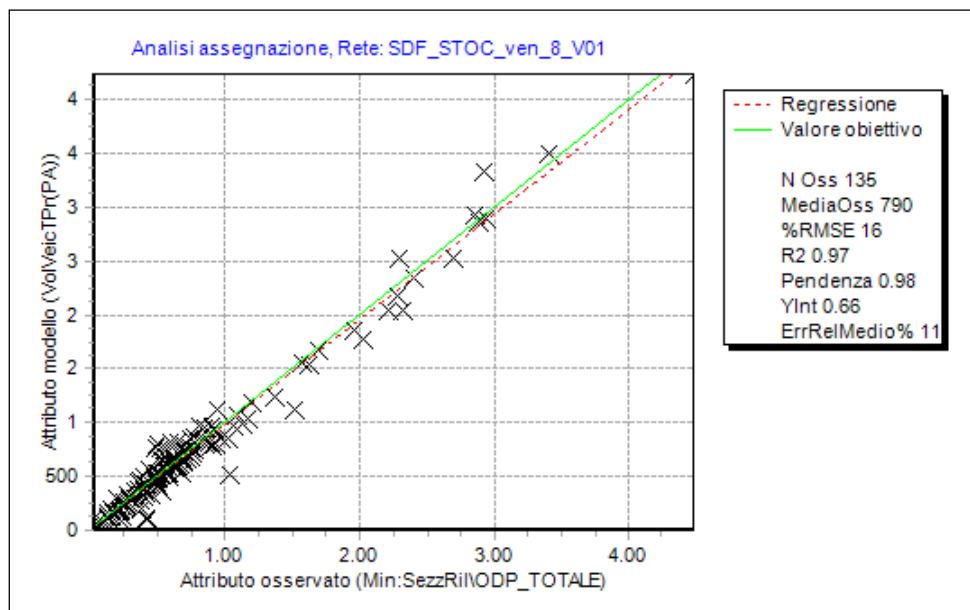


Figura 8 - Analisi assegnazione giorno feriale per l'area di studio

	Feriale
Sezioni	135
R <sup>2</sup>	0,97
Pendenza	0,98

Tabella 4 - Valori dell'analisi assegnazione nell'area di studio per la simulazione condotta

### 3.3. Flussi di traffico nello scenario Stato di Fatto

Il diagramma di carico, che costituisce uno dei risultati principali delle simulazioni effettuate, riporta l'entità del traffico su ciascun arco stradale della rete di trasporto complessiva, mediante una visualizzazione basata principalmente sullo spessore delle bande che descrivono i flussi (flussogrammi): lo spessore di tali bande risulta proporzionale all'entità del flusso presente.

Inoltre, oltre allo spessore, viene riportato il valore del flusso dei veicoli leggeri e pesanti in transito su ciascun arco nell'ora di simulazione.

Qui di seguito sono riportati i diagrammi di carico dello **Scenario SDF** in termini di veicoli equivalenti, relativi all'ora di punta del mattino (8:00-9:00) di un giorno feriale per l'area di studio analizzata.

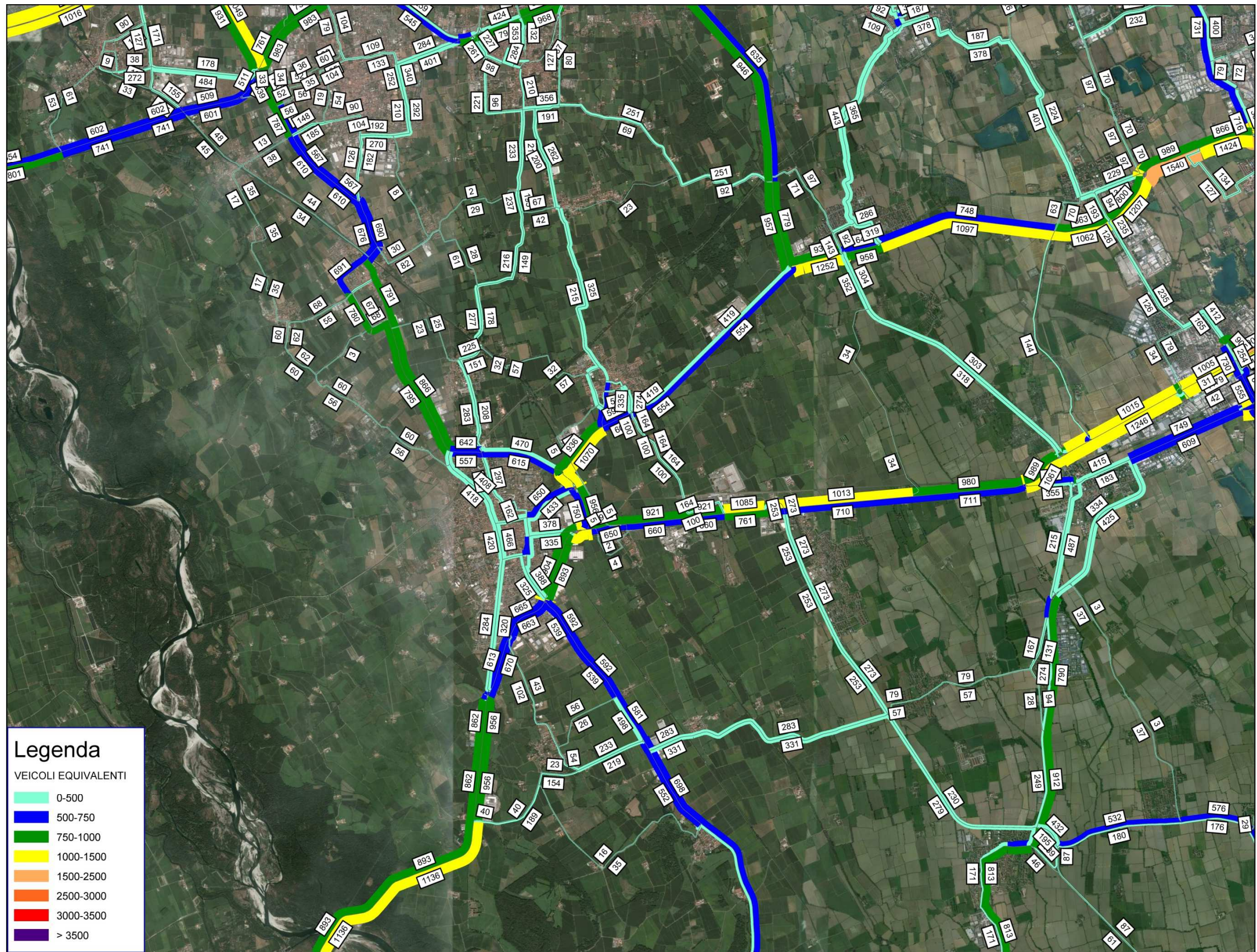


Figura 9 - Flussogramma dello scenario SDF dell'ora di punta della mattina di un giorno feriale

## 4. Intereventi programmatici previsti

Si riportano in questo capitolo le opere riguardanti il quadro di riferimento programmatico.

Gli interventi a scala regionale, provinciale ed interprovinciale sono elencati nella seguente tabella.

<b>NOME OPERA</b>
Collegamento SS11 da Molino Dorino a Autostrada dei Laghi
Collegamento SS 11 e SS 233
RHO-MONZA
Pedemontana
C. Merlata
Collegamento C. Merlata - SS33
BreBeMi (aperta nel 2014)
TEEM (apertura parziale 2014)
Variante SS233 Varesina
Ammodernamento A4 Milano-Torino
4^ corsia dinamica A4
5^ corsia A8
Strada interquartiere Nord Milano
Accordo di Programma ex Alfa di Arese
SS415 Pallese
Tangenziale Sud di Brescia
Autostrada regionale Broni-Mortara
IPB
Variante di Morbegno 2° stralcio
VA.CO.LE.
Riqualifica SP40 Binasco-Melegnano

**Tabella 5 - Elenco delle opere programmatiche**

## 5. Lo Scenario programmatico

Sono state condotte le simulazioni per l'ora di punta della mattina (8:00-9:00) di un giorno feriale, nel seguente scenario programmatico (**Scenario SPR**);

Il diagramma di carico, che costituisce uno dei risultati principali delle simulazione effettuate, riporta l'entità del traffico su ciascun arco stradale della rete di trasporto complessiva, mediante una visualizzazione basata principalmente sullo spessore e sul colore delle bande che descrivono i flussi (flussogrammi): lo spessore di tali bande risulta proporzionale all'entità del flusso presente sull'arco.

Qui di seguito sono riportati i diagrammi di carico dello **Scenario SPR** in termini di veicoli equivalenti, relativi all'ora di punta del mattino (8:00-9:00) per l'area di studio considerata.

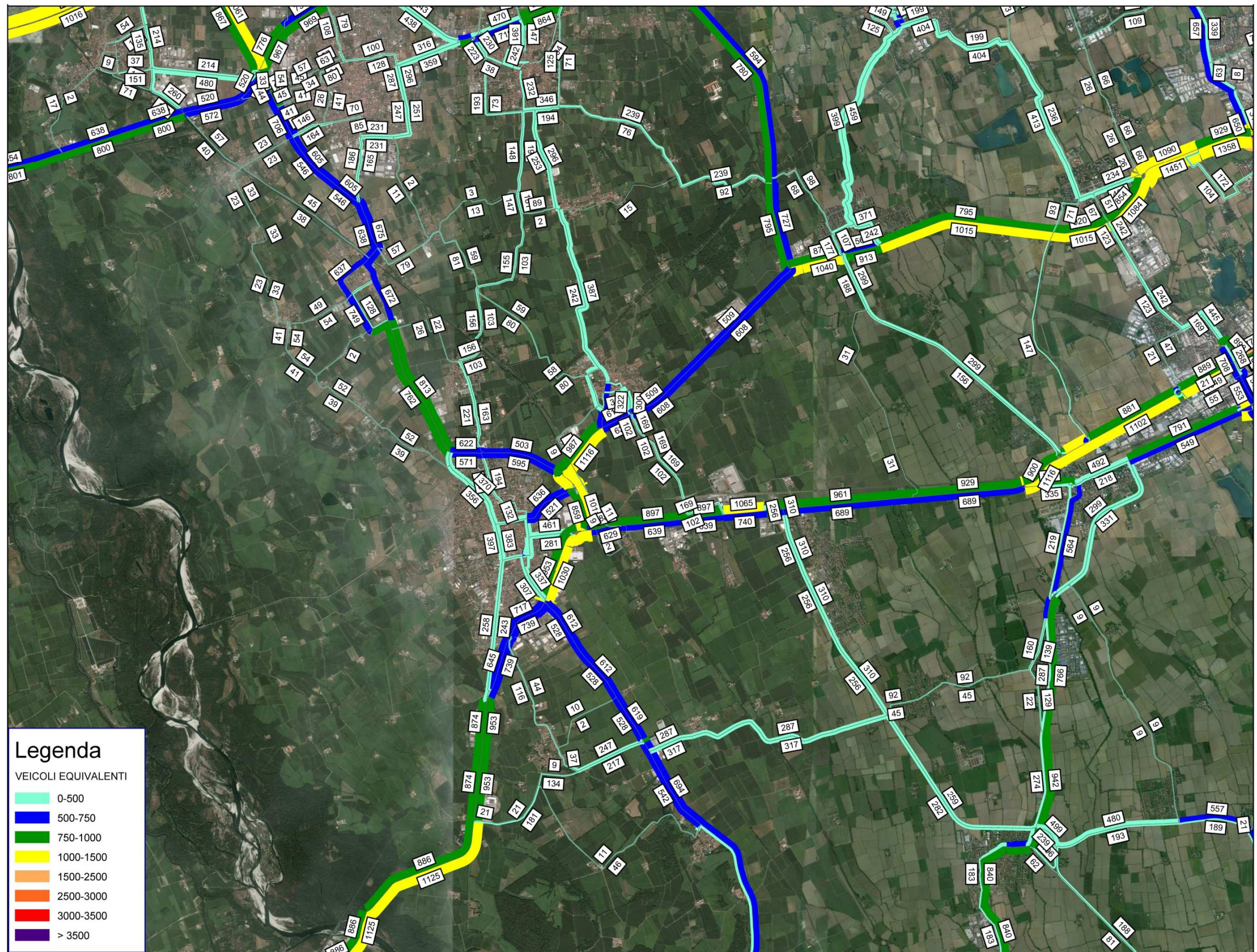


Figura 10 - Flussogramma dello scenario SPR dell'ora di punta della mattina di un giorno feriale

## 6. Lo scenario progettuale

Sono state condotte le simulazioni per l'ora di punta della mattina (8:00-9:00) di un giorno feriale, nello scenario progettuale (**Scenario SDP**).

Il diagramma di carico, che costituisce uno dei risultati principali delle simulazioni effettuate, riporta l'entità del traffico su ciascun arco stradale della rete di trasporto complessiva, mediante una visualizzazione basata principalmente sullo spessore e sul colore delle bande che descrivono i flussi (flussogrammi): lo spessore di tali bande risulta proporzionale all'entità del flusso presente sull'arco.

Qui di seguito sono riportati i diagrammi di carico dei veicoli equivalenti, relativi l'ora di punta della mattina (8:00-9:00) di un giorno feriale, per l'area di studio considerata.

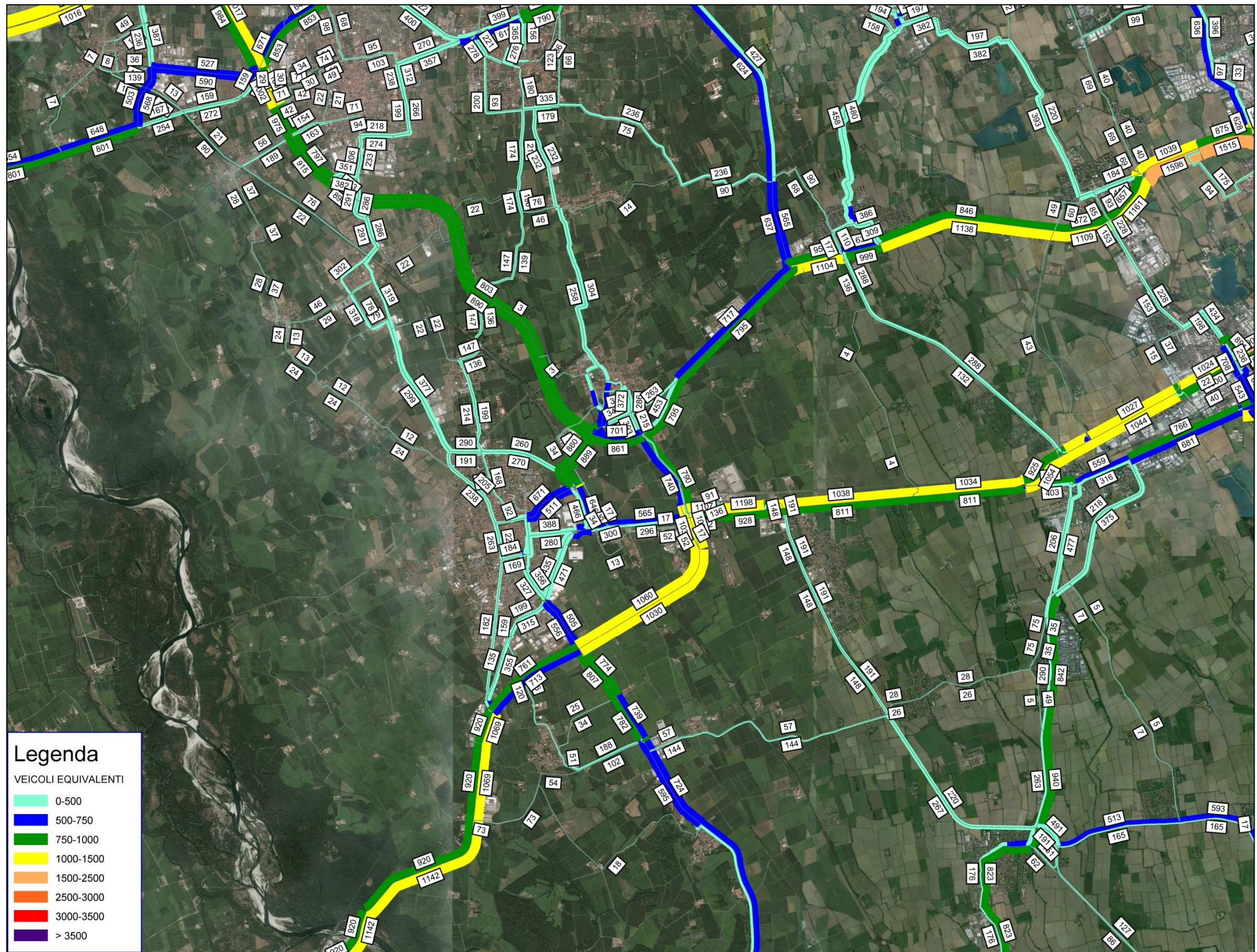


Figura 11 - Flussogramma dello scenario SDP dell'ora di punta della mattina di un giorno feriale



### 3.4. Valori TGM

Vengono qui riportati i valori dei TGM delle diverse tratte, in particolare tale valori sono calcolati partendo dai risultati di traffico stimati dal modello che, attraverso dei coefficienti di espansione, permettono di stimare i TGM nello Scenario SDP.

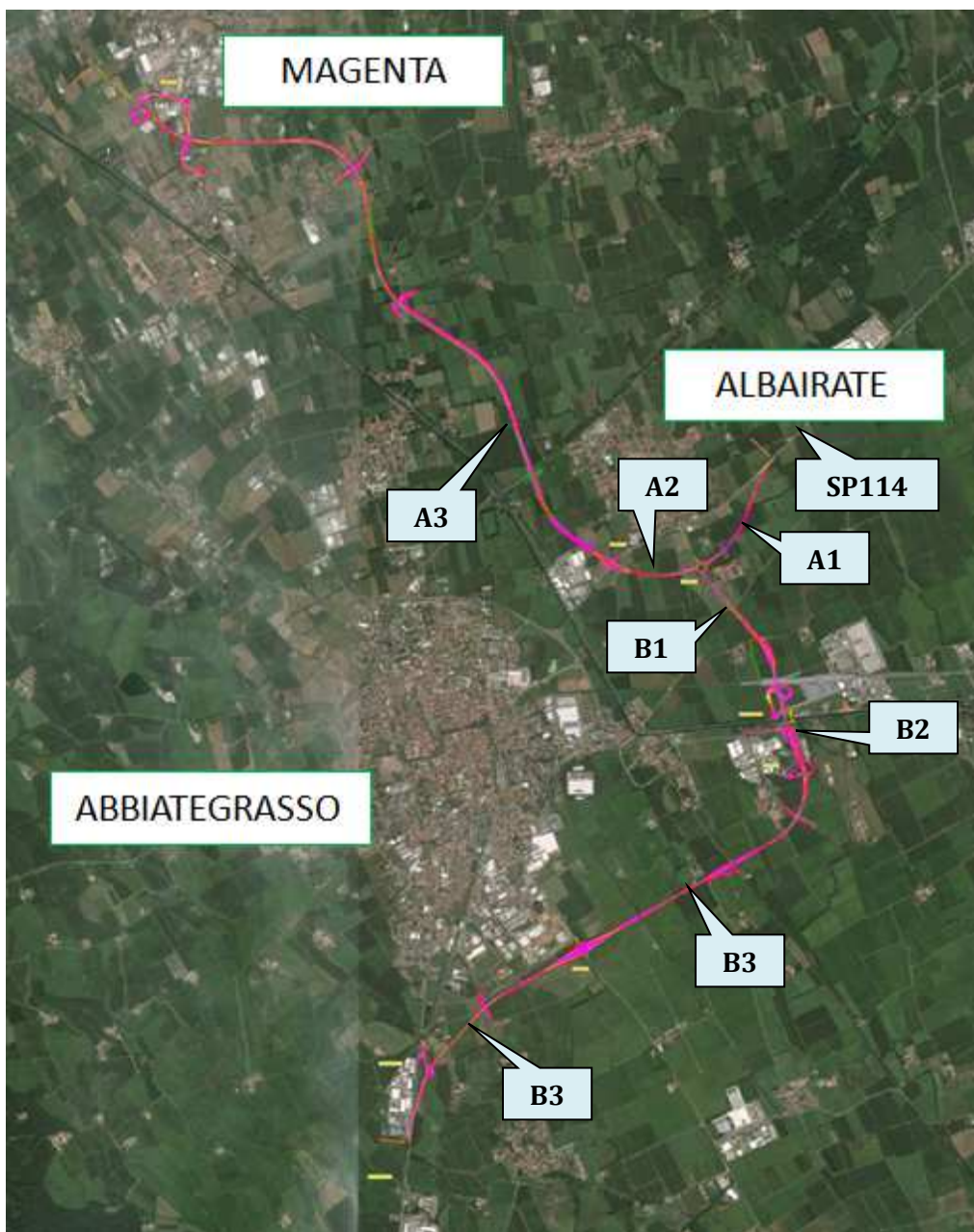


Figura 12 - Tratte considerate per il calcolo del TGM

<b>Tratta A: ALBAIRATE-MAGENTA</b>			
n° tratta	da	a	TGM
A1	SVINCOLO n.3 (Magenta Sud - Robecco S/N)	SVINCOLO n.4 (Albairate - S.P.n.114)	17.514
A2	SVINCOLO n.4 (Albairate - S.P.n.114)	SVINCOLO n.5 (Albairate Sud)	22.111
A3	SVINCOLO n.5 (Albairate Sud)	LIMITE INTERVENTO	24.186

**Tabella 6 - Valori TGM in veicoli equivalenti Tratta A dallo svincolo n3 al limite intervento**

<b>Tratta C: ALBAIRATE-OZZERO</b>			
n° tratta	da	a	TGM
B1	SVINCOLO n.5 (Albairate Sud)	SVINCOLO n.10 (Stazione F.S. C.na Bruciata - S.S.n.494)	21.416
B2	SVINCOLO n.10 (Stazione F.S. C.na Bruciata - S.S.n.494)	SVINCOLO n.11 (Mendosio)	29.002
B3	SVINCOLO n.11 (Mendosio)	SVINCOLO n.12 (S.S.n.526)	29.343
B4	SVINCOLO n.12 (S.S.n.526)	SVINCOLO n.13 (Abbiategrasso Sud - S.P.n.494)	20.860

**Tabella 7 - Valori TGM in veicoli equivalenti Tratta C dallo Svincolo n.5 allo Svincolo n.13**

<b>Tratta SP114 esistente</b>			
n° tratta	da	a	TGM
SP114	LIMITE INTERVENTO	SP227dir	21.342

**Tabella 8 - Valori TGM in veicoli equivalenti sulla SP114 esistente tra il limite dell'intervento e la SP227dir**

Si esplicitano di seguito i coefficienti di espansione utilizzati e i coefficienti di equivalenza.

	<b>Coefficiente</b>
Rapporto auto H/TGM	14,5
Rapporto moto H/TGM	14,5
Rapporto comm. leggeri H/TGM	13,2
Rapporto comm. pesanti H/TGM	14,5

**Tabella 9 - Coefficienti di espansione per il calcolo del TGM**

	<b>Coefficiente</b>
Coeff equivalenza auto	1
Coeff equivalenza moto	0,5
Coeff equivalenza comm. Leggeri	1,5
Coeff equivalenza comm. Pesanti	2,5

**Tabella 10 - Coefficienti di equivalenza**

## 7. Flussogrammi differenza

In questo capitolo si illustrano i flussogrammi differenza, ovvero si mostra graficamente, mediante l'ausilio delle barre di flusso la variazione di flusso di traffico in termini di veicoli equivalenti tra diversi scenari. In rosso sono evidenziati gli incrementi di flusso di traffico ed in verde le riduzioni di flusso di traffico.

Gli scenari confrontati sono di seguito elencati:

- **Scenario SDP con SDF**
- **Scenario SDP con SPR**

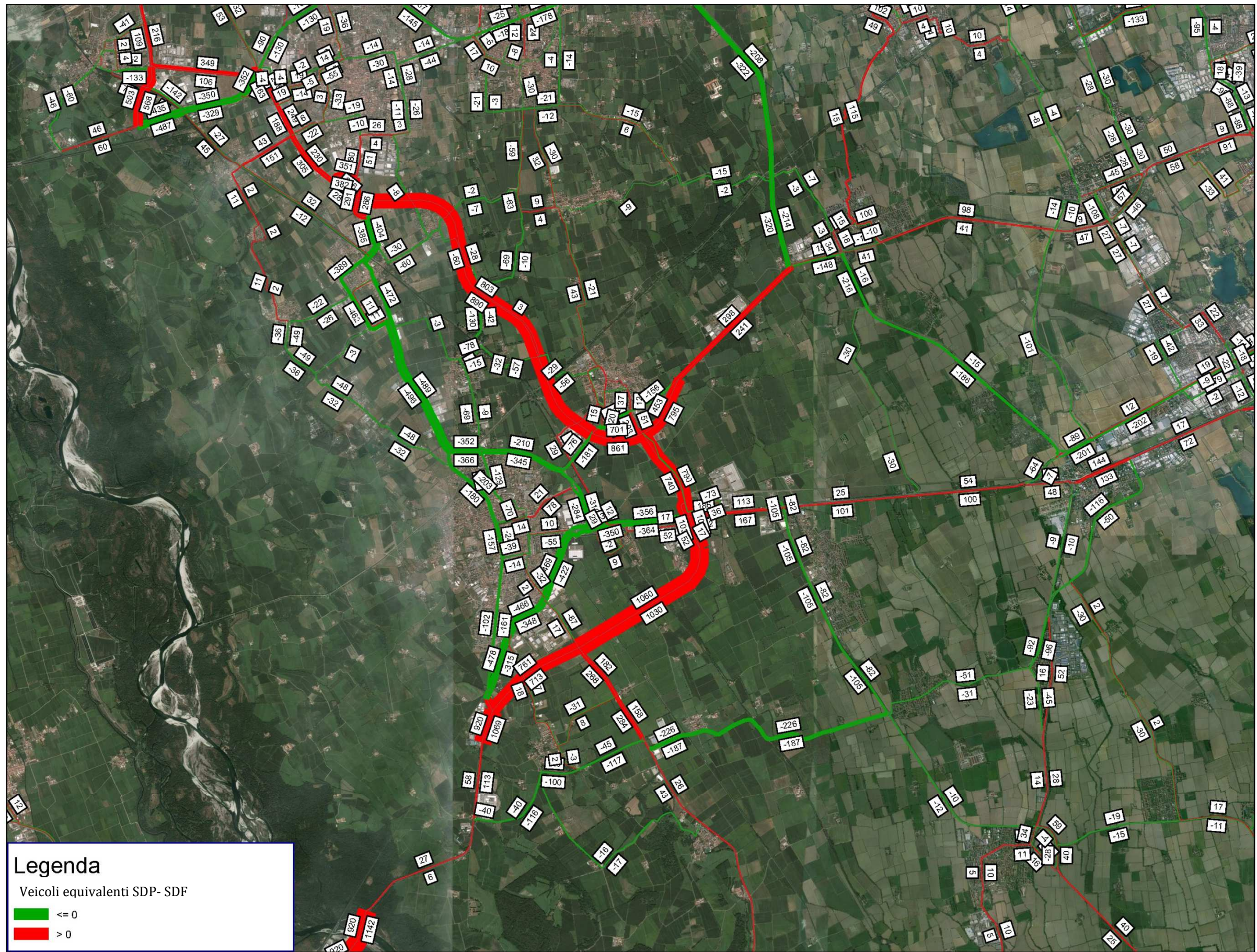


Figura 13 - Flussogramma differenza tra lo scenario SDP e lo scenario SDF nell'ora di punta della mattina di un giorno ferial

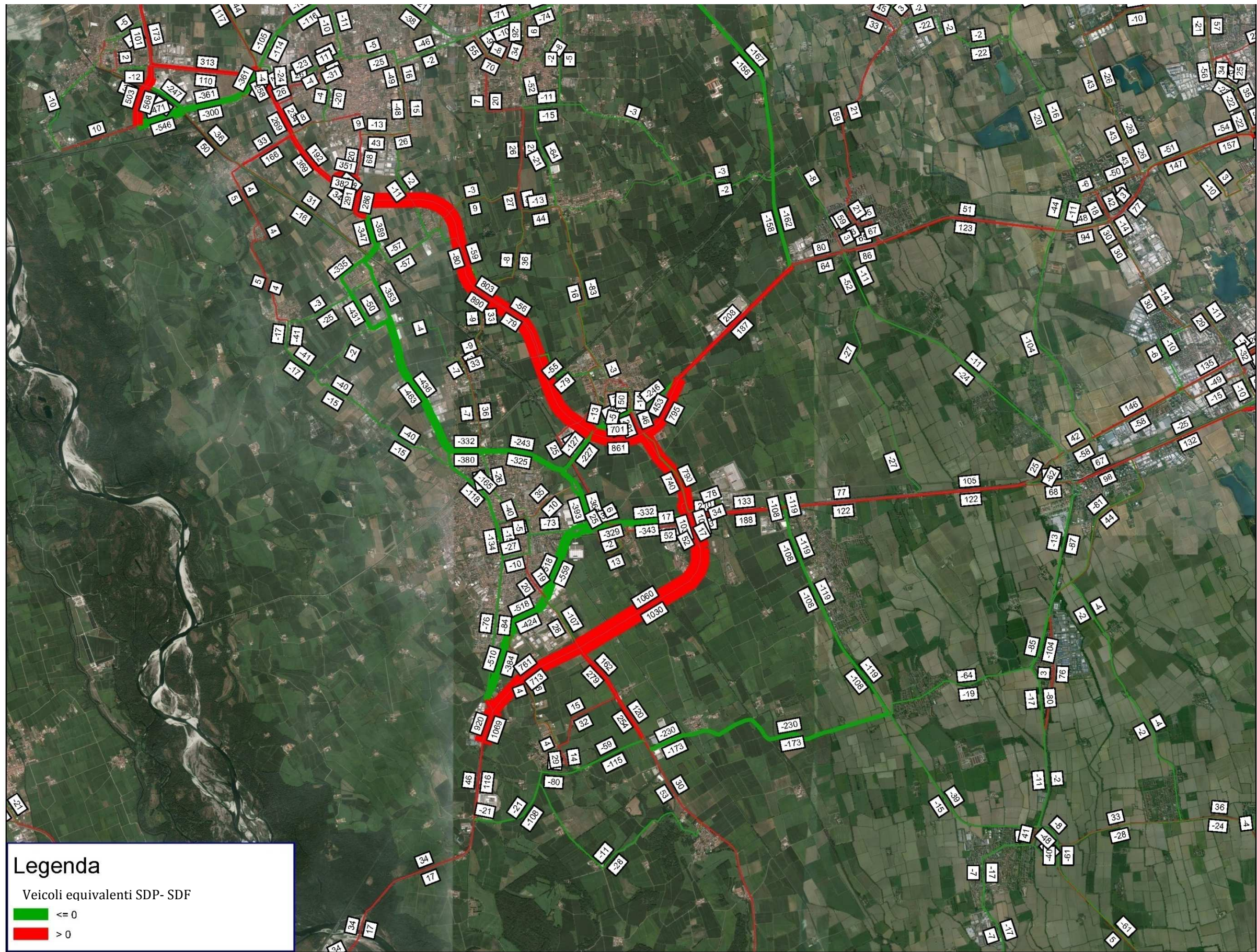


Figura 14 - Flussogramma tra lo scenario SDP e lo scenario SPR nell'ora di punta della mattina di un giorno feriale

## 8. Rapporto Flusso/Capacità

Le analisi precedentemente riportate considerano scenari che descrivono modellisticamente le situazioni di massimo carico corrispondenti all'ora di punta della mattina di un giorno feriale.

In questo capitolo si illustrano i diagrammi con i valori del rapporto Flusso/Capacità, utili a definire i Livelli di Servizio (LdS) secondo quanto indicato dalla normativa della Regione Lombardia DGR n. 8/3219 del 27/09/2006.

Il Livello di Servizio (LdS) di una tratta stradale è una misura della qualità del deflusso veicolare in quella tratta. Esistono sei livelli di servizio: A, B, C, D, E, F. Essi descrivono tutto il campo delle condizioni di circolazione, dalle situazioni operative migliori (LdS A) alle situazioni operative peggiori (LdS F).

In maniera generica, i vari LdS definiscono i seguenti stadi di circolazione:

- LdS A: circolazione libera, cioè ogni veicolo si muove senza alcun vincolo ed in libertà assoluta di manovra entro la corrente: massimo comfort, flusso stabile;
- LdS B: il tipo di circolazione può considerarsi ancora libera ma si verifica una modesta riduzione nella velocità e le manovre cominciano a risentire della presenza degli altri utenti: comfort accettabile, flusso stabile;
- LdS C: la presenza degli altri veicoli determina vincoli sempre maggiori nel mantenere la velocità desiderata e nella libertà di manovra: si riduce il comfort ma il flusso ancora stabile;
- LdS D: si restringe il campo di scelta della velocità e la libertà di manovra; si ha elevata densità ed insorgono problemi di disturbo: il comfort si abbassa ed il flusso può divenire instabile;
- LdS E: il flusso si avvicina al limite della capacità compatibile con l'arteria e si riducono la velocità e la libertà di manovra: il flusso diviene instabile in quanto anche modeste perturbazioni possono causare fenomeni di congestione;
- LdS F: flusso forzato: il volume veicolare smaltibile si abbassa insieme alla velocità; si verificano facilmente condizioni instabili di deflusso fino all'insorgere di forti fenomeni di accodamento.

La stima del Livello di Servizio di un asse stradale in costruzione e della rete su cui esso avrà ricadute di carattere trasportistico è effettuata facendo riferimento a specifici modelli analitici.

Tra i modelli, quelli che riscontrano la maggiore credibilità a livello internazionale sono quelli contenuti nell'Highway Capacity Manual nelle sue versioni 1985 e 2000 (HCM 1985 ed HCM 2000).

Si determinano in corrispondenza di condizioni di deflusso ideali, le portate di servizio indicate nella successiva tabella, per strade a carreggiata unica ed una corsia per senso di marcia.

LdS	HCM 1985		HCM 2000	
	Flusso / Capacità	Flusso (veicoli/ora)	PTSF (%)	Flusso (veicoli/ora)
A	0,18	~575	40	~575
B	0,32	~1042	60	~1042
C	0,52	~1650	77	~1650
D	0,77	~2450	88	~2450
E	> 0,77	-	> 88	-

**Tabella 11 - LdS secondo HCM 1985 ed HCM 2000 (flussi bidirezionali)**

Ai fini della progettazione la normativa regionale cita quanto segue: *"A livello del tutto generale è opportuno, nel costruire nuove strade ovvero adeguare le esistenti, considerare come valore di riferimento per la progettazione il raggiungimento di un LdS C (medio su ogni singola tratta omogenea dell'infrastruttura) in corrispondenza dell'ora di punta "tipica" della strada.*

*In considerazione di specifici vincoli di natura territoriale ed economica, ma soprattutto in ragione dei generali benefici al traffico che un'arteria può comunque creare nell'ambito della rete in cui si va ad inserire, è possibile accettare anche progetti con LdS inferiori (pari a D) purché supportati da uno studio di traffico che evidenzi l'opportunità della realizzazione della strada."*

L'applicazione del modello HCM si differenzia in base alle caratteristiche della tratta in esame. Pertanto, nell'applicazione al caso oggetto di studio, verranno impiegate 2 differenti metodologie, applicabili ai seguenti casi:

- A. tronchi stradali con corsia di accelerazione (a destra o sinistra);
- B. tronchi stradali con corsia di decelerazione (a destra o sinistra).

Per la definizione del LdS dei tronchi stradali composti da due o più corsie e dalla corsia di accelerazione o decelerazione (caso A e caso B), il metodo HCM propone il calcolo della densità intesa come veicoli equivalenti presenti su un chilometro di corsia.

Essa è calcolata secondo la seguente formula per tronchi stradali con corsia di accelerazione (caso A)

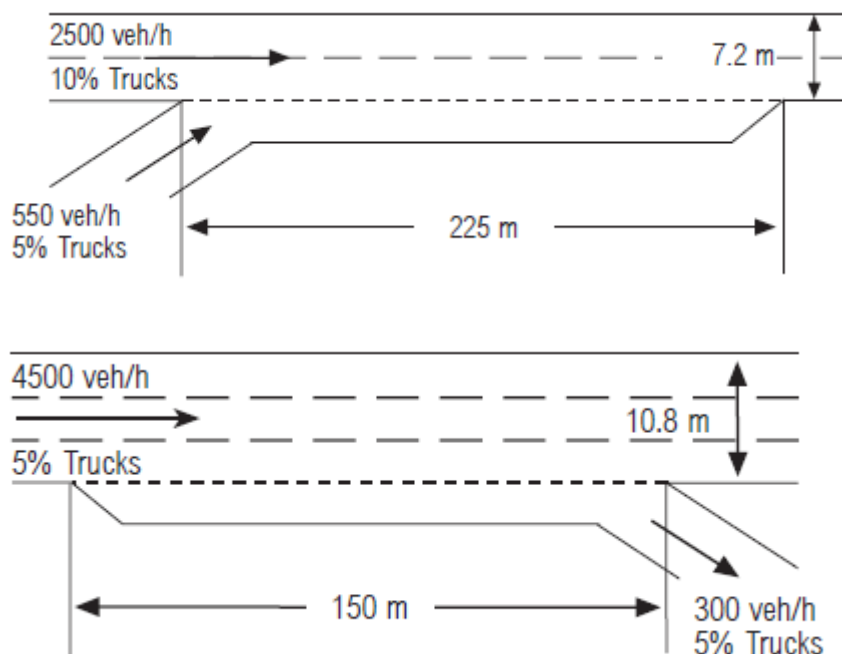
$$D_R = 3.402 + 0.00456v_R + 0.0048v_{12} - 0.01278L_A$$

e secondo la seguente formula per tronchi stradali con corsia di decelerazione (caso B)

$$D_R = 2.642 + 0.0053v_{12} - 0.0183L_D$$

Nel caso in esame, considerando la singola corsia per senso di marcia, si è provveduto ad effettuare un correttivo nelle precedenti formule, raddoppiando il coefficiente relativo al termine V12.

Nella figura successiva è riportato in modo schematico un esempio della tipologia di tratta in analisi, e i relativi parametri utilizzati per il calcolo del LdS.



**Figura 15 - Esempio di tronco stradale con corsia di accelerazione (caso A) e decelerazione (caso B)**

Relativamente alla figura precedente i parametri sotto riportati hanno i seguenti significati:



- VR è il flusso di veicoli equivalenti proveniente dalla corsia di accelerazione;
- V12 è il flusso di veicoli equivalenti provenienti dalle due corsie prossime alla corsia di accelerazione;
- LA e LD sono la lunghezza del tronco stradale.

Il Livello di Servizio può essere allora determinato confrontando il ritardo di ingresso D con la classificazione proposta dall’HCM, come riportato nella tabella seguente.

EXHIBIT 25-4. LOS CRITERIA FOR MERGE AND DIVERGE AREAS

LOS	Density (pc/km/ln)
A	$\leq 6$
B	$> 6-12$
C	$> 12-17$
D	$> 17-22$
E	$> 22$
F	Demand exceeds capacity

**Tabella 12 - Criteri per il calcolo LdS in casi di tronco stradale di due o più corsie e dalla corsia di accelerazione o decelerazione (casi A e B)**



Figura 16 - Flussogramma Flusso/Capacità scenario SDF nell'ora di punta della mattina di un giorno feriale

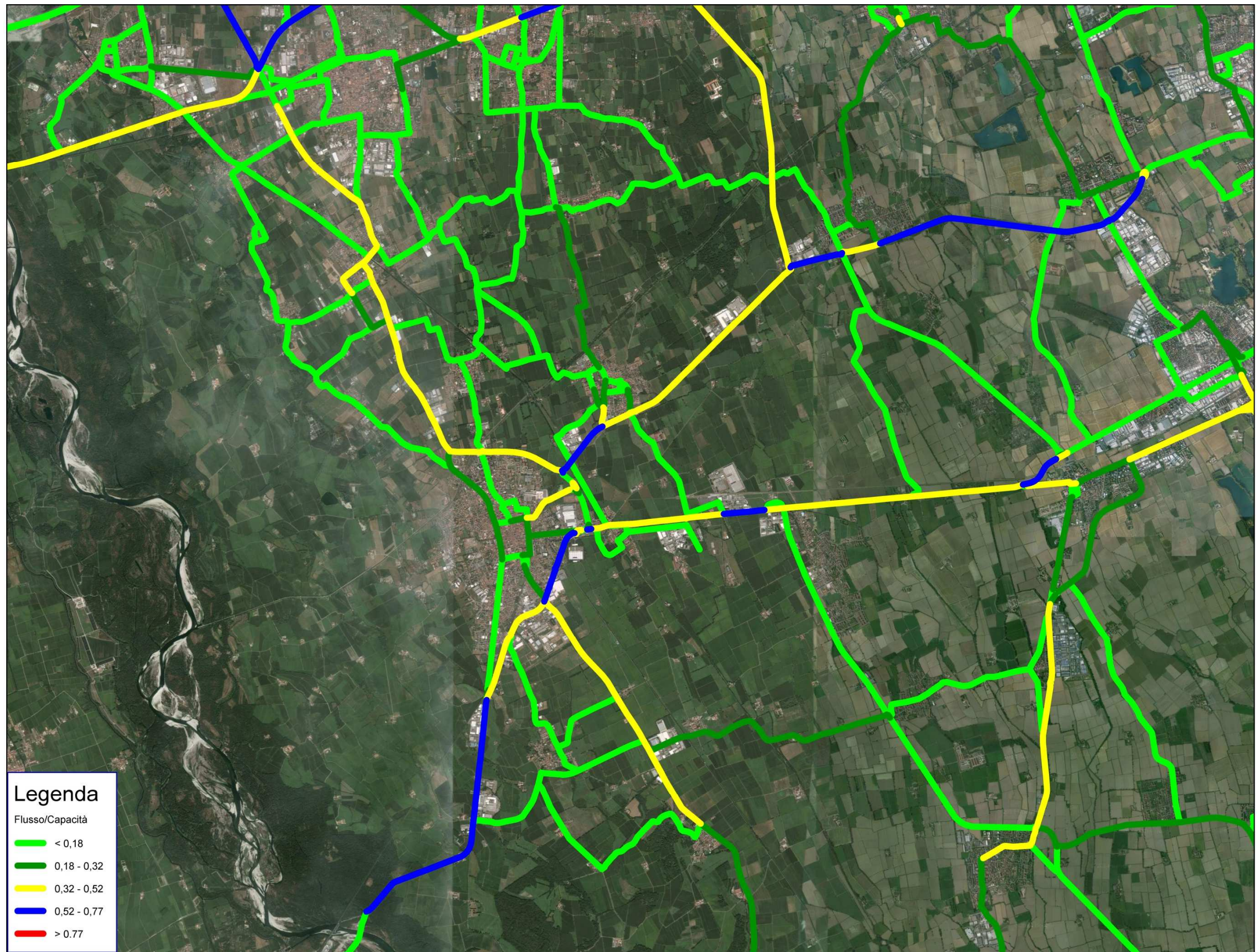


Figura 17 - Flussogramma Flusso/Capacità scenario SPR nell'ora di punta della mattina di un giorno feriale

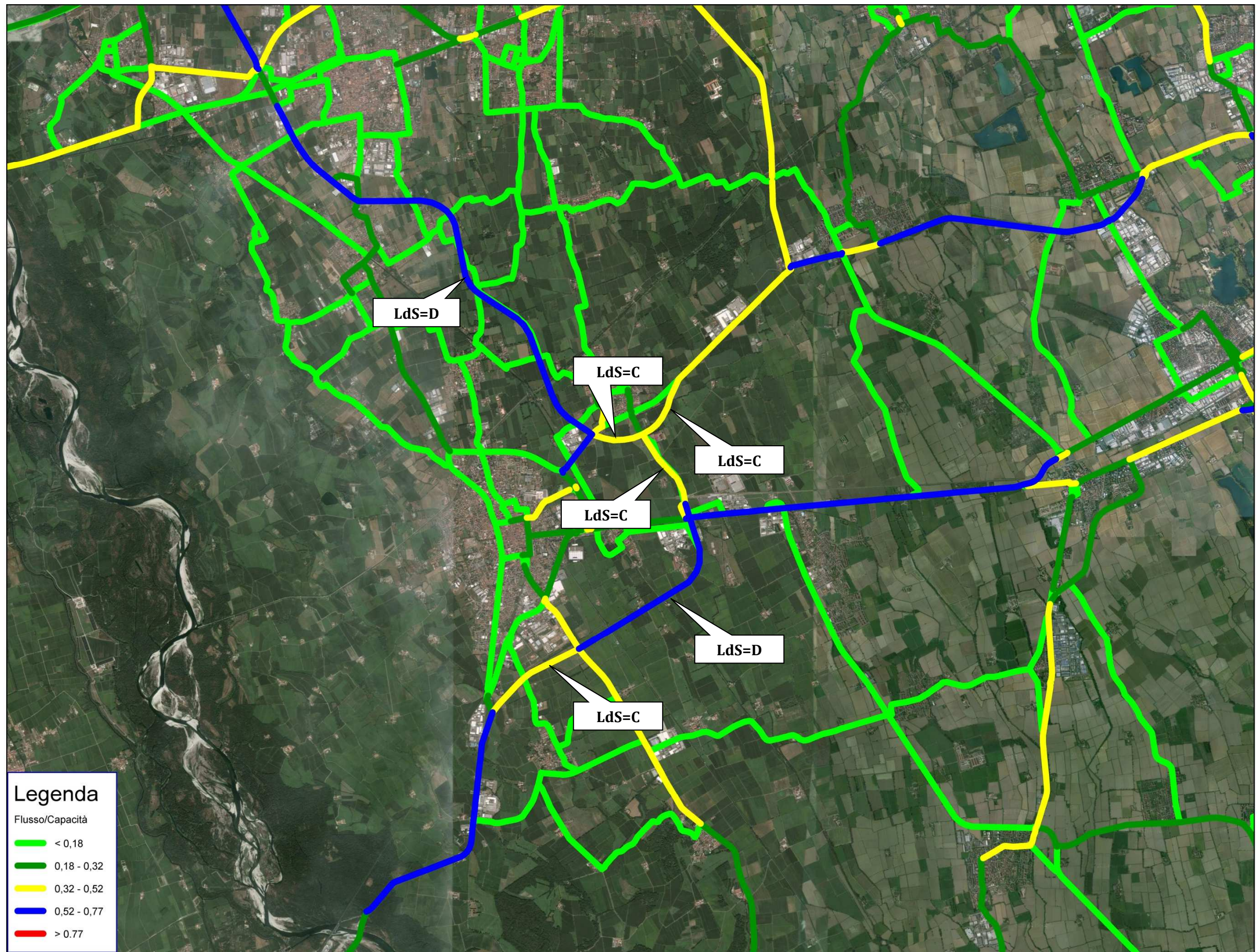


Figura 18 - Flussogramma Flusso/Capacità scenario SDP nell'ora di punta della mattina di un giorno feriale

## 8.1. I LdS delle tratte della MILANO - MAGENTA

### 8.1.1. TRATTA A: ALBAIRATE-MAGENTA

#### 8.1.1.1. CALCOLO LIVELLI DI SERVIZIO ASSE PRINCIPALE

In questo capitolo si illustrano i flussogrammi Flusso/Capacità dell'asse principale per la tratta Albairate – Magenta, utili a definire i Livelli di Servizio (LdS) secondo quanto indicato dalla normativa della Regione Lombardia DGR n. 8/3219 del 27/09/2006.

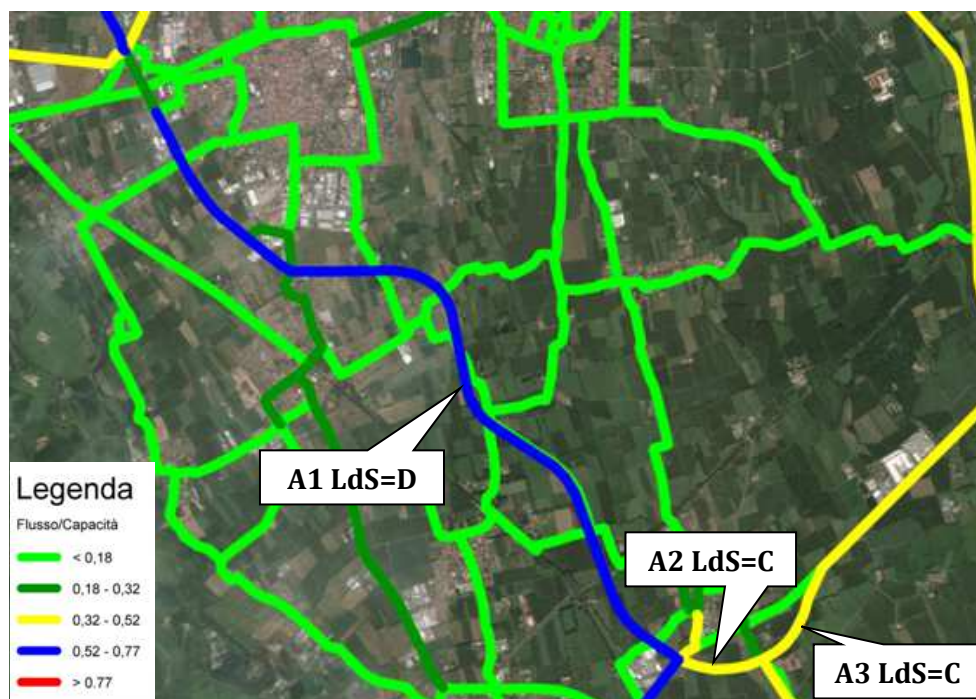


Figura 19 - Flussogramma Flusso/Capacità Tratta A

Tratta A: ALBAIRATE-MAGENTA			
n° tratta	da	a	LDS
A1	SVINCOLO n.3 (Magenta Sud - Robecco S/N)	SVINCOLO n.4 (Albairate - S.P.n.114)	D
A2	SVINCOLO n.4 (Albairate - S.P.n.114)	SVINCOLO n.5 (Albairate Sud)	C
A3	SVINCOLO n.5 (Albairate Sud)	LIMITE INTERVENTO	C

Tabella 13 - Valori LdS Tratta A

### 8.1.1.2. CALCOLO LIVELLI DI SERVIZIO ZONE DI SCAMBIO

In questo capitolo si illustrano i Livelli di Servizio (LdS) dei tronchi di scambio nella tratta A, Albairate – Magenta, dallo svincolo n°3 Magenta Sud – Robecco S/N allo svincolo n°4 Albairate – SP n.114, nonché i tronchi di scambio dallo svincolo n°4 Albairate – SP n.114 allo svincolo n°5 Albairate sud. Essi si suddividono in due tipologie: ingresso (on dx/on sx) ed uscita (off dx/off sx).

Tratta A: ALBAIRATE-MAGENTA		LdS
ID	tipo	
A1	on dx	B
A2	off dx	A
A3	on sx	B
A4	off sx	B
A5	on dx	B
A6	off dx	A
A7	on sx	A
A8	off sx	B

Tabella 14 - LdS della tratta A, Albairate – Magenta

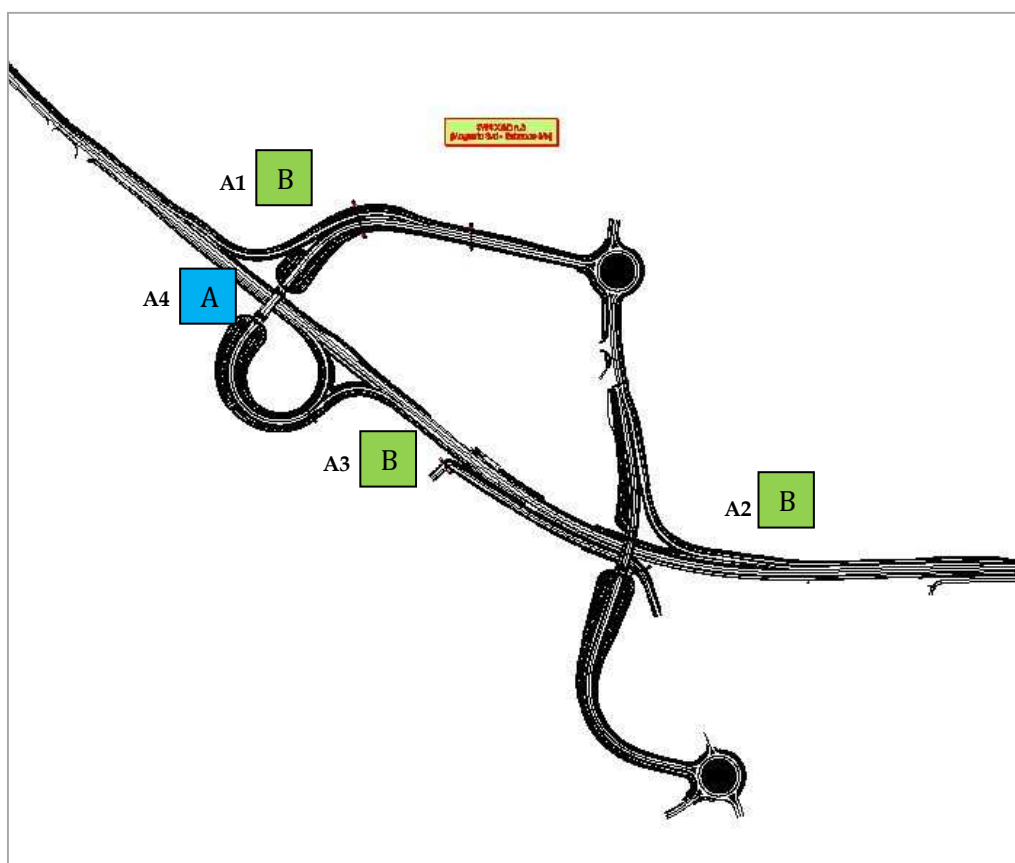


Figura 20 - Svincolo n.3 Magenta Sud - Robecco S/N

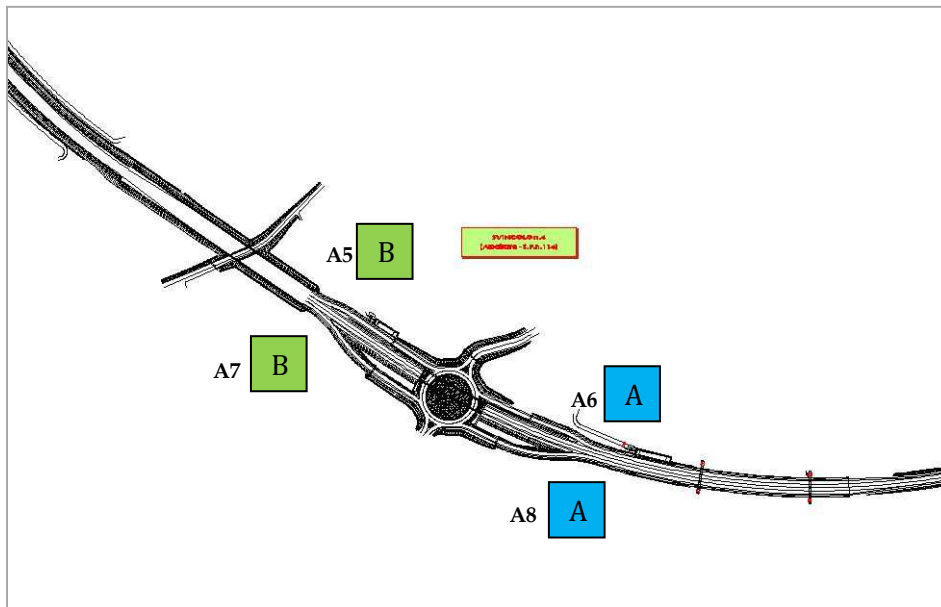


Figura 21 - Svincolo n.4 Albairate - SP n.114

## 8.1.2. TRATTA C: ALBAIRATE-OZZERO

### 8.1.2.1. CALCOLO LIVELLI DI SERVIZIO ASSE PRINCIPALE

In questo capitolo si illustrano i flussogrammi Flusso/Capacità dell'asse principale per la tratta Albairate – Ozzero, utili a definire i Livelli di Servizio (LdS) secondo quanto indicato dalla normativa della Regione Lombardia DGR n. 8/3219 del 27/09/2006.

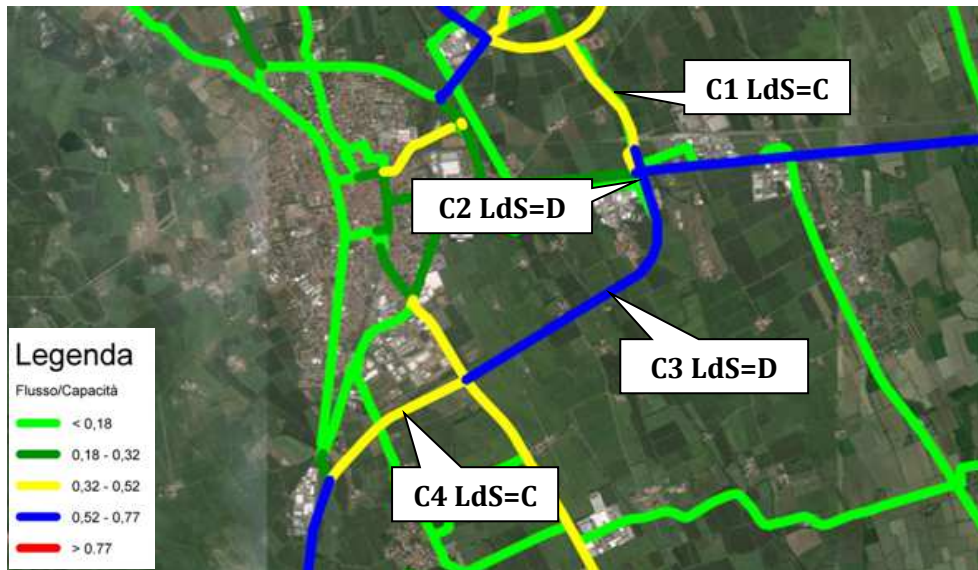


Figura 22 - Flussogramma Flusso/Capacità Tratta C

Tratta C: ALBAIRATE-OZZERO			
n° tratta	da	a	LDS
C1	SVINCOLO n.5 (Albairate Sud)	SVINCOLO n.10 (Stazione F.S. C.na Bruciata - S.S.n.494)	C
C2	SVINCOLO n.10 (Stazione F.S. C.na Bruciata - S.S.n.494)	SVINCOLO n.11 (Mendosio)	D
C3	SVINCOLO n.11 (Mendosio)	SVINCOLO n.12 (S.S.n.526)	D
C4	SVINCOLO n.12 (S.S.n.526)	SVINCOLO n.13 (Abbiategrasso Sud - S.P.n.494)	C

Tabella 15 - Valori LdS Tratta C



### 8.1.3. TRATTA PONTE NUOVO

#### 8.1.3.1. CALCOLO LIVELLI DI SERVIZIO ASSE PRINCIPALE

In questo capitolo si illustrano i flussogrammi Flusso/Capacità dell'asse principale per la tratta in località Ponte Nuovo, utili a definire i Livelli di Servizio (LdS) secondo quanto indicato dalla normativa della Regione Lombardia DGR n. 8/3219 del 27/09/2006.

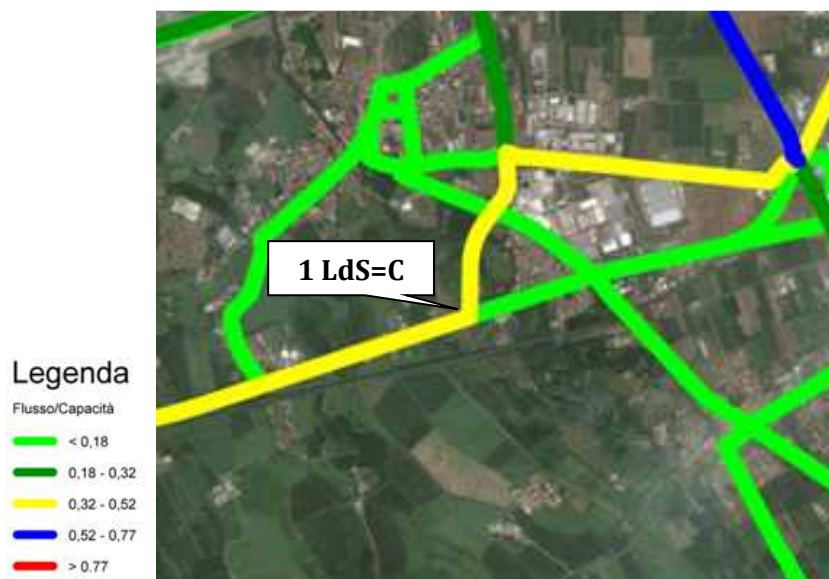


Figura 23 - Flussogramma Flusso/Capacità Tratta Ponte Nuovo

Tratta PONTENUOVO			
n° tratta	da	a	LDS
1	ROTATORIA PONTENUOVO	LIMITE INTERVENTO	C

Tabella 16 - Valori LdS Tratta Ponte Nuovo

### 8.1.3.2. CALCOLO LIVELLI DI SERVIZIO ZONE DI SCAMBIO

In questo capitolo si illustrano i Livelli di Servizio (LdS) dei tronchi di scambio nella tratta C, Albairate – Ozzero, dallo svincolo n°10 Stazione FS C.na Bruciata – SS n.494 allo svincolo n°11 Mendosio. Essi si suddividono in due tipologie: ingresso (on dx/on sx) ed uscita (off dx/off sx).

Tratta C: ALBAIRATE-OZZERO		LdS
ID	tipo	
C1	on dx	B
C2	off dx	B
C3	on sx	B
C4	off sx	A
C5	on dx	B
C6	off dx	B
C7	on sx	B
C8	off sx	B

Tabella 17 - LdS della tratta C, Albairate – Ozzero

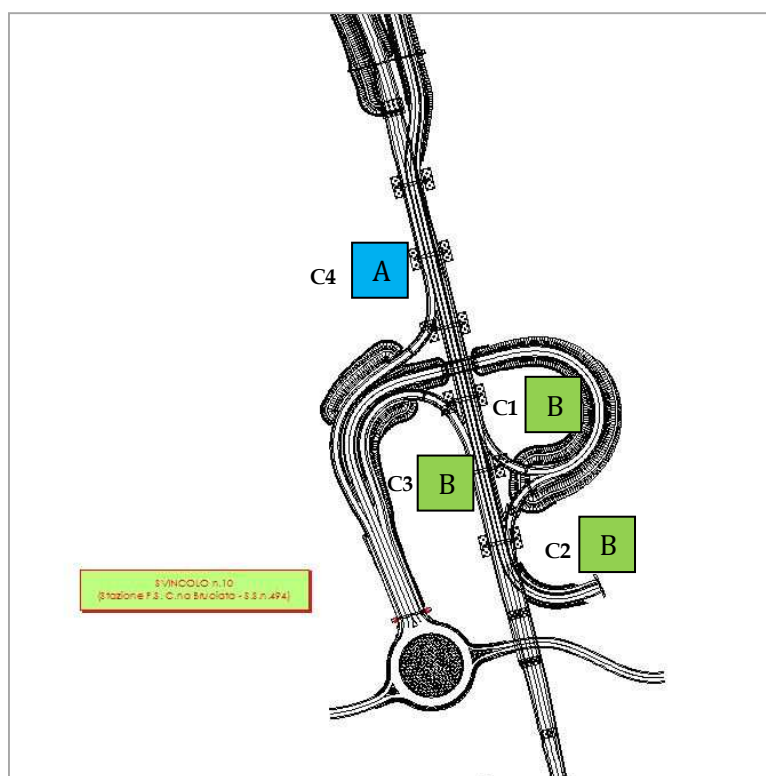


Figura 24 - Svincolo n.10 Stazione FS Cascina Bruciata - SS n. 494

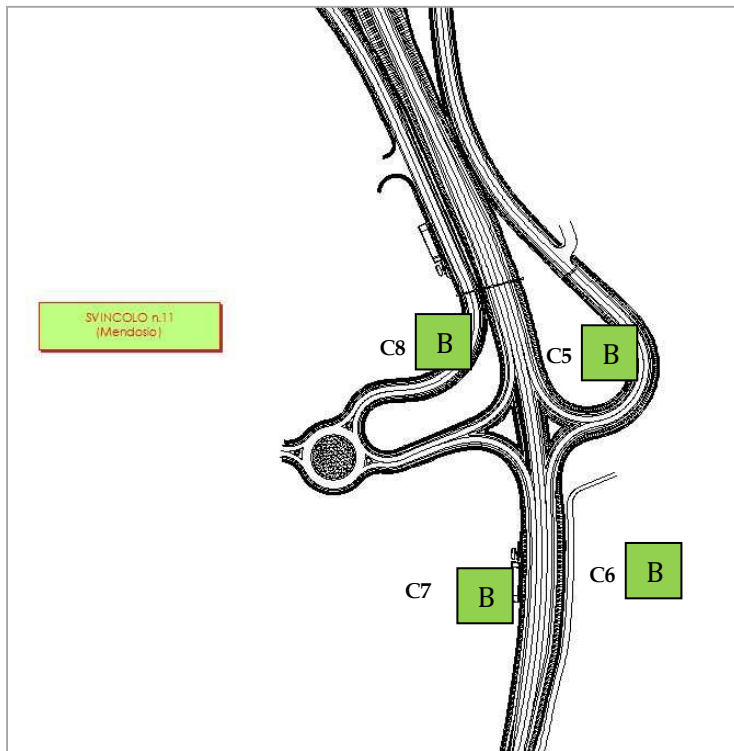


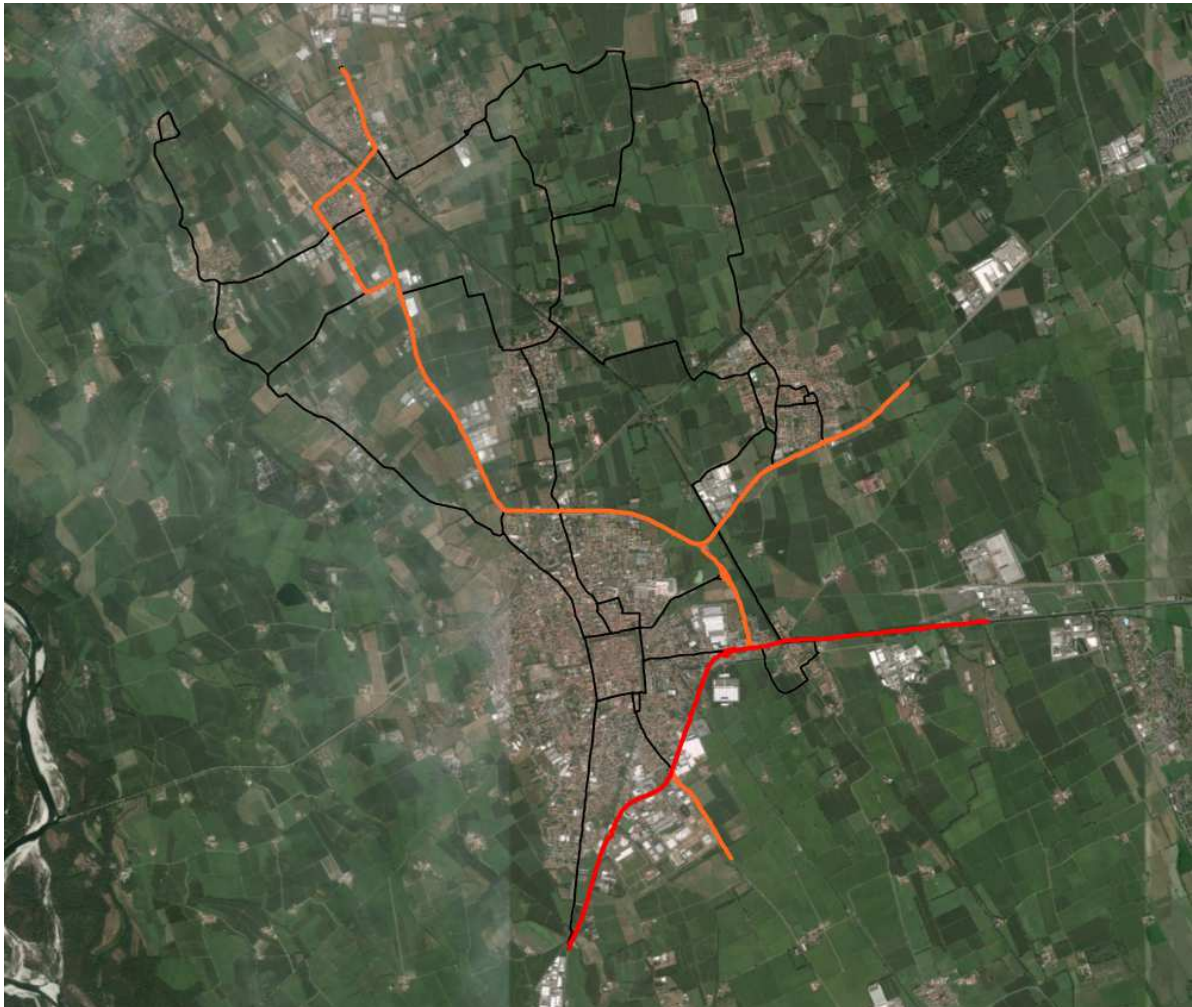
Figura 25 - Svincolo n.11 Mendosio

## 9. Le Performances di servizio

Le *performances* di servizio della rete stradale, che ricade all'interno dell'opera progettuale MAGENTA-MILANO, sono state analizzate mettendo a confronto la domanda di traffico attesa sulla rete viaria analizzata, rispetto agli scenari considerati, per la fascia dell'ora di punta della mattina di un giorno feriale.

Vengono quindi valutati opportuni indicatori per verificare gli effetti connessi alla variazione della distribuzione del traffico sulla rete di riferimento dovuti alla realizzazione della MAGENTA-MILANO.

Il calcolo delle *performances* di servizio, si è focalizzato in quella porzione di rete i cui effetti dovuti alla realizzazione dell'opera si risentono maggiormente, ovvero si sono considerate le zone comprese tra Abbiategrasso, Albairate e Robecco Sul Naviglio, includendo quindi gli effetti indotti dell'opera in progetto ma escludendola dall'analisi. Di seguito viene mostrata la rete analizzata.



**Figura 26 - Rete oggetto di analisi per le Performance di servizio**

L'analisi effettuata ha pertanto quale obiettivo la verifica e quantificazione dei miglioramenti nelle condizioni di fruibilità complessive della rete determinati dalla presenza dell'infrastruttura di progetto. A livello metodologico, è possibile procedere con un'analisi di tipo comparativo tra i diversi scenari. Tale raffronto è basato sui valori di tre macroindicatori di sintesi trasportistica. Gli identificatori analizzati sono i seguenti:

- le **percordanze** complessive espresse in veicoli-chilometro, calcolate come somma complessiva dei chilometri percorsi dai veicoli in movimento sulla rete dell'area di studio;
- la **velocità media**, espressa in km/h, di percorrenza sulla rete dell'area di studio, determinata dalla media delle velocità calcolate su ciascun arco della rete nelle condizioni di traffico simulate;

- il **tempo totale** speso in mobilità, espresso in ore, cioè il tempo complessivamente impiegato dai veicoli per compiere i percorsi ricadenti nella rete dell'area di studio.

Qui di seguito sono riportate le tabelle relative a tali macroindicatori per tutti gli scenari analizzati, relativamente **all'ora di punta della mattina del giorno feriale**.

Scenario	Percorrenza	Velocità media	Tempo Totale
	(veicoli-km x1.000)	(km/h)	(ore)
SDF	35,8	45	801
SPR	35,5	45	789
SDP	23,6	44	534

**Tabella 18 - Macroindicatori trasportistici per gli scenari analizzati**

Innanzitutto, come è possibile notare gli scenari Programmatico (SPR) e stato di Fatto (SDF) non presentano diversità rilevanti, come già ribadito in precedenza infatti l'area non è interessata da opere programmatiche di rilevanza.

Quindi, rispetto agli scenari Programmatico (SPR) e stato di Fatto (SDF), in quello progettuale (SDP) si assiste ad un significativo decremento delle **percordanze complessive**, pari a circa il 33%. Tale decremento, è attribuibile principalmente alla deviazione dei flussi di traffico dalla porzione di rete analizzata all'infrastruttura in progetto MAGENTA-MILANO.

Non significative, invece sono le differenze e le variazioni sulle **velocità medie**.

Interessante anche l'analisi del **tempo totale** speso sulla rete da tutti i veicoli circolanti. In coerenza con una riduzione delle percorrenze, si assiste ad una riduzione dei tempi di viaggio nello scenario progettuale analizzato, sempre rispetto agli scenari Programmatico (SPR) e stato di Fatto (SDF), con decrementi pari ad oltre il 32%.

## 10. Verifica funzionale delle rotatorie

### 10.1. Obiettivi della verifica funzionale

La verifica della capacità della rete di smaltire il traffico previsto nello scenario SDP si concentra sulla verifica funzionale delle tre rotatorie della TRATTA A della MILANO-MAGENTA, poste rispettivamente in località Ponte Nuovo, Albairate (sv.5) e Magenta, nonché di altre due sulla TRATTA C poste rispettivamente in località Abbiategrasso (sv.12) e Mirabella. In particolare, tali obiettivi sono:

- verificare che le intersezioni considerate siano in grado di smaltire i flussi di traffico previsti nelle condizioni di massimo carico (scenario SDP dell'ora di punta della mattina feriale);
- per tali intersezioni, calcolare la capacità residua al fine di valutare se siano in grado di smaltire l'eventuale ulteriore incremento di traffico;
- determinare alcuni indicatori di performances delle intersezioni, quali i tempi medi di attesa e la lunghezza delle code, al fine di valutare l'efficienza e l'efficacia dell'infrastruttura viaria.

A titolo cautelativo, si è scelto di svolgere un'ulteriore verifica della rotatoria in località Albairate mediante micro simulazione, nello scenario progettuale in un giorno feriale.

### 10.2. Intersezioni analizzate

Le intersezioni analizzate sono le cinque rotatorie evidenziate nelle seguenti figure.



Figura 27 - Localizzazione di tre intersezioni analizzate



Figura 28 - Localizzazione di due intersezioni analizzate





Figura 29 – Rotatoria in località Ponte Nuovo

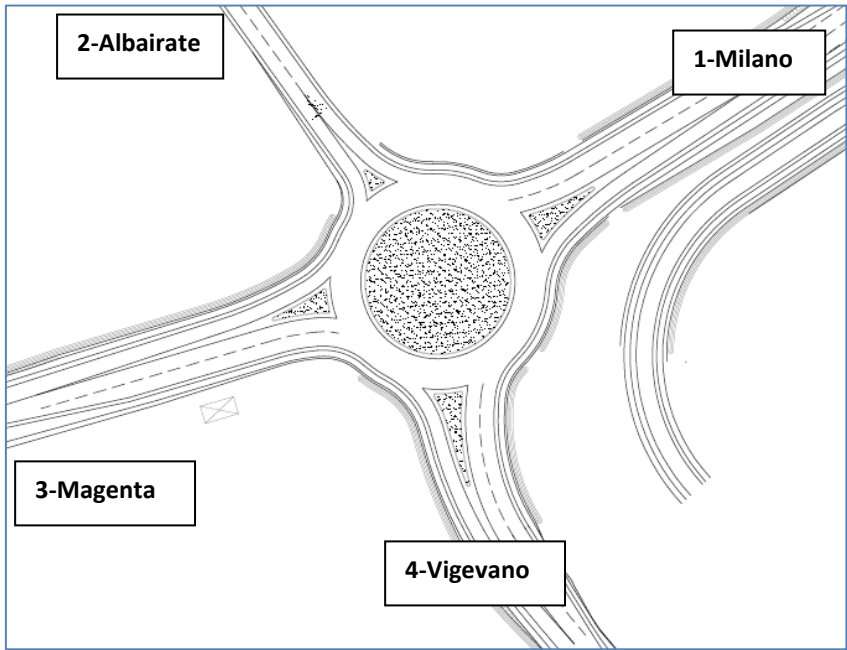


Figura 30 – Svincolo 5, Rotatoria in località Albairate sud



Figura 31 – Rotatoria in località Magenta

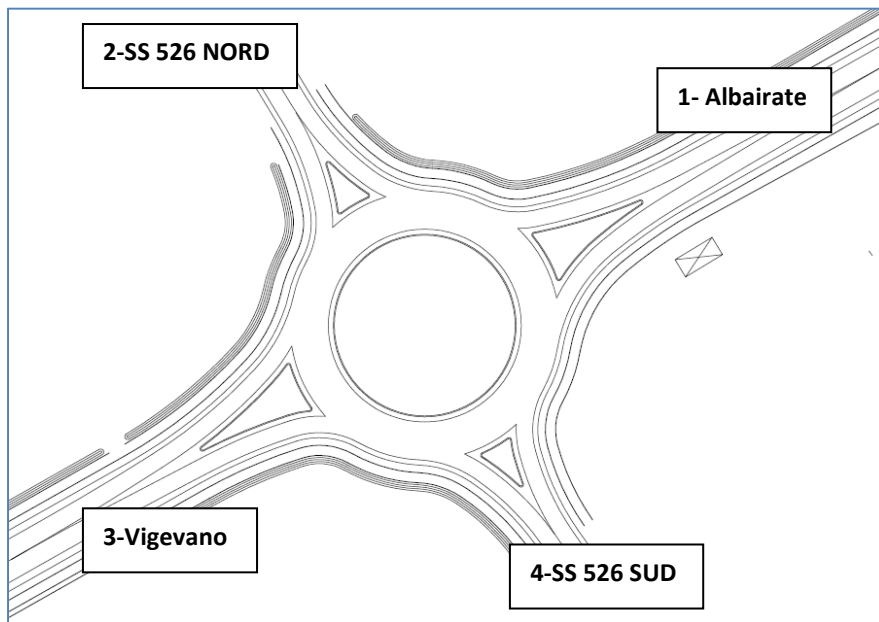


Figura 32 - Rotatoria Svincolo n.12 SS526

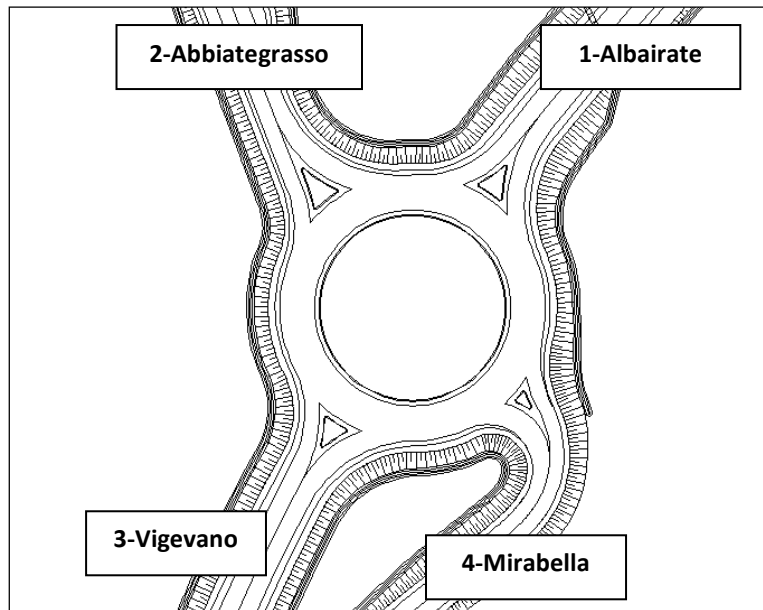


Figura 33 - Rotatoria Svincolo n.13, Abbiategrasso sud-SP494

### 10.3. Metodologia di analisi: il GIRABASE

Come anticipato nel Paragrafo 9, la verifica funzionale delle intersezioni previste, può essere concentrata sulle 3 rotatorie precedentemente illustrate. Fatta questa premessa, si è deciso di svolgere l'analisi con il software trasportistico **GIRABASE** studiato in Francia dalla fine degli anni Settanta in specifico per l'analisi delle rotatorie, e successivamente sviluppato come software certificato da parte del Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (**CERTU**) e del Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (**SETRA**), due importanti enti che si occupano di pianificazione e progettazione delle infrastrutture di trasporto.

GIRABASE consente di testare progetti di rotatorie in termini di capacità e di adattarne le caratteristiche geometriche sulla base delle previsioni di traffico. Le rotatorie considerate prevedono che il flusso sull'anello abbia precedenza sui flussi in ingresso in rotatoria. L'obiettivo prioritario di GIRABASE è quello di verificare e diagnosticare, per ciascuna rotatoria, la capacità di smaltire il traffico previsto e l'eventuale presenza di capacità residua.

GIRABASE considera una rotatoria come una serie di incroci a T (la disposizione dei rami influenza i calcoli); per ogni ramo, il traffico massimo in entrata (Capacità) dipende dal traffico generato a destra dell'ingresso,

secondo una curva esponenziale decrescente di tipo Sieglloch. Il traffico generato a destra del ramo è a sua volta funzione del traffico che circola sull'anello a destra del ramo e del traffico uscente nel ramo stesso.

La formula che ne deriva è la seguente:

$$C = \frac{e^{-qg\left(tg - \frac{tf}{2}\right)}}{tf}$$

**C** = capacità, espresso in veicoli al secondo

**tg** = intervallo critico, espresso in secondi

**tf** = intervallo complementare, espresso in secondi

Questo modello di calcolo dei veicoli che entrano in rotatoria, si basa sulle seguenti assunzioni:

- nessun veicolo di una corrente secondaria si inserisce in una corrente principale in un tempo inferiore all'intervallo critico **tg**;
- ogni veicolo di una corrente secondaria si inserisce in una corrente principale in un tempo compreso tra **tg** e **tg+tf**;
- N veicoli di una corrente secondaria si inseriscono in una corrente principale in un tempo compreso tra **tg+tf(N-1)** e **tg+tfN**.

A partire dalle caratteristiche geometriche della rotatoria e dalla matrice completa della rotatoria (veicoli per ciascuna coppia di rami), GIRABASE calcola per ciascun ramo in ingresso:

- la riserva di capacità in percentuale e in veicoli/ora;
- i tempi medi e totali di attesa;
- la lunghezza media e massima della coda di veicoli.

Per utilizzare GIRABASE servono una serie di informazioni per ciascuna rotatoria in esame. In particolare vengono forniti i seguenti dati, classificati come qui di seguito riportato.

**Dati preliminari** = vengono forniti una descrizione della rotatoria e dei diversi rami in ingresso e uscita, nonché un ambito di localizzazione, tra i seguenti valori:

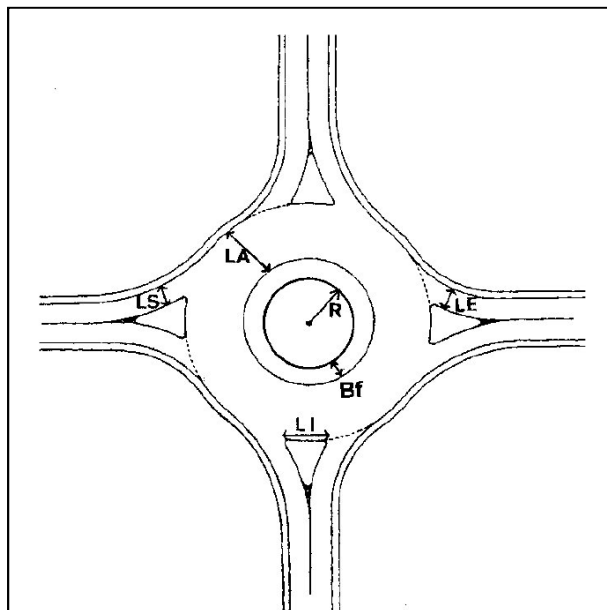
- extraurbano;
- periurbano;
- urbano.

Tale ambito influenza i valori degli intervalli critici **tg** e **tf**.

**Dati geometrici** = per ciascun ramo della rotatoria occorre fornire:

- numero di direttrici;
- angoli di confluenza;
- raggio interno (R);
- larghezza della banda interna sormontabile (Bf);
- larghezza dell'anello centrale (LA);
- larghezza delle corsie di entrata (LE) e uscita (LS);
- dimensione delle isole spartitraffico (LI);
- pendenza in casi superiori al 3%;
- presenza di svolta a destra continua.

In Figura 34 sono riportate alcune delle grandezze geometriche richieste.



**Figura 34 - I dati geometrici di una rotatoria**

**Dati di traffico** = viene fornita la matrice del nodo, indicando il numero di veicoli entranti da ciascun ramo, disaggregati in funzione del ramo di uscita. Per gestire le diverse categorie di veicoli, GIRABASE suggerisce questi coefficienti di equivalenza:

- autovetture, pari a 1;
- veicoli commerciali leggeri, pari a 1,5;
- veicoli commerciali pesanti, pari a 2;
- due ruote (ciclomotori e moto) pari a 0,5.

In funzione dei suddetti dati, GIRABASE calcola la capacità di un ramo in ingresso, considerando il disturbo provocato da coloro che escono nello stesso ramo (in quanto il conducente non sempre arriva a determinare se i veicoli sull'anello intendono lasciare la rotatoria), dagli attraversamenti pedonali e soprattutto dai veicoli che circolano nell'anello davanti al loro ingresso, cui devono dare la precedenza. Oltre alla riserva di capacità, vengono calcolati i tempi di attesa e le lunghezze delle code.

GIRABASE suggerisce anche come interpretare i dati forniti dal modello. Innanzitutto, valutando la riserva di capacità di ciascun ramo, espressa in percentuale, si considera che:

- se la riserva di capacità è superiore all'80% per tutti i rami in ingresso, la rotatoria non è giustificata;
- se tutti i rami hanno una riserva di capacità superiore al 50%, la dimensione dell'anello della rotatoria può essere ridotto;
- se la riserva di capacità per un ramo è superiore al 50%, è possibile ipotizzare un sovradimensionamento dello stesso;
- se la riserva di capacità per un ramo è compresa tra il 5% ed il 25%, è prevedibile la formazione di code, più o meno lunghe. In questo caso è importante verificare se tali code possano propagarsi ad intersezioni vicine (inferiori ai 100 m), rendendo critica anche l'uscita da tali intersezioni;
- se la riserva di capacità per un ramo è inferiore al 5% o addirittura negativa, è presumibile la formazione di code importanti, di saturazione e di progressivo blocco della rotatoria, e di conseguenza è richiesta una riprogettazione della rotatoria.

Tra gli interventi suggeriti vi sono:

- allargamento del ramo di ingresso, ad esempio mediante la realizzazione di doppi attestamenti;
- allargamento dell'isola spartitraffico, che quanto meno riduce la perturbazione dei veicoli che escono nello stesso ramo in analisi;

- allargamento della larghezza dell'anello, che consente un più facile inserimento in rotatoria.

Per quanto riguarda i tempi di attesa, questi indicano se la durata della fermata degli automobilisti rimane accettabile, e, come somma, forniscono il tempo speso dalla collettività a causa della rotatoria, consentendone anche una valutazione economica.

Infine, per quanto riguarda la lunghezza delle code, l'informazione è importante soprattutto al fine di verificare l'eventuale influenza che una coda su una rotatoria può avere su ulteriori intersezioni a monte della stessa. In questo caso, l'ambito di localizzazione può consentire di migliorare l'interpretazione dei risultati, secondo quanto di seguito riportato:

- in ambito urbano è più tollerabile al formazione di code, soprattutto nelle ore di picco, e non sempre è possibile aumentare la capacità della rotatoria;
- in ambito perturbano, la formazione di code con una certa regolarità risulta meno accettabile che in ambito urbano;
- in ambito extraurbano, la formazione di code, anche se occasionale, può costituire un pericolo per i veicoli in avvicinamento ed è quindi ancora meno accettabile.

## 10.4. I risultati delle verifiche funzionali

In questo capitolo vengono riportati i risultati delle rotatorie precedentemente descritte. In particolare vengono illustrati i dati geometrici necessari per la verifica funzionale ed i risultati di tale verifica riferiti a ciascun ramo in termini di:

- riserva di capacità in veicoli/ora (Réserve de Capacité en uvp/h);
- riserva di capacità percentuale (capacità - veicoli entranti)/capacità (Réserve de Capacité en %);
- lunghezza media di stoccaggio veicoli (Longueur de Stockage moyenne);
- lunghezza massima di stoccaggio veicoli, imputati nel modello (Longueur de Stockage maximale);
- tempi medi di attesa (Temps d'Attente moyen);
- tempi totali di attesa (Temps d'Attente total).

### 10.4.1 LA ROTATORIA DI PONTE NUOVO

Nom du Carrefour : Rotatoria loc. Pontenuovo Localisation : Loc. Pontenuovo, Magenta (MI) Environnement : Rase Campagne Variante : SDP FERIALE MATTINA Date : 24/09/2014							
<b>Anneau</b> Rayon de l'îlot franchissable : 19,00 m Largeur de la base franchissable : 10,50 m Rayon extérieur du giratoire : 29,50 m							
<b>Branches</b>							
Nom	Angle (degrés)	Rampe > 3%	Tourne à droite	Largeurs (en m)			Sortie
				Entrée à 4 m	à 15 m	Ilôt	
Magenta	0			5,90		9,90	5,90
Boffalora	68			6,20		9,90	6,20
Novara	178			5,90		9,90	5,90

O/D	1	2	3	TOTALE
1	0	0	158	158
2	22	0	455	477
3	224	528	0	753
TOTALE	246	528	613	<b>1388</b>

**Tabella 19 - Matrice dei veicoli equivalenti relativa alla rotatoria di Ponte Nuovo nello scenario SDP nell'ora di punta del mattino di un giorno feriale**

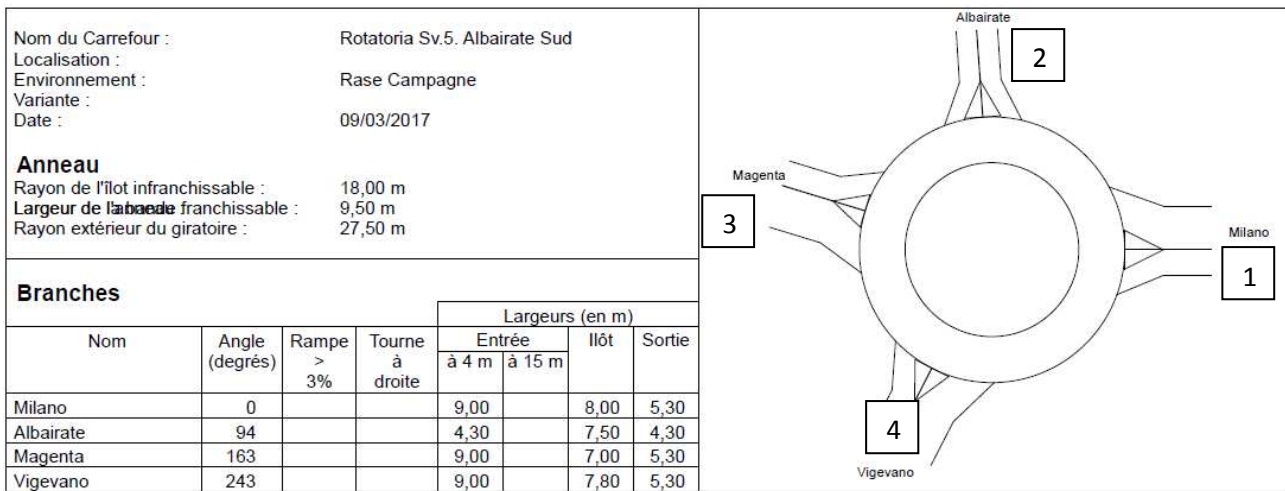
	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
Magenta	1222	89%	0vh	2vh	1s	0,0h
Boffalora	1613	77%	0vh	2vh	0s	0,0h
Novara	1513	67%	0vh	2vh	0s	0,0h

**Tabella 20 - Risultati relativi alla rotatoria di Ponte Nuovo**

Tale rotatoria presenta delle ottime riserve di capacità su tutti i rami di accesso, evitando così accodamenti che si potrebbero ripercuotere sulla viabilità in progetto.



### 10.4.2 SVINCOLO N.5 LA ROTATORIA DI ALBAIRATE SUD



O/D	1	2	3	4	TOTALE
1	0	23	187	234	445
2	176	0	7	191	373
3	529	4	0	293	826
4	180	174	481	0	835
<b>TOTALE</b>	<b>885</b>	<b>201</b>	<b>675</b>	<b>718</b>	<b>2479</b>

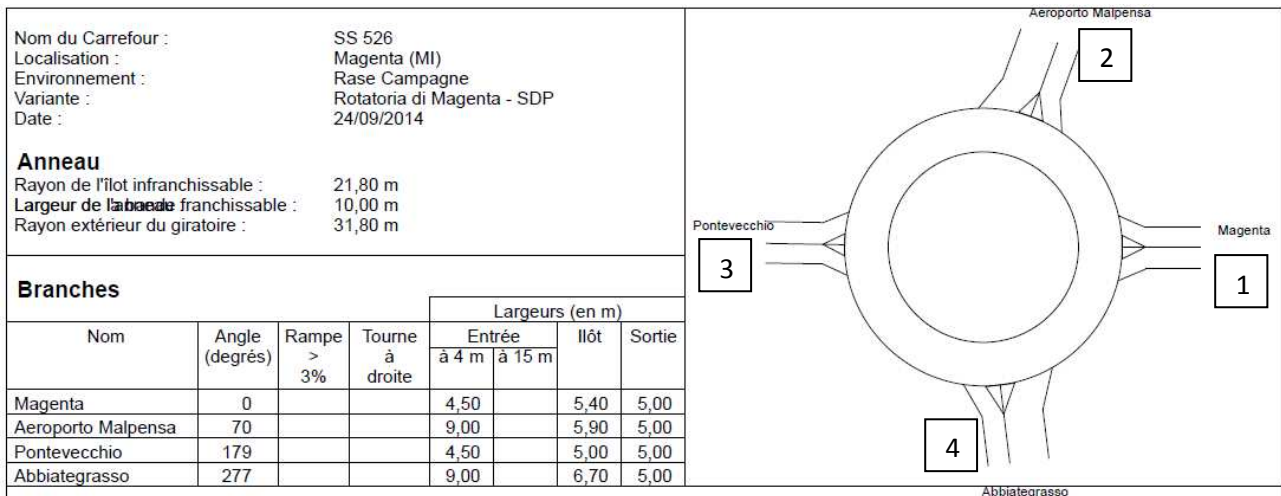
**Tabella 21 - Matrice dei veicoli equivalenti relativa alla rotatoria di Albairate sud Svincolo n.5 nello scenario SDP nell'ora di punta del mattino di un giorno feriale**

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
Milano	1054	70%	0vh	2vh	1s	0,1h
Albairate	412	52%	1vh	4vh	5s	0,5h
Magenta	669	45%	0vh	3vh	1s	0,3h
Vigevano	636	43%	0vh	3vh	2s	0,4h

**Tabella 22 - Risultati relativi alla rotatoria di Albairate sud Svincolo n.5**

Tale rotatoria presenta delle ottime riserve di capacità su tutti i rami di accesso, evitando così accodamenti che si potrebbero ripercuotere sulla viabilità in progetto.

### 10.4.3 LA ROTATORIA DI MAGENTA



O/D	1	2	3	4	TOTALE
1	0	123	0	30	154
2	144	0	37	768	949
3	2	95	0	90	188
4	14	753	17	0	785
<b>TOTALE</b>	<b>161</b>	<b>971</b>	<b>54</b>	<b>889</b>	<b>2076</b>

**Tabella 23 - Matrice dei veicoli equivalenti relativa alla rotatoria di Magenta nello scenario SDP nell'ora di punta del mattino di un giorno ferial**

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
Magenta	663	81%	0vh	2vh	3s	0,1h
Aeroporto Malpensa	1794	65%	0vh	2vh	0s	0,0h
Pontevecchio	735	80%	0vh	2vh	2s	0,1h
Abbiategrasso	1434	65%	0vh	2vh	0s	0,0h

**Tabella 24 - Risultati relativi alla rotatoria di Magenta con doppio attestamento**

Tale rotatoria presenta delle ottime riserve di capacità su tutti i rami di accesso, evitando così accodamenti che si potrebbero ripercuotere sulla viabilità esistente di Magenta.

## 10.4.4 SVINCOLO N.12 LA ROTATORIA SS526

Nom du Carrefour : Rotatoria loc. Abbiategrasso Localisation : Abbiategrasso (MI) Environnement : Rase Campagne Variante : Rotatoria Abbiategrasso - SDP Date : 13/03/2017							
<b>Anneau</b> Rayon de l'îlot infranchissable : 18.00 m Largeur de l'anneau franchissable : 9.50 m Rayon extérieur du giratoire : 27.50 m							
<b>Branches</b>							
Nom	Angle (degrés)	Rampe > 3%	Tourne à droite	Largeurs (en m)			
				Entrée à 4 m	à 15 m	Ilôt	Sortie
Albairate	0			5.30		11.00	5.30
SS526 NORD	97			4.30		11.00	4.30
Vigevano	192			5.30		12.50	5.30
SS526 SUD	278			5.30		9.30	4.30

O/D	1	2	3	4	TOTALE
1	0	86	565	369	1019
2	43	0	145	357	545
3	566	53	0	63	682
4	381	361	20	0	761
TOTALE	989	500	730	788	<b>3008</b>

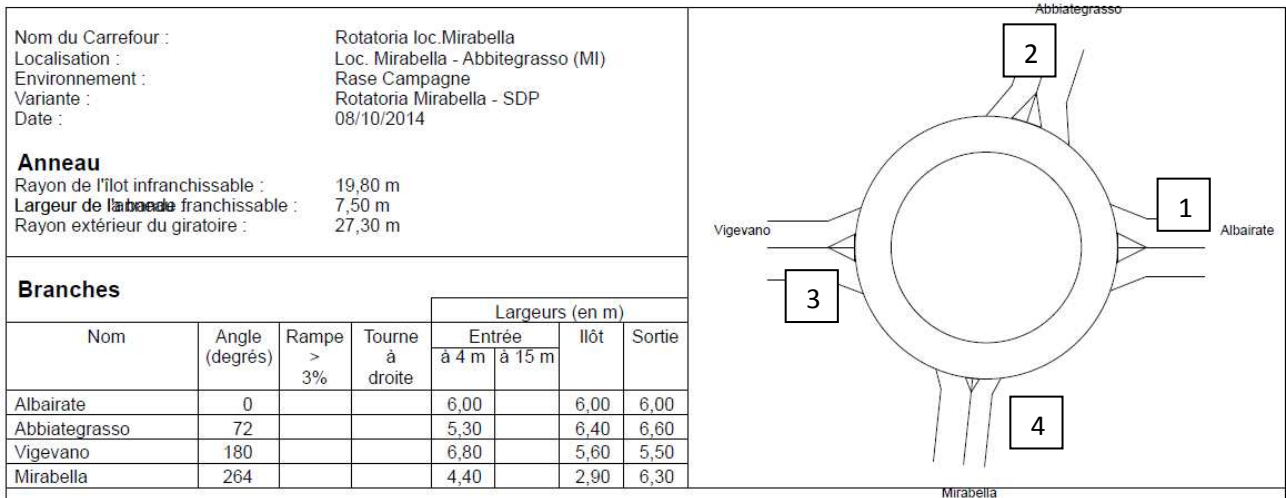
Tabella 25 - Matrice dei veicoli equivalenti relativa alla rotatoria SS526 Svincolo n.12 nello scenario SDP nell'ora di punta del mattino di un giorno feriale

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
Albairate	407	29%	1vh	5vh	3s	0.9h
SS526 NORD	272	33%	1vh	5vh	8s	1.1h
Vigevano	381	36%	1vh	4vh	4s	0.8h
SS526 SUD	334	30%	1vh	5vh	5s	1.0h

Tabella 26 - Risultati relativi alla rotatoria SS526 Svincolo n.12

Tale rotatoria presenta delle buone riserve di capacità su tutti i rami di accesso, evitando così accodamenti che si potrebbero ripercuotere sulla viabilità di progetto.

### 10.4.5 SVINCOLO N.13 LA ROTATORIA ABBIETEGRASSO SUD-SP494



O/D	1	2	3	4	TOTALE
1	0	120	610	0	730
2	25	0	272	0	298
3	657	380	0	0	1037
4	0	0	0	0	0
<b>TOTALE</b>	<b>682</b>	<b>500</b>	<b>883</b>	<b>0</b>	<b>2065</b>

**Tabella 27 - Matrice dei veicoli equivalenti relativa alla rotatoria di Abbiategrasso sud-SP494 Svincolo n.13 nello scenario SDP nell'ora di punta del mattino di un giorno feriale**

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
Albairate	699	49%	0vh	3vh	1s	0,3h
Abbiategrosso	778	72%	0vh	2vh	2s	0,2h
Vigevano	1243	55%	0vh	2vh	0s	0,0h
Mirabella	685	100%	0vh	2vh	0s	0,0h

**Tabella 28 - Risultati relativi alla rotatoria di di Abbiategrasso sud-SP494 Svincolo n.13**

Tale rotatoria presenta delle ottime riserve di capacità su tutti i rami di accesso, evitando così accodamenti che si potrebbero ripercuotere sulla viabilità di progetto.

## 10.5. I Livelli di Servizio

A valle delle verifiche svolte con GIRABASE, per ciascuna rotatoria analizzata si sono calcolati i Livelli di Servizio (di seguito LDS) dei rami delle stesse. Qui di seguito si riportano dapprima i valori dei Livelli di Servizio indicati in normativa, e successivamente i valori ottenuti dall'esame di ciascuna rotatoria.

LdS	RITARDO MEDIO PER VEICOLO (sec/veic)
A	<10
B	10-15
C	15-25
D	25-35
E	35-50
F	>50

Tabella 29 - Valori LdS indicati da normativa

ROTATORIA di PONTENUOVO	
BRACCIA	LDS
1- Magenta	A
2- Boffalora	A
3- Novara	A

Tabella 30 -Valori LdS della rotatoria di Ponte Nuovo

ROTATORIA di ALBAIRATE SUD Sv_n.5	
BRACCIA	LDS
1- Milano	A
2- Albairate	A
3- Magenta	A
4- Vigevano	A

Tabella 31 - Valori LdS della rotatoria di Albairate sud Svincolo n.5

<b>ROTATORIA di MAGENTA</b>	
BRACCIA	LDS
1- Magenta	A
2- Aeroporto di Malpensa	A
3- Pontevecchio	A
4- Abbiategrasso	A

**Tabella 32 - Valori LdS della rotatoria di Magenta**

<b>ROTATORIA SS526 Sv_n.12</b>	
BRACCIA	LDS
1- Albairate	A
2- SS526 NORD	A
3- Mirabella	A
4- SS526 SUD	A

**Tabella 33 - Valori LdS della rotatoria SS526 Svincolo n.12**

<b>ROTATORIA di Abbiategrasso sud Sv_n.13</b>	
BRACCIA	LDS
1- Albairate	A
2- Abbiategrasso	A
3- Vigevano	A
4- Mirabella	A

**Tabella 34 - Valori LdS della rotatoria di Abbiategrasso sud-SP494 Svincolo n.13**

## 11. Considerazioni conclusive

Il presente Studio di Traffico valuta gli effetti indotti dall'intervento oggetto di analisi (MAGENTA-MILANO), il quale si inquadra nelle opere di adeguamento e potenziamento della viabilità di connessione con l'aeroporto di Malpensa.

Tale potenziamento ha l'obiettivo di migliorare le condizioni di fluidità e accessibilità a Malpensa, anche in vista dei futuri sviluppi dell'area stessa, nonché di decongestionare la rete stradale compresa tra l'area di Abbiategrasso, Magenta ed Albairate.

Obiettivo di tale verifica modellistica è quindi quello di valutare ed evidenziare l'opportunità della realizzazione dell'opera stessa, considerando i generali benefici al traffico che la MAGENTA-MILANO può creare nell'ambito della rete in cui si va ad inserire.

Dall'analisi macromodellistica si evidenzia come l'inserimento della MAGENTA-MILANO, nella rete stradale, porti ad una riduzione delle percorrenze complessive (Veicoli\*Km) notevoli, nell'ordine del 33% sulla rete locale, in particolare sull'area interessata dai comuni di Abbiategrasso, Albairate e Robecco Sul Naviglio, su quest'ultimo riducendone sensibilmente i flussi di attraversamento. Con conseguente riduzione delle emissioni inquinanti e dei livelli di inquinamento acustico.

Si può quindi affermare che il potenziamento dell'accessibilità all'aeroporto di Malpensa, dal comparto ovest della provincia di Milano, ma anche dall'area Vigentina, porta ad un miglioramento generalizzato della fluidità del traffico, sia a livello provinciale che, in particolar modo, a quello locale.

Infine, allo scopo di verificare il corretto dimensionamento delle intersezioni a raso, sono state condotte delle verifiche sulla funzionalità delle cinque rotatorie in progetto, poste nel comune di Albairate, in località Ponte Nuovo, ad Abbiategrasso, a Mirabella e a Magenta in sostituzione di un'intersezione semaforizzata esistente: anche in questo caso si hanno significative riserve di capacità e buoni Livelli di Servizio.