

# autostrade // per l'italia

**AUTOSTRADA (A4) : TORINO – VENEZIA**

**ADEGUAMENTO DELLO SVINCOLO DI DALMINE  
TRATTO: MILANO BERGAMO**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

## DG—DOCUMENTAZIONE GENERALE

PARTE GENERALE

STUDIO DI TRAFFICO

**IL PROGETTISTA SPECIALISTICO**

Ing. Stefano Santambrogio  
Ord. Ingg. Milano n.27107

**RESPONSABILE ANALISI  
TRASPORTISTICHE**

**IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. Andrea Ceppi  
Ord. Ingg. Milano N. A26059

**IL DIRETTORE TECNICO**

Ing. Orlando Mazza  
Ord. Ingg. Pavia N. 1496

**PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI**

**CODICE IDENTIFICATIVO**

RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO						RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinatore:
Codice	Commessa	Lotto, Sub- Cod. Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.		
1	10402	LL00	PP	DG	GEN	00000	00000	00000	0	R	AT	0001	—	
													SCALA: —	



**PROJECT MANAGER:**

Ing. Paolo Simonetta  
Ord. Ingg. Varese N. 2239

**REDATTO:**

—

**SUPPORTO SPECIALISTICO:**

**VERIFICATO:**

—

**REVISIONE**

n.	data
0	LUGLIO 2017
1	—
2	—
3	—
4	—

**VISTO DEL COMMITTENTE**

**autostrade // per l'italia**

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Stefano Storoni

**VISTO DEL CONCEDENTE**



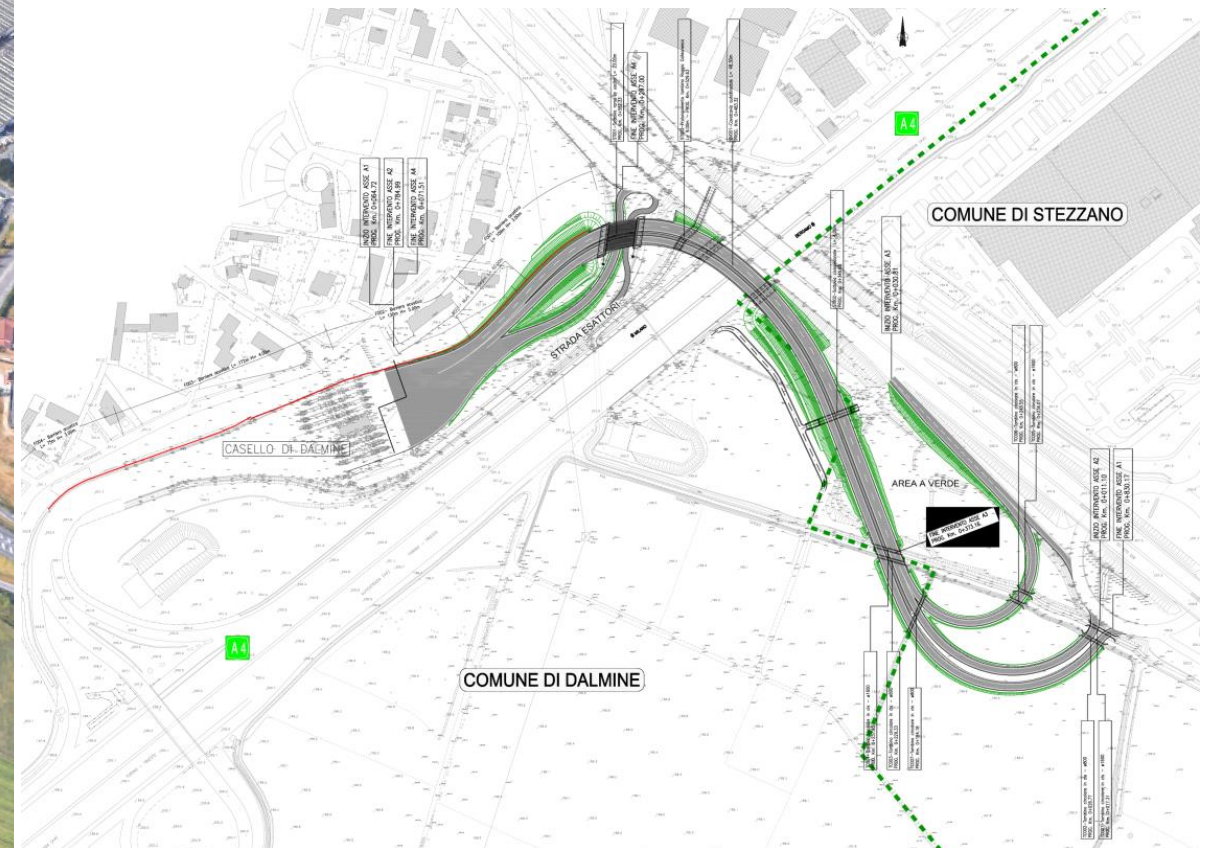
**Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE  
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI



# **AUTOSTRADA A4 Torino – Trieste**

**Potenziamento dell'accessibilità allo svincolo di Dalmine**  
Progetto Preliminare

## **Studio di Traffico**



20 Luglio 2017





## INDICE

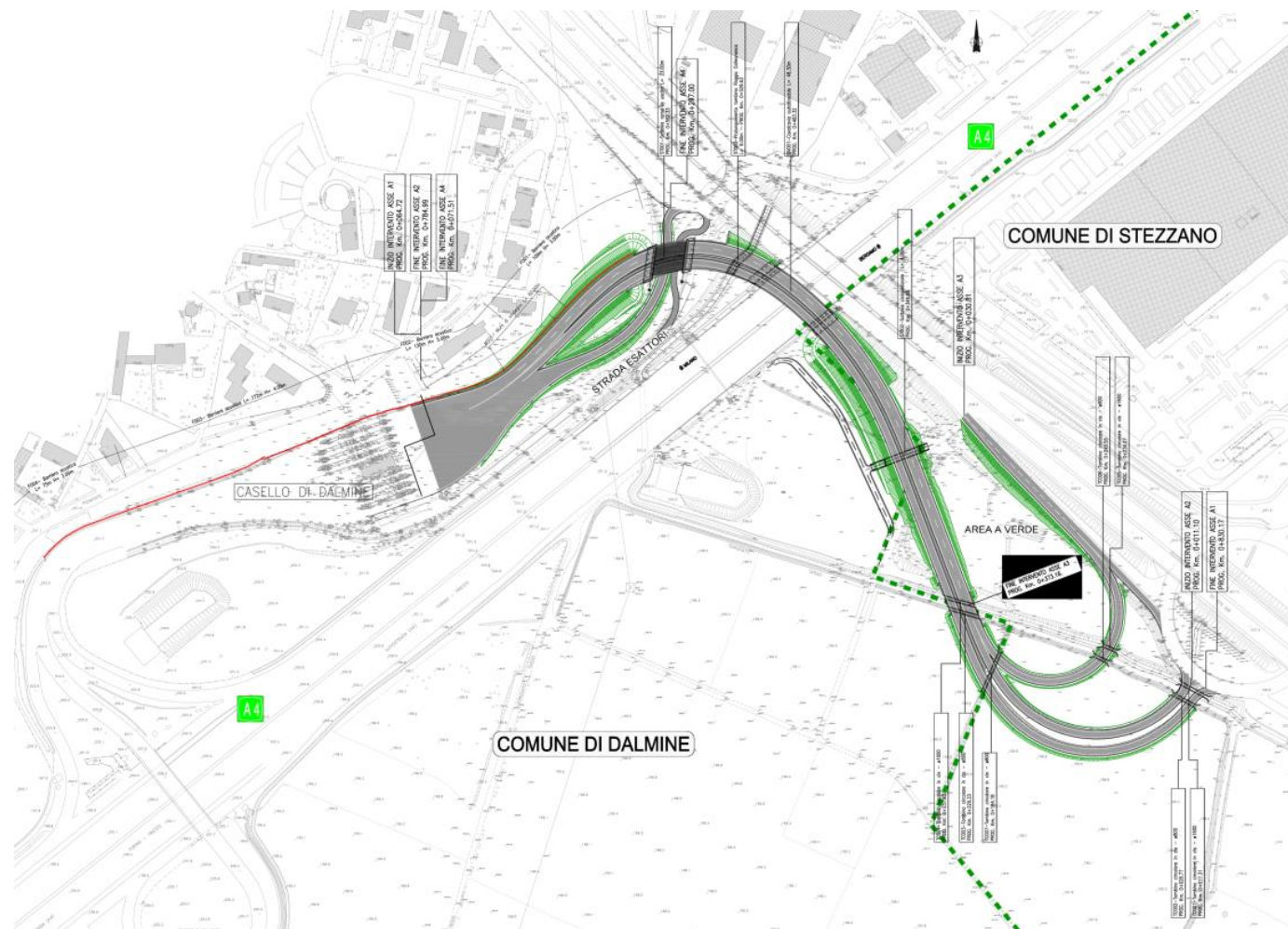
<b>0</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
1.1	PROGETTO DI POTENZIAMENTO DELLO SVINCOLO DI DALMINE E SUE FINALITÀ	5
1.2	SCOPO DELLO STUDIO	5
<b>2</b>	<b>QUADRO PIANIFICATORIO-PROGRAMMATICO TRASPORTISTICO</b>	<b>6</b>
2.1	ELENCO DELLE OPERE	6
2.2	RETE INFRASTRUTTURALE PRINCIPALE	6
2.2.1	Interconnessione Pedemontana - Bre.Be.Mi (IPB) e Peduncolo IPB	6
2.2.2	Autostrada Pedemontana Lombarda (APL)	7
2.3	RETE STRADALE LOCALE	8
2.3.1	Potenziamento della Tangenziale Sud di Bergamo SPexSS670dir	8
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLA MOBILITÀ ATTUALE</b>	<b>9</b>
3.1	ANNO DI RIFERIMENTO	9
3.2	TRAFFICO AL CASELLO DI DALMINE	9
3.2.1	Traffico giornaliero medio annuo	9
3.2.2	Profilo orario	9
3.2.3	Traffico mensile	10
3.2.4	Trend del traffico annuo	11
3.3	TRAFFICO SULL'AUTOSTRADA A4 MILANO-BRESCIA	12
3.4	RAPPRESENTATIVITÀ DELLO STUDIO DI TRAFFICO	12
3.5	CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DEL TRAFFICO	13
3.6	INTERSEZIONI LUNGO LA TANGENZIALE DI BERGAMO	13
<b>4</b>	<b>MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO STRADALE</b>	<b>15</b>
4.1	AREA DI STUDIO E ZONIZZAZIONE	15
4.2	OFFERTA DI TRASPORTO	16
4.3	DOMANDA DI TRASPORTO	16
4.4	INTERAZIONE TRA DOMANDA ED OFFERTA	17
4.5	VALIDAZIONE DEL MODELLO DI TRAFFICO	18
<b>5</b>	<b>DEFINIZIONE DEGLI SCENARI FUTURI E CRITERI DI VERIFICA FUNZIONALE</b>	<b>19</b>
5.1	IPOTESI RELATIVE ALL'EVOLUZIONE DELLA DOMANDA DI TRASPORTO SU STRADA	19
5.1.1	Driver della domanda della mobilità	19
5.1.2	Modelli di crescita della domanda di mobilità	19
5.1.3	Previsioni di crescita della domanda	20
5.2	IPOTESI RELATIVE AL QUADRO INFRASTRUTTURALE PROGRAMMATICO	20
5.3	CALCOLO LIVELLI DI SERVIZIO	20
<b>6</b>	<b>RISULTANZE</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>VALUTAZIONI FUNZIONALI</b>	<b>24</b>
7.1	ROTATORIA DI SVINCOLO	24
7.2	TRONCO DI SCAMBIO LUNGO LA TANGENZIALE SUD	24
7.3	SCAVALCO DI ACCESSO AL CASELLO DI DALMINE	25
7.4	ROTATORIA SPexSS525 / TANGENZIALE SUD	26
<b>8</b>	<b>MACROINDICATORI TRASPORTISTICI</b>	<b>26</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>27</b>

## 0 PREMESSA

Il presente studio di traffico è stato redatto a valle della condivisione con gli Enti Locali (Ministero Infrastrutture e Trasporti, Regione Lombardia, Provincia di Bergamo, Comune di Dalmine, Comune di Stezzano) del layout progettuale per potenziare l'accessibilità all'autostrada A4 e conseguentemente alleggerire il carico veicolare sulla rotatoria tra la SPexSS525 e la SPexSS470dir. Tale condivisione è avvenuta il 14/03/2017 in Regione Lombardia sulla base di varie analisi e considerazioni trasportistiche priliminari presentate da ASPI.

Le risultanze di questo studio sono state presentate e condivise con gli EELL durante la riunione tenutasi in Regione Lombardia l' 11/07/2017.

**Figura 1** Layout progettuale





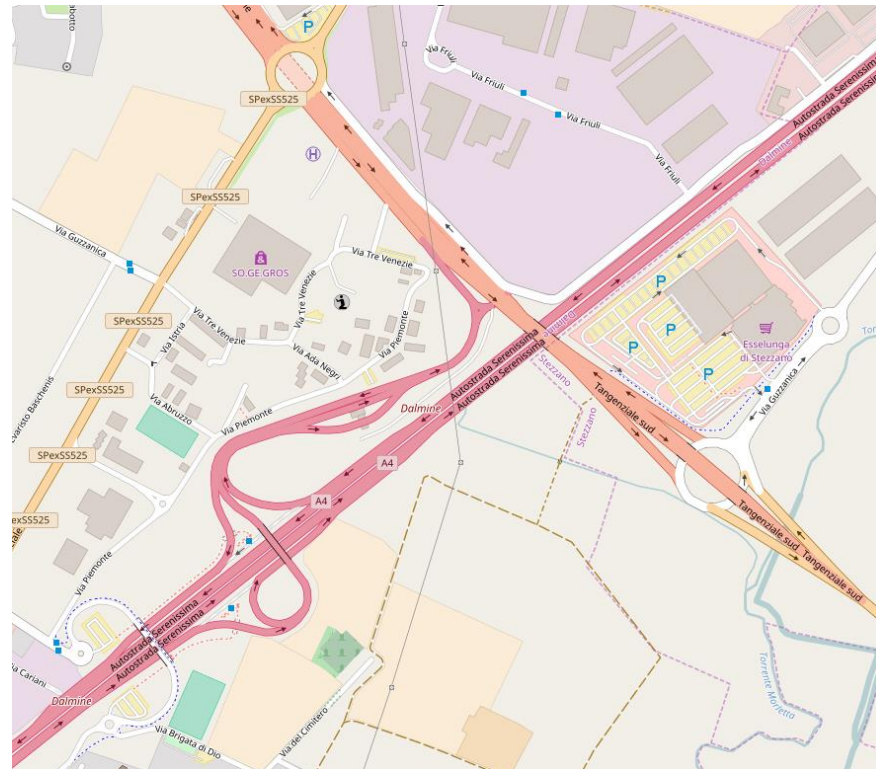
## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Progetto di potenziamento dello svincolo di Dalmine e sue finalità

Oggetto del presente Studio di Traffico è il progetto di potenziamento della viabilità di adduzione allo svincolo di Dalmine sull'autostrada A4 Milano – Brescia.

L'attuale configurazione dell'accesso al casello ha una capacità limitata dalla presenza di una rotonda a raso lungo la strada SPexSS525 e non prevede un accesso diretto alla Tangenziale Sud di Bergamo. Il progetto si propone di risolvere queste problematiche.

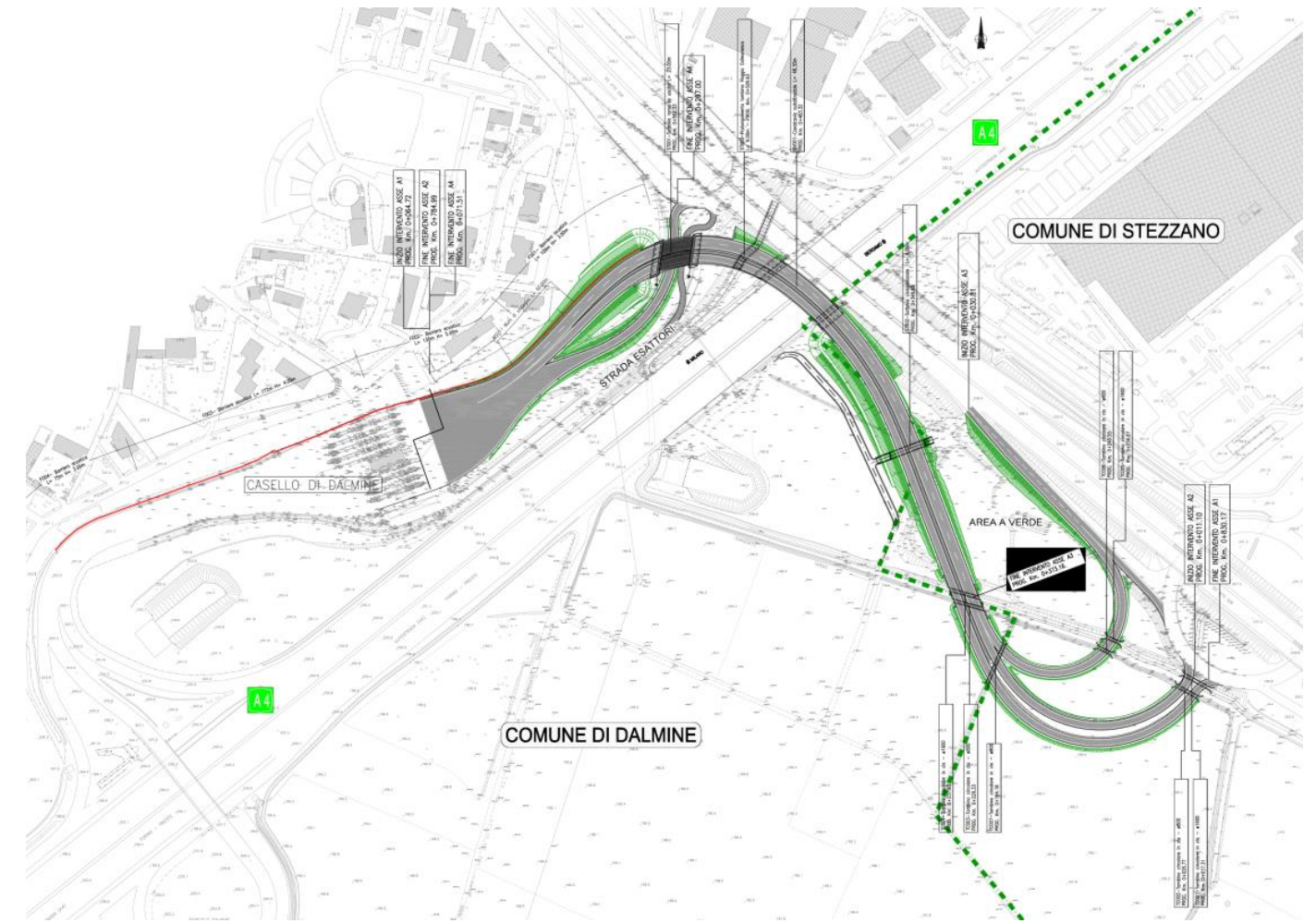
Figura 2 Configurazione attuale dell'accesso allo svincolo di Dalmine



Il nuovo allacciamento ricade nel territorio dei Comuni di Dalmine e Stezzano, in Provincia di Bergamo.

Le rampe di accesso all'autostrada rimarranno quelle esistenti, mentre la strada di accesso avrà inizio presso la rotonda a livelli sfalsati con la Tangenziale Sud di Bergamo, a Sud dell'autostrada. Rimarrà invariato il collegamento diretto tra l'uscita dallo svincolo e la rotonda sulla SPexSS525 (tramite il sottopasso esistente alla Tangenziale Sud). Il layout progettuale è compatibile al successivo attestamento della variante unica alle SPexSS525 e SPexSS 42 (opera connessa all'Interconnessione Pedemontana Bre.be.Mi.) sulla rotonda a livelli sfalsati con la Tangenziale Sud di Bergamo.

Figura 3 Layout progettuale



### 1.2 Scopo dello studio

Lo studio di traffico riguarda la valutazione del traffico futuro a Dalmine e l'efficacia/efficienza del progetto rispetto alle finalità espresse nel precedente paragrafo. Tale valutazione è stata effettuata rispetto all'intera rete stradale della Provincia di Bergamo.

Tale rete, nel medio/lungo periodo, verrà ampliata/riorganizzata in seguito al completamento di importanti autostrade regionali come la Pedemontana Lombarda e altre infrastrutture provinciali come l'Interconnessione Bre.Be.Mi-Pedemontana (IPB) e la Variante alle SPexSS525 e SPexSS42 (Peduncolo IPB).

Tuttavia, in considerazione del fatto che sia la Pedemontana Lombarda (con le sue opere connesse ed in particolare la Dorsale dell'Isola dalla SP166 a Terno d'Isola e SP155 a Madone) che l'IPB (con il suo Peduncolo) sgraveranno lo svincolo di Dalmine, si è ritenuto cautelativo effettuare le verifiche ed i dimensionamenti funzionali dell'opera in assenza di queste infrastrutture.

## 2 QUADRO PIANIFICATORIO-PROGRAMMATICO TRASPORTISTICO

### 2.1 Elenco delle opere

Nel presente capitolo, il progetto viene inquadrato rispetto ai vigenti strumenti di pianificazione trasportistica e vengono illustrati gli altri progetti programmati e pianificati nell'area di studio.

Le tabelle seguenti riassumono le opere di progetto inerenti sia alla rete autostradale, sia alla rete della viabilità primaria di competenza statale, regionale e provinciale di rilevanza per il progetto e forniscono indicazioni circa lo stato di avanzamento/implementazione dei progetti con la data prevista di completamento dei lavori.

Le informazioni raccolte nelle seguenti tabelle sono state successivamente utili a definire quali opere considerare in esercizio negli orizzonti temporali modellistici dello studio.

**Tabella 1 Interventi pianificati/programmati riguardanti la viabilità autostradale**

Autostrada	Concessionario	Autorità competente	Stato del progetto	Anno di apertura
Interconnessione Pedemontana BreBeMi (IPB) e opere complementari	Autostrade Bergamasche S.p.A.	Infrastrutture Lombarde	Conferenza dei Servizi su PP chiusa positivamente 31/01/2012	Non disponibile
Pedemontana Lombarda	Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.	CAL	Lavori in corso	Non disponibile

**Tabella 2 Interventi pianificati/programmati riguardanti la viabilità ordinaria**

Intervento	Soggetto responsabile di progetto e costruzione	Autorità competente	Stato del progetto	Anno di apertura
SPexSS470dir Tangenziale Sud di Bergamo Tratta Treviolo - Paladina Potenziamento in sede	Provincia di Bergamo	Provincia di Bergamo	Progettazione Esecutiva	Non disponibile
SPexSS470dir Tangenziale Sud di Bergamo Tratta Paladina - Villa d'Almè Potenziamento fuori sede	Provincia di Bergamo	Provincia di Bergamo	Progetto preliminare concluso	Non disponibile
Variante unica alla SPexSS525 e alla SPexSS42 dalla Tangenziale Sud di Bergamo a Osio Sotto "Peduncolo IPB"	Autostrade Bergamasche S.p.A.	Infrastrutture Lombarde	Opera complementare nel progetto IPB	Non disponibile
Dorsale dell'Isola da SP155 a SP166 Opera connessa alla pedemontana Lombarda	Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.	Concessioni Autostradali Lombarde S.p.A.	opera complementare nel progetto Pedemontana Lombarda	Non disponibile
Variante alla SP166 Collegamento da Calusco d'Adda a Terno d'Isola	Provincia di Bergamo	Provincia di Bergamo	Non disponibile	Non disponibile

### 2.2 Rete infrastrutturale principale

Si riporta di seguito la descrizione dei principali interventi sulla rete autostradale che interessano l'area di studio in relazione al progetto analizzato.

#### 2.2.1 Interconnessione Pedemontana - Bre.Be.Mi (IPB) e Peduncolo IPB

In considerazione del fatto che l'IPB, con il suo Peduncolo, sgraveranno lo svincolo di Dalmine, si è ritenuto cautelativo non considerarle nel presente studio ed effettuare le verifiche ed i dimensionamenti funzionali dell'opera in assenza di queste infrastrutture.

Se ne riporta tuttavia una descrizione sintetica.

Il nuovo collegamento autostradale connette l'autostrada Pedemontana Lombarda e la Bre.Be.Mi. La fascia di territorio interessata dal nuovo raccordo autostradale è compresa nella pianura agricola in sponda sinistra del fiume Brembo.

Il progetto preliminare, elaborato dal Promotore Autostrade Bergamasche SpA prevede lo sviluppo dell'autostrada regionale tra Boltiere a Nord e Casirate d'Adda a Sud per un totale di 12,9 km. Lungo il tracciato sono previsti 5 svincoli di collegamento alla viabilità esistente ed ai nuovi interventi programmati dagli Enti Locali:

- Svincolo n. 1: collegamento a via Dante Alighieri in comune di Osio Sotto;
- Svincolo n. 2: Interconnessione con la nuova variante alle ex SS 42 - 525 in comune di Osio Sotto a sud est del centro abitato;
- Svincolo n. 3: collegamento alla SP n. 122 in comune di Ciserano;
- Svincolo n. 4: collegamento alla ex SS 42 in località Castel Cerreto in comune di Treviglio;
- Svincolo n. 5: collegamento alla ex SS 11 in comune di Treviglio.

Completa il progetto l'opera connessa di raccordo (categoria B) con la tangenziale sud di Bergamo per ulteriori 5,9 km in comune di Osio Sotto ("Peduncolo IPB) e relativo svincolo di collegamento alla SP149 in comune di Levate.

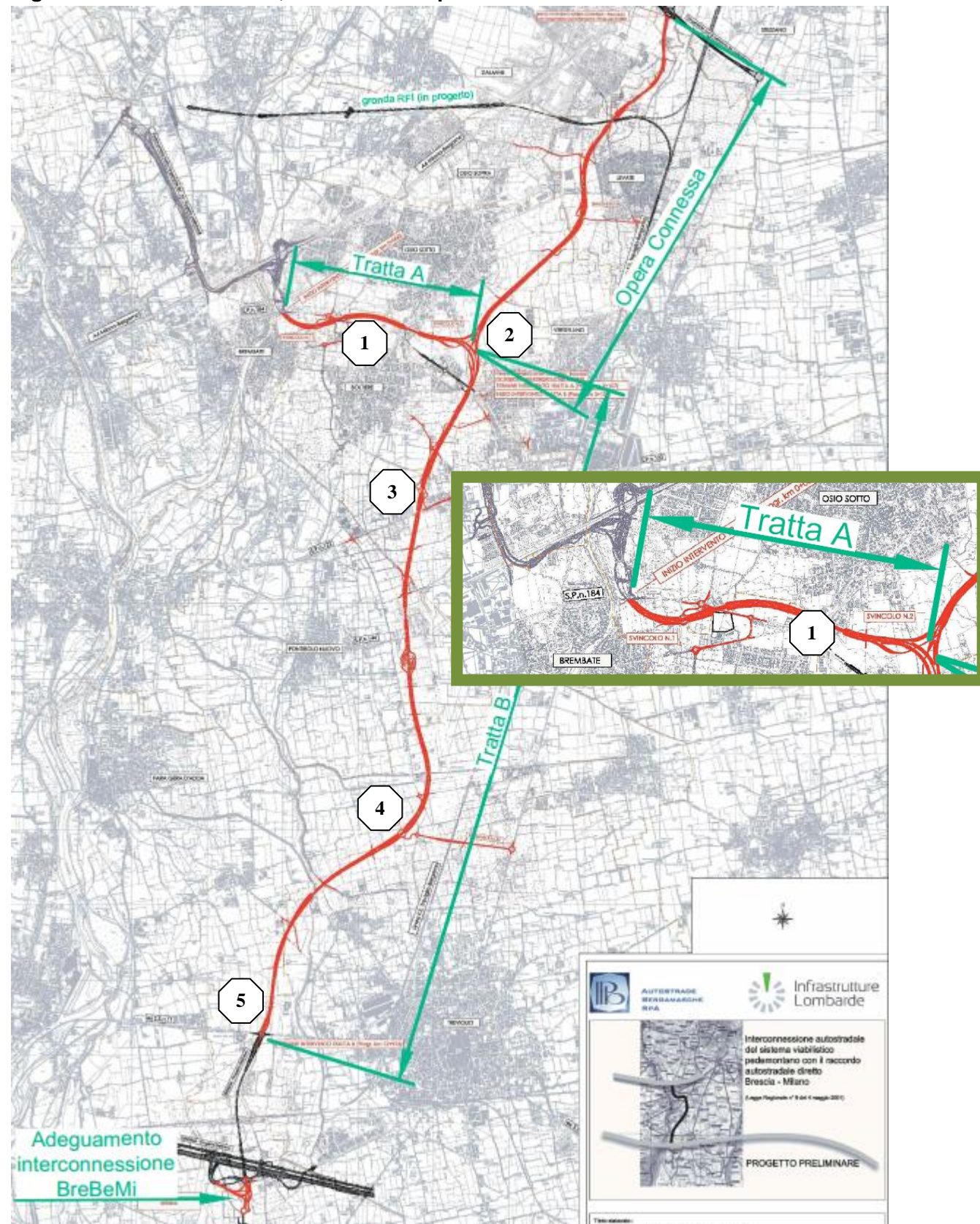
Come ulteriori opere connesse sono previste le seguenti interconnessioni con la viabilità esistente, che si sviluppano complessivamente per circa 11 km:

- collegamento con la SP 184 nei comuni di Osio Sotto e Boltiere;
- collegamento alla SP n. 122 Francesca in comune di Ciserano e suo adeguamento in sede per la connessione della zona produttiva sopra comunale conosciuta come Zingonia;
- collegamento alla SP 142 e raccordo alla SS 42 in comune di Treviglio.

L'autostrada IPB sarà pedaggiata, ma non è ancora deciso se il sistema di esazione sarà di tipo aperto (con unica barriera bidirezionale situata presso Fara Gera d'Adda ad ovest di Treviglio), oppure chiuso con il pagamento di un pedaggio legato alla distanza effettivamente percorsa.



Figura 4 IPB tracciato, Peduncolo e opere Connesse



### 2.2.2 Autostrada Pedemontana Lombarda (APL)

Il Sistema Viabilistico Pedemontano è costituito da un asse principale che si estende dall'interconnessione con la autostrada A8 fino all'interconnessione con l'autostrada A4 e da due lotti delle tangenziali di Varese e Como.

L'asse principale è un'autostrada lunga circa 67 km suddivisa nelle seguenti tratte funzionali:

- Tratta A interconnessione A8 – interconnessione A9 di km 14.3;
- Tratta B interconnessione A9 – Cesano Maderno di km 16.9;
  - Tratta B1 da Lomazzo (A9) a Lentate sul Seveso (SPexSS35)
  - Tratta B1 da Lentate sul Seveso (SPexSS35) a Cesano Maderno
- Tratta C Cesano Maderno – Interconnessione A51/Tang. Est di Milano di km 16,6;
- Tratta D Interconnessione A51/Tang. Est di Milano – Interconnessione A4 di Km 16.8.

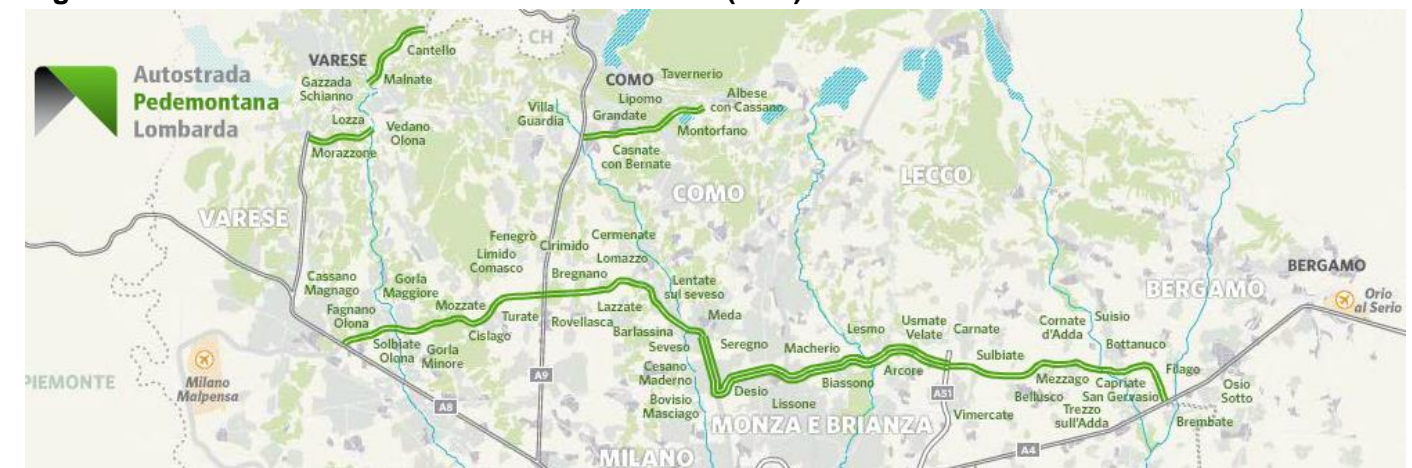
L'autostrada prevede 15 svincoli e 4 connessioni autostradali con la A8 Milano-Varese, A9 Milano-Como, A51 Tangenziale est e la A4 Milano-Brescia.

I lavori di costruzione sono terminati per la Tratta A, B1 e le tangenziali di Como e Varese.

L'intervento prevede anche un sistema di "opere connesse" e "opere di viabilità locale", per un totale di 21 interventi e uno sviluppo complessivo di 70 km, al fine di migliorare la connessione con la rete della viabilità ordinaria, principale e secondaria.

Di interesse nell'ambito bergamasco è la Dorsale dell'Isola che collega la SP155 a sud di Madone alla SP166 ad est di Terno d'Isola, consentendo così di raggiungere l'Asse Attrezzato SPexSS342.

Figura 5 Autostrada Pedemontana Lombarda (APL)

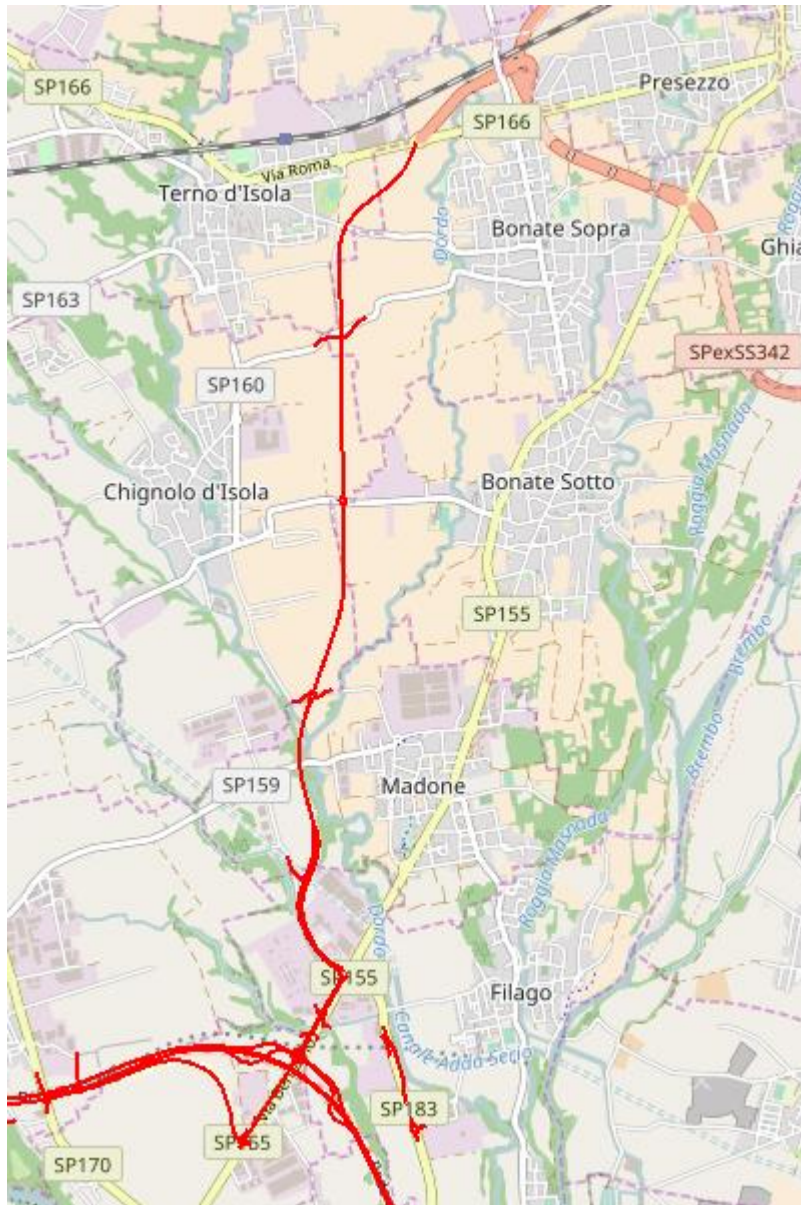


Fonte: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.

Fonte: [www.trasporti.regione.lombardia.it/](http://www.trasporti.regione.lombardia.it/)



Figura 6 Dorsale dell'Isola



Fonte: <http://www.infrastrutturetracciati.servizirl.it/>

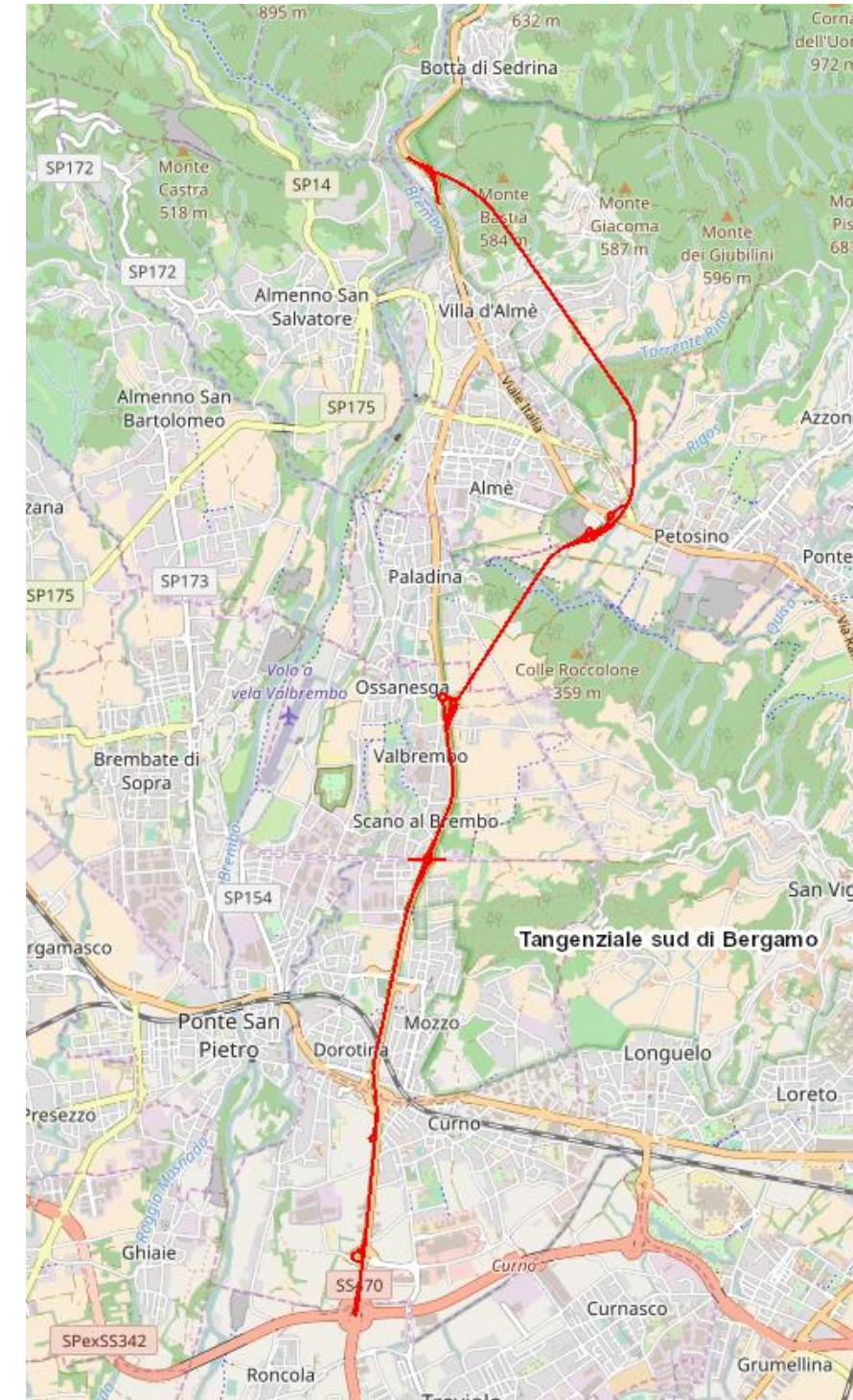
### 2.3 Rete stradale locale

Si riporta di seguito la descrizione dei principali interventi sulla viabilità ordinaria che interessano l'area di studio in relazione al progetto oggetto della presente analisi.

#### 2.3.1 Potenziamento della Tangenziale Sud di Bergamo SPexSS670dir

Sono previsti due interventi di potenziamento dell'itinerario tangenziale:

- tratta Treviolo – Paladina: potenziamento in sede con creazione complanari per concentrazione accessi;
- tratta Paladina – Villa d'Almè: potenziamento fuori sede con creazione di una variante sotto il Colle Roccolone.



Fonte: <http://www.infrastrutturetracciati.servizirl.it/>



### 3 ANALISI DELLA MOBILITÀ ATTUALE

#### 3.1 Anno di riferimento

Come anno di riferimento considerato per lo scenario attuale è il **2016** (ultimo anno per cui sono disponibili i dati di traffico sull'intero periodo), nel quale si è registrato un TGMA di 26,770 veicoli/giorno, con un incremento del 2,0% rispetto al 2015.

**Tabella 3** Traffico giornaliero bidirezionale al casello di Dalmine (2015 - 2016) [veicoli totali]

ANNO	TGMA	Giorno feriale medio annuo
2015	26,245	n.a.
2016	26,770	29173

Fonte: elaborazione di dati ASPI

#### 3.2 Traffico al casello di Dalmine

##### 3.2.1 Traffico giornaliero medio annuo

Il traffico al casello di Dalmine nel giorno medio annuo 2016 è pari a 26.770 veicoli/giorno, di cui il 20% rappresentato da traffico pesante.

Nel giorno feriale medio il traffico totale aumenta del 9% rispetto al traffico del giorno medio annuo, ma solo il traffico pesante aumenta del 33%. Nel giorno medio feriale, infatti, il traffico totale è pari a 29.173 veicoli/giorno ed il traffico pesante rappresenta il 24% del traffico totale.

**Tabella 4** Traffico giornaliero bidirezionale al casello di Dalmine (2016)

(veicoli/giorno)	TGMA	Giorno feriale medio annuo
Veicoli Leggeri (classe A)	21.494 (80%)	22.163 (76%)
Veicoli Commerciali (classe B)	3.074 (12%)	3.962 (14%)
Veicoli Pesanti (classi 3-4-5)	2.203 (8%)	3.049 (11%)
<b>Totale</b>	<b>26.770 (100%)</b>	<b>29.173 (100%)</b>

Fonte: elaborazione di dati ASPI 2016

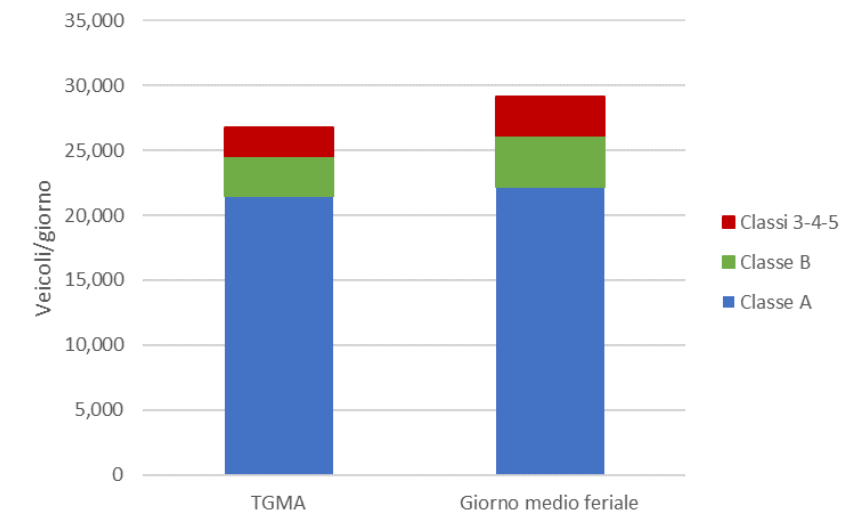
Il traffico al casello di Dalmine è inferiore al traffico dei caselli di Bergamo e Capriate: considerando i caselli del capoluogo, Bergamo è quello più trafficato, con un TGMA di 62.400 veicoli/giorno, seguono Capriate con 28.500 veicoli/giorno e Dalmine con 26.770 veicoli/giorno, mentre Seriate risulta il meno trafficato con 23.200 veicoli/giorno. L'importanza del casello di Seriate è spiegata dalla vicinanza all'aeroporto di Orio al Serio, che rappresenta il quarto scalo aereo nazionale.

**Tabella 5** TGMA agli altri caselli del capoluogo (2016)

(veicoli/giorno)	Capriate	Bergamo	Seriate
Veicoli Leggeri (classe A)	22.045 (77%)	53.314 (85%)	17.706 (76%)
Veicoli Commerciali (classe B)	3.634 (13%)	5.713 (9%)	3.044 (13%)
Veicoli Pesanti (classi 3-4-5)	2.846 (10%)	3.352 (5%)	2.491 (11%)
<b>Totale</b>	<b>28.526 (100%)</b>	<b>62.379 (100%)</b>	<b>23.241 (100%)</b>

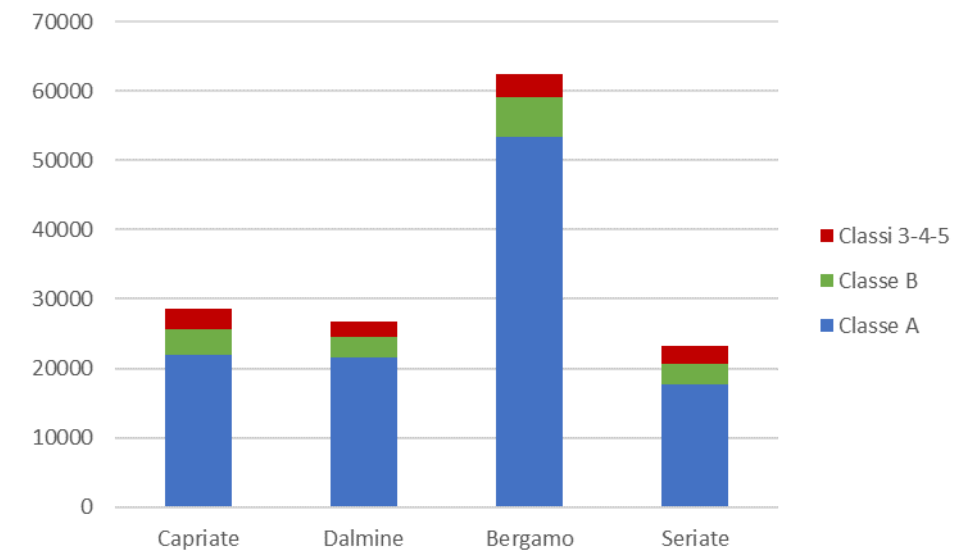
Fonte: elaborazione di dati ASPI 2016

**Figura 7** Traffico giornaliero al casello di Dalmine



Fonte: dati ASPI 2016

**Figura 8** TGMA ai caselli del capoluogo



Fonte: dati ASPI 2016

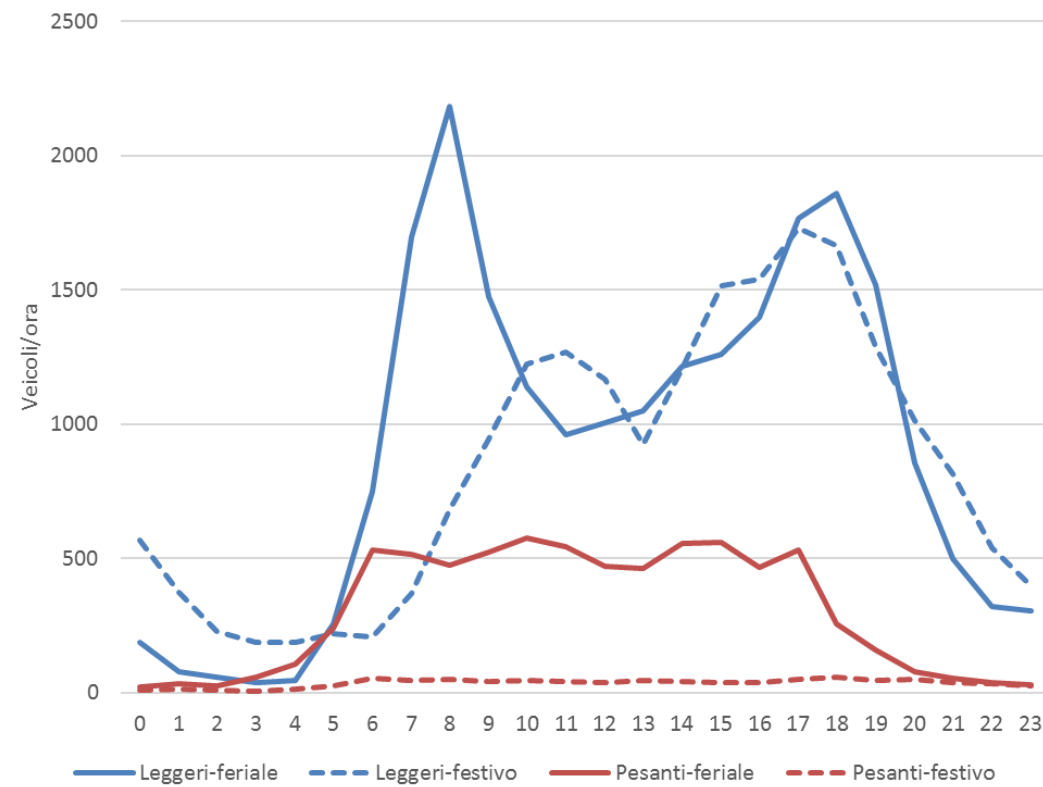
##### 3.2.2 Profilo orario

Il traffico orario al casello di Dalmine evidenzia un profilo tipico nei giorni feriali molto diverso da quello dei giorni festivi:

- nei giorni feriali sono ben definite l'ora di punta tra le 8.00 e le 9.00 di mattina e la fascia di punta serale dalle 17.00 alle 20.00;
- L'ora di punta del giorno medio feriale annuo è nella fascia di punta mattutina sia per le entrate che per le uscite.
- nei giorni festivi il traffico è più diffuso ed ha ovviamente flussi inferiori, vista anche la minore incidenza del traffico pesante.

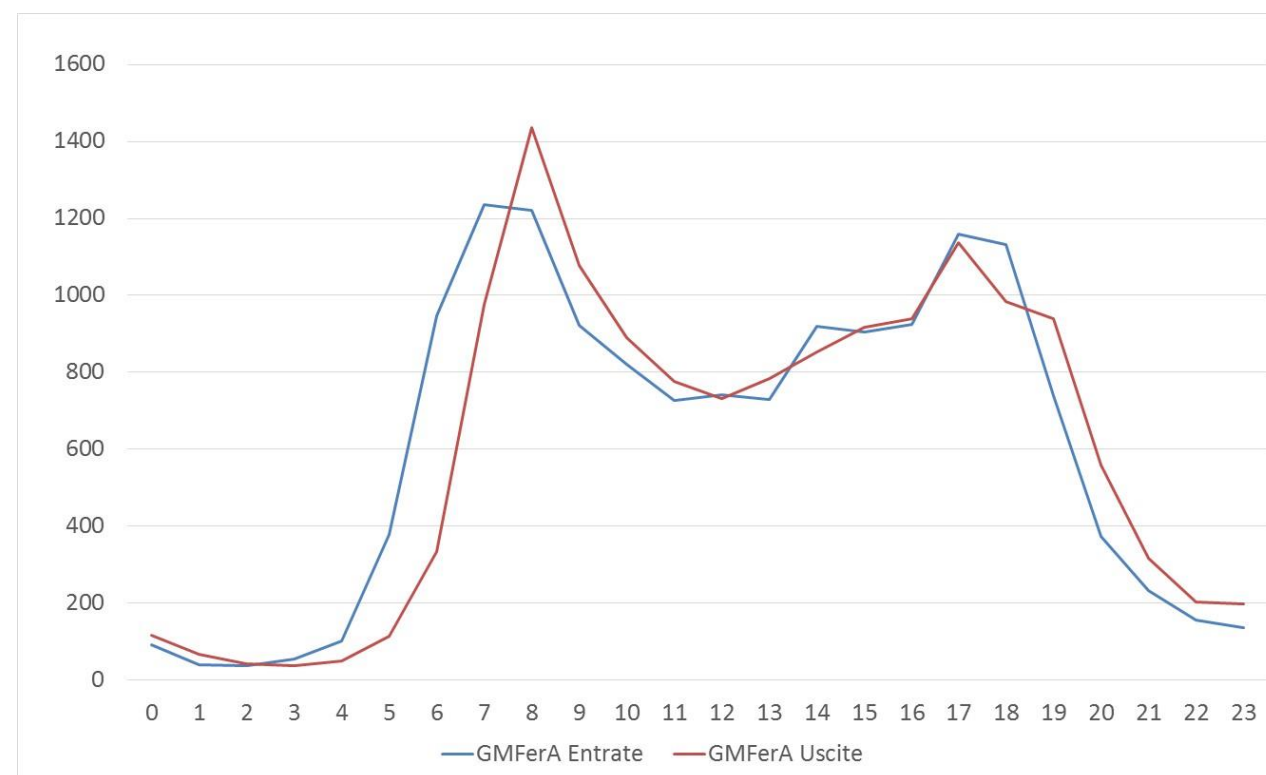


**Figura 9** Andamento orario a Dalmine nel giorno medio annuo (bidir.)



Fonte: elaborazione di dati ASPI 2016

**Figura 10** Andamento orario a Dalmine nel giorno medio feriale annuo: entrate e uscite

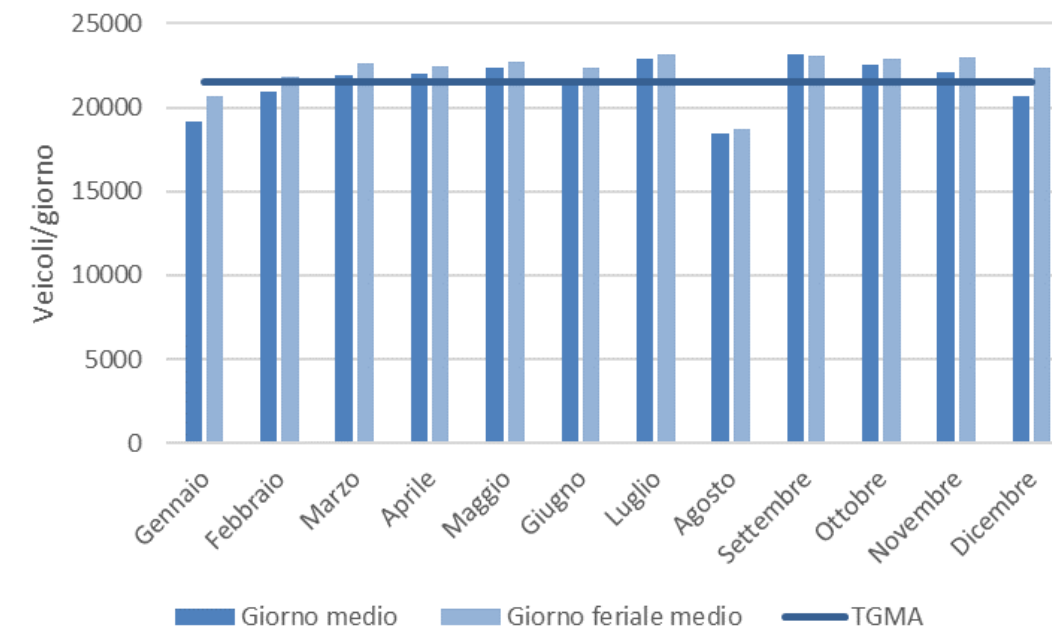


Fonte: elaborazione di dati ASPI 2016

### 3.2.3 Traffico mensile

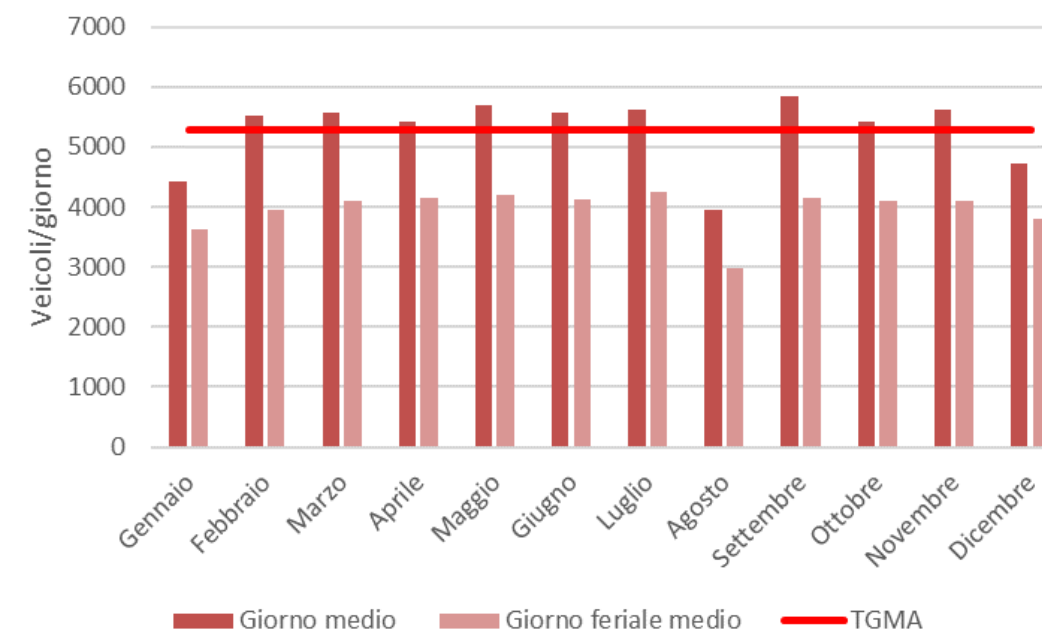
L'andamento mensile del traffico al casello di Dalmine evidenzia l'assoluta mancanza di fenomeni di tipo stagionale ed una sostanziale costanza del traffico durante le diverse stagioni: a parte i mesi tipici delle vacanze, Dicembre, Gennaio e Agosto, negli altri mesi il traffico è prossimo al traffico medio, sia per i veicoli leggeri, sia per i veicoli pesanti.

**Figura 11** Andamento mensile del traffico leggero al casello di Dalmine



Fonte: elaborazione di dati ASPI 2016

**Figura 12** Andamento mensile del traffico pesante al casello di Dalmine



Fonte: elaborazione di dati ASPI 2016

### 3.2.4 Trend del traffico annuo

Analizzando il trend del traffico a partire dal 1996 emerge chiaramente come i livelli di traffico registrati al casello di Dalmine siano paragonabili a quelli di Seriate e Capriate, ma con un trend di crescita complessivamente più consistente, soprattutto nell'ultimo quinquennio.

Il calo del traffico che si è verificato a Dalmine nel periodo 2005-2008 è invece spiegato dalla presenza dei lavori di costruzione della quarta corsia sulla tratta Milano-Bergamo: tale calo è stato registrato anche ai caselli Capriate e Bergamo, situati nel lotto3, ma non Seriate che non era direttamente interessato dai lavori ed è stato probabilmente usato come uscita alternativa in alcuni periodi. Inoltre, il casello di Dalmine è stato penalizzato anche dai lavori di potenziamento della SS470 dir (Tangenziale Sud): nell'Ottobre 2007 è stato approvato il progetto definitivo della tratta Stezzano-Villa d'Almè, nel Luglio 2009 si sono conclusi i lavori di quadruplicamento tra la SPexSS525 e Villa d'Almè e nel Marzo 2010 si sono conclusi anche nella tratta SPexSS525 e Stezzano.

**Tabella 6 Lavori di costruzione della quarta corsia sulla tratta Milano-Bergamo**

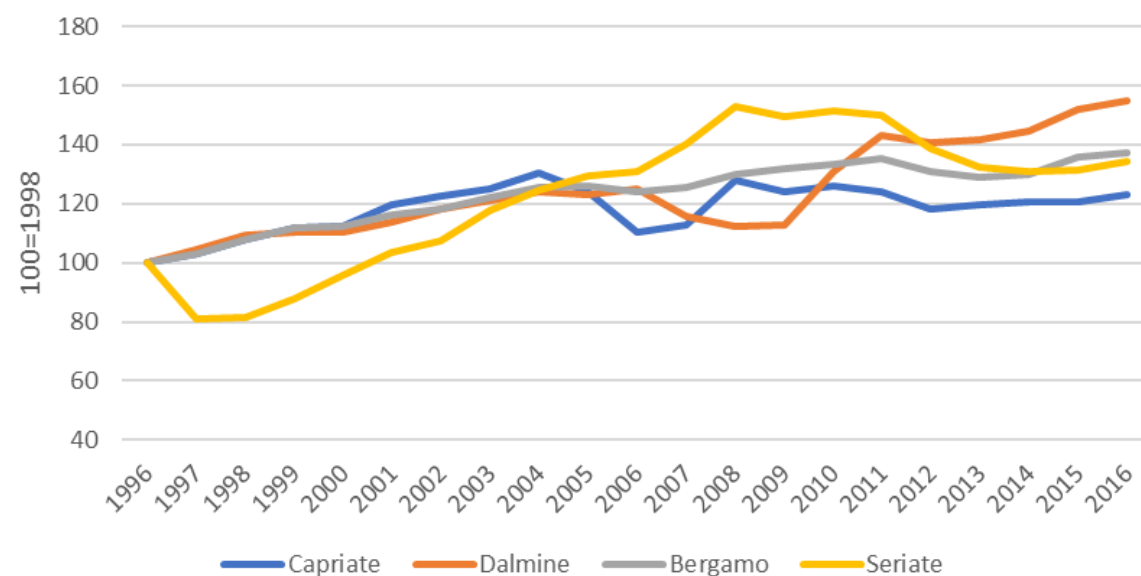
	Lunghezza (km)	Inizio dei lavori	Fine dei lavori
Lotto 1 (dal km 13.5 al km 23.8)	10.3	29/07/2005	30/08/2008
Lotto 2 (dal km 23.8 al km 33.2)	9.4	07/03/2005	30/03/2008
Lotto 3 (dal km 33.2 al km 47.1)	14.0	29/07/2005	29/11/2008

Fonte: ASPI

L'effetto negativo sul traffico di tali lavori si è inoltre combinato, nel periodo 2008-2009, all'effetto della crisi economica che ha pesantemente ridotto il traffico pesante nel 2009, fenomeno riscontrato su tutta la rete italiana.

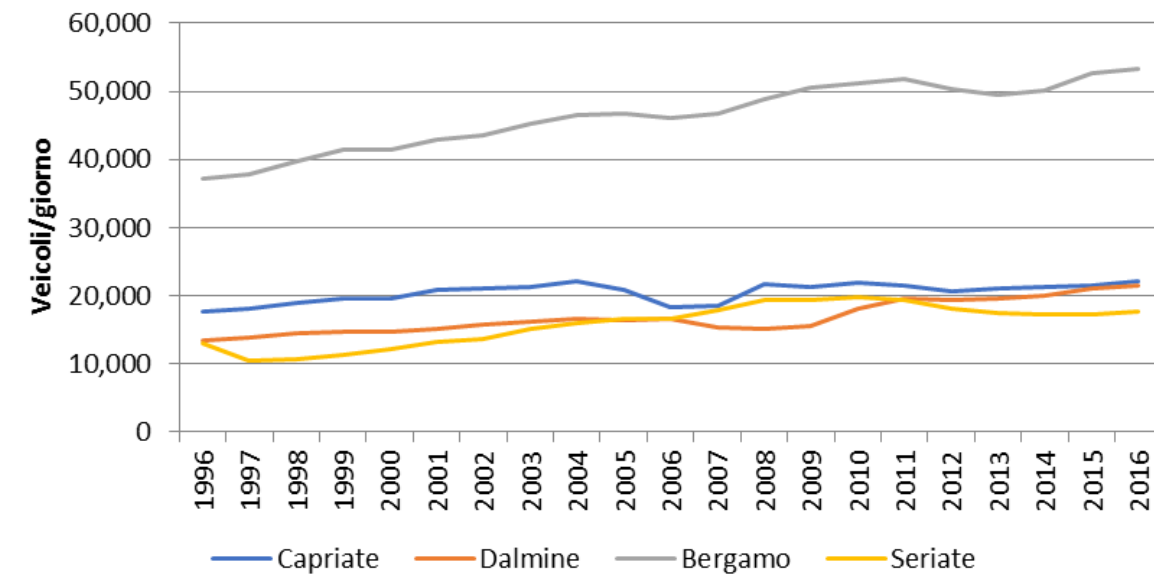
Come anticipato, a parità dal 2010 i tassi di crescita registrati al casello di Dalmine sono stati superiori a quelli di tutti gli altri caselli del bacino bergamasco, portando ad una crescita complessiva del traffico di veicoli leggeri a quasi il 60% dal 1996 a 2016.

**Figura 13 Trend del traffico ai caselli del bacino dal 1996 [V tot]**



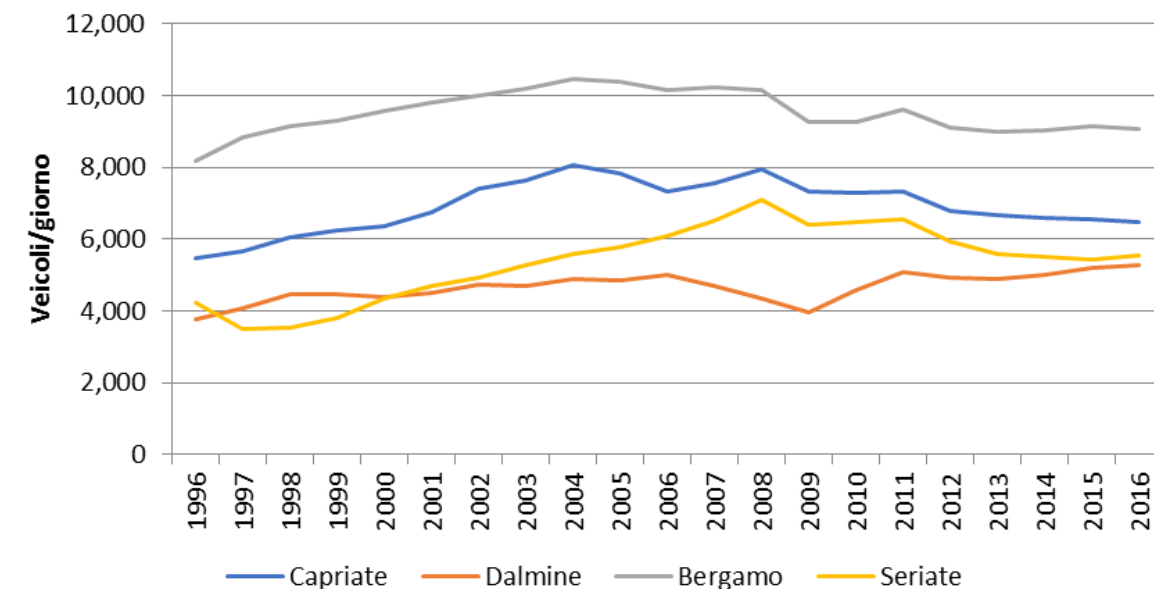
Fonte: elaborazione di dati ASPI

**Figura 14 Trend del traffico ai caselli del bacino dal 1996 [V leggeri]**



Fonte: elaborazione di dati ASPI

**Figura 15 Trend del traffico ai caselli del bacino dal 1996 [V pesanti]**



Fonte: elaborazione di dati ASPI

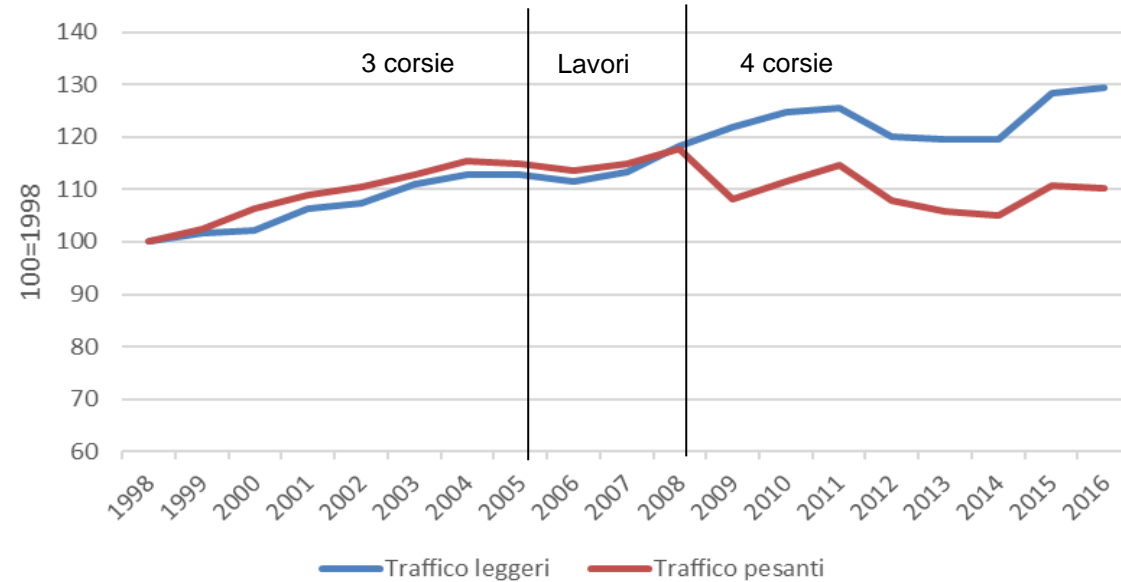


### 3.3 Traffico sull'autostrada A4 Milano-Brescia

Il trend del traffico lungo l'autostrada A4 Milano-Brescia deve essere valutato considerando tre periodi distinti:

- Fino al 2004 l'autostrada era in esercizio con 3 corsie e nell'arco di dieci anni ha avuto un tasso medio di crescita pari a 1.7% per il traffico leggero e 2.0% per il traffico pesante;
- Nel periodo 2005-2008 la tratta Milano-Brescia è stata interessata dai lavori di allargamento alla quarta corsia e sono state registrate crescite pari a 1.6% per il traffico leggero e 0.8% per il traffico pesante;
- Nel periodo 2008-2009 si è verificata una forte crisi economica che ha pesantemente ridotto il traffico pesante nel 2009: la recessione economica ha comportato un generale decremento del traffico su tutto la rete italiana, che solo negli ultimi anni ha dato segnali di ripresa. Nell periodo 2008-2016 sono state registrate crescite pari a 1.1% per il traffico leggero e -0.8% per il traffico pesante.

Figura 16 Trend del traffico lungo l'autostrada A4 Milano-Brescia



Fonte: elaborazione di dati ASPI

Tabella 7 Tassi di crescita lungo la A4 Milano-Brescia

	CAGR sul periodo	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti
A4 Milano-Bergamo a 3 corsie	1998-2005	1.7%	2.0%
Lavori di ampliamento	2005-2008	1.6%	0.8%
A4 Milano-Bergamo a 4 corsie	2008-2016	1.1%	-0.8%

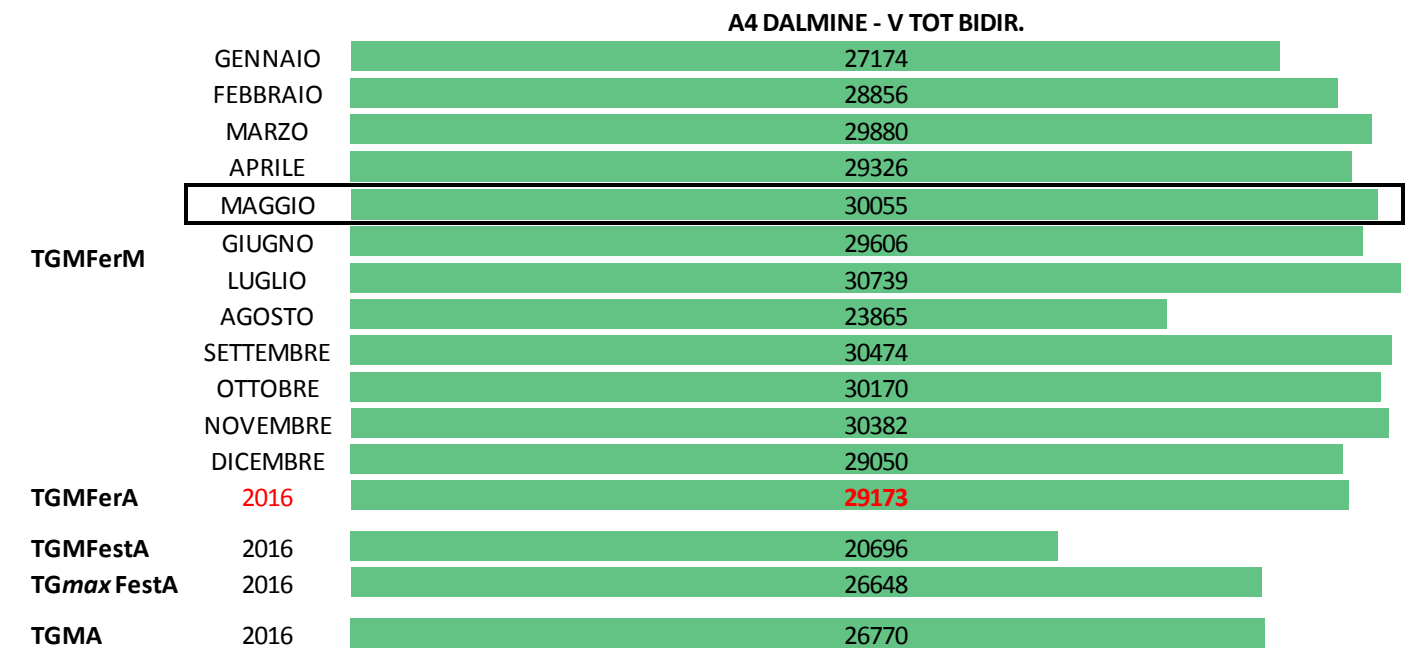
Fonte: elaborazione di dati ASPI

### 3.4 Rappresentatività dello studio di traffico

Le analisi di traffico, basate sui rilievi effettuati nel mese di maggio, sono cautelativamente rappresentative dell'ora di punta 8.00 – 9:00 del giorno medio feriale annuo (TGMFerMaggio 30055v/g  $\approx$  TGMFerA 29173 v/g).

Inoltre il Traffico Giornaliero Medio Festivo Annuo e il Traffico Giornaliero Massimo Festivo Annuo sono entrambi inferiori sia al TGMFerA che al TGMFerMaggio e quindi le analisi effettuate sono cautelative anche rispetto a questi scenari particolari di domanda festiva.

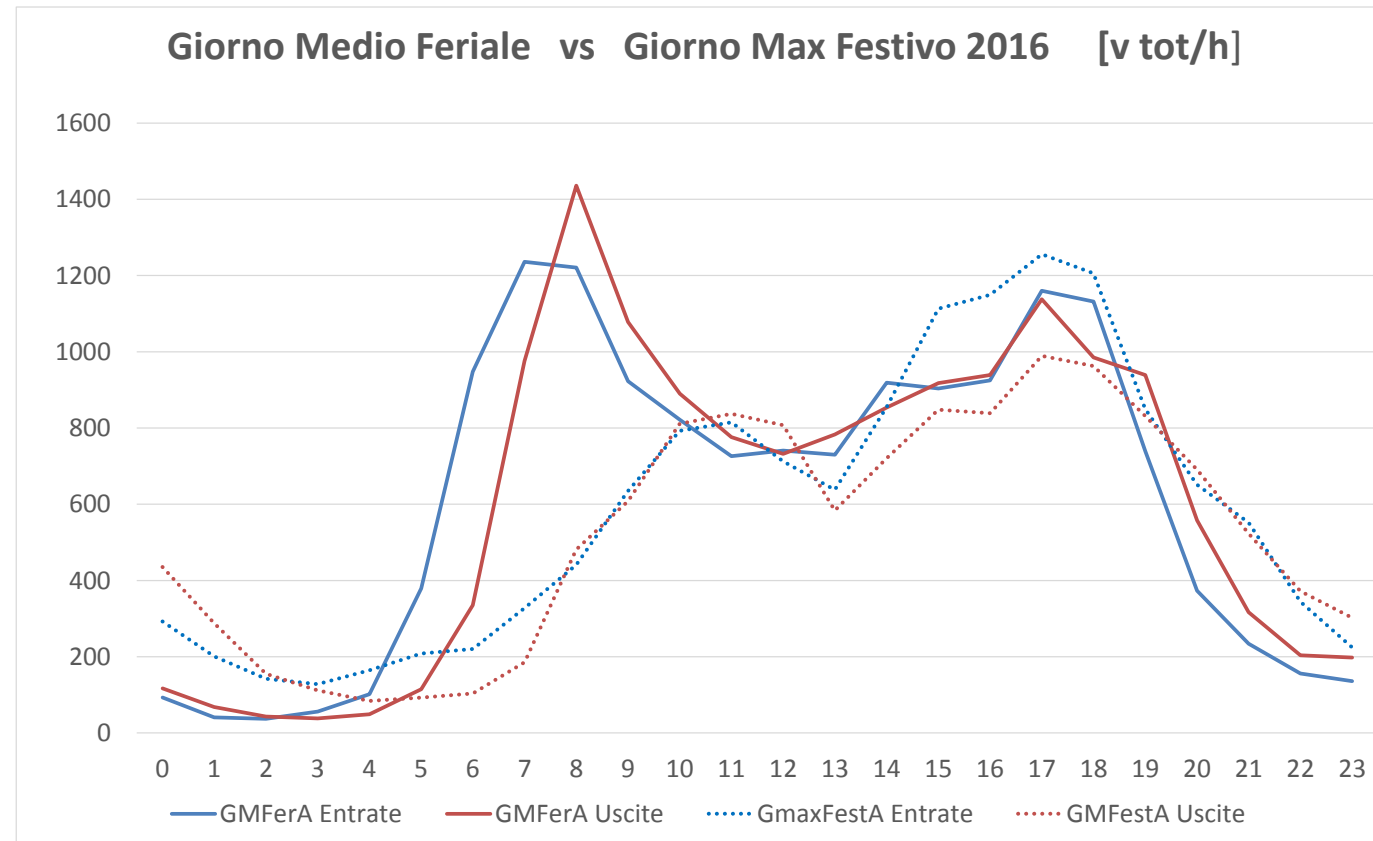
Figura 17 TGM Dalmine



La punta delle entrate del Giorno Festivo di massimo flusso è in linea con la punta oraria delle entrate del Giorno Medio Feriale considerato nella presente analisi di traffico: le analisi di performance valgono anche per le giornate festive (cfr figura seguente).

Bisogna tuttavia evidenziare che i dati al casello rappresentano la domanda evasa e non quella potenziale che nelle giornate festive di rientro dalle Valli Bergamasche è sicuramente maggiore di quella evasa a causa della scarsa funzionalità dell'accesso alla A4 che prevede il transito dalla rotatoria a raso di Dalmine. In via cautelativa si è quindi optato per effettuare uno stress test delle verifiche funzionali per vedere il limite massimo di tenuta dell'elemento progettuale.

Figura 18 Andamento orario a Dalmine nel giorno medio feriale annuo e nel giorno massimo festivo annuo: entrate e uscite



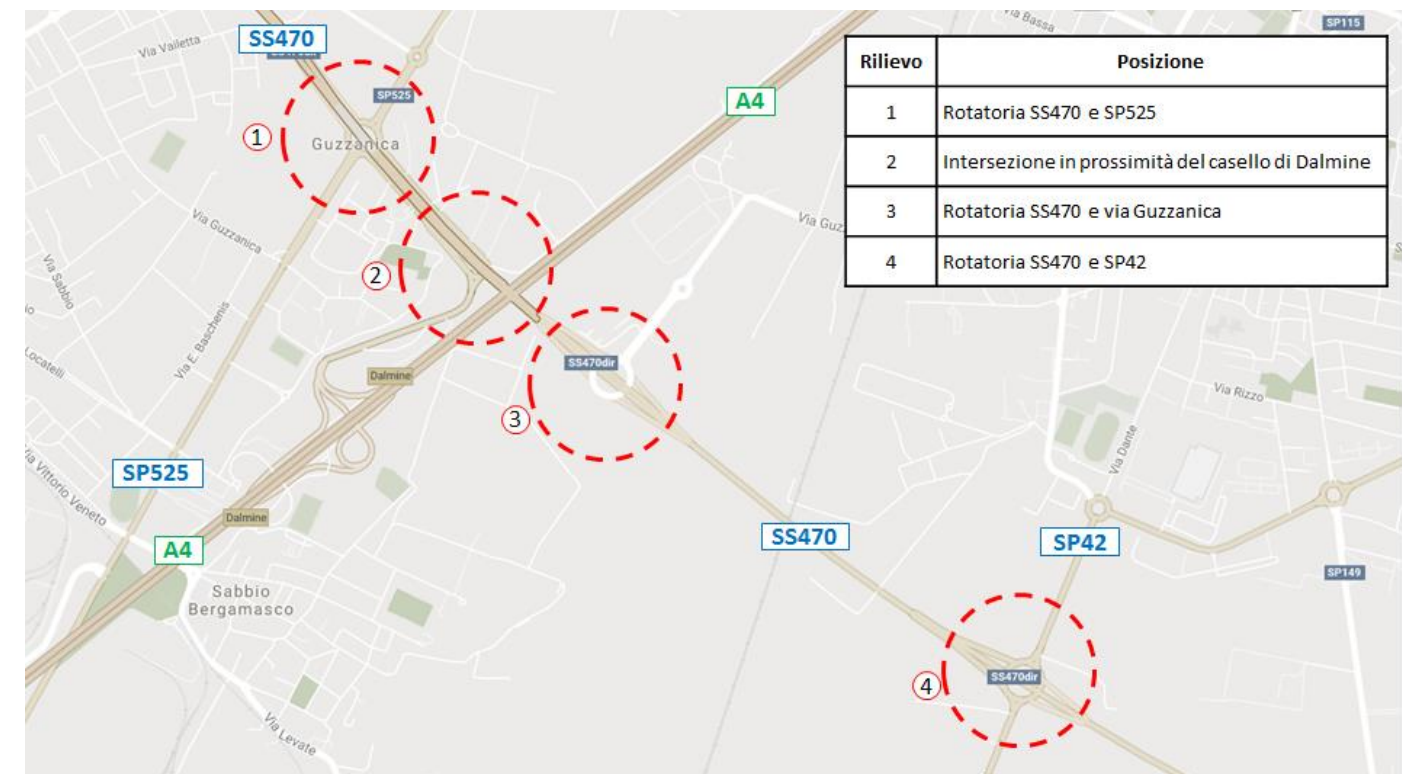
### 3.5 Campagna di monitoraggio del traffico

### 3.6 Intersezioni lungo la Tangenziale di Bergamo

Al fine di ottenere una aggiornata ed esaustiva fotografia delle dinamiche di mobilità lungo il tratto della Tangenziale di Bergamo direttamente influenzato dai movimenti legati al casello autostradale di Dalmine, sono stati effettuati nuovi rilievi di traffico con l'utilizzo di un pallone aerostatico in corrispondenza delle intersezioni in prossimità dello svincolo, come riportato nella figura seguente.

Tali rilievi sono stati utilizzati per integrare, calibrare e validare il modello di traffico dell'area di studio già implementato da Spea per lo Studio di Fattibilità di questo progetto.

Figura 19 Postazioni dei rilievi di traffico effettuati con aerostato



I rilievi sono stati realizzati su quattro intersezioni nella prima metà del mese di Maggio 2017 durante l'ora di punta (8.00-9.00) di giorni feriali. Con i dati ottenuti è stato possibile ricavare le matrici OD per ognuna delle intersezioni analizzate, definendo i flussi relativi alle singole manovre e alle singole tratte.

Nella tabella seguente si riportano i flussi totali in ingresso alle tre rotatorie analizzate, per tipo di veicolo e nel periodo di rilievo.

Tabella 8 Flussi totali in ingresso alle rotatorie analizzate

Postazione di rilievo	Moto	Auto	Commerciali leggeri	Commerciali pesanti
Rotatoria SPexSS470dir e SPexSS525	57	3550	419	348
Rotatoria SPexSS470dir e via Guzzanica	9	645	40	22
Rotatoria SPexSS470dir e SP42	45	2673	176	176



Figura 20 Foto da aerostato

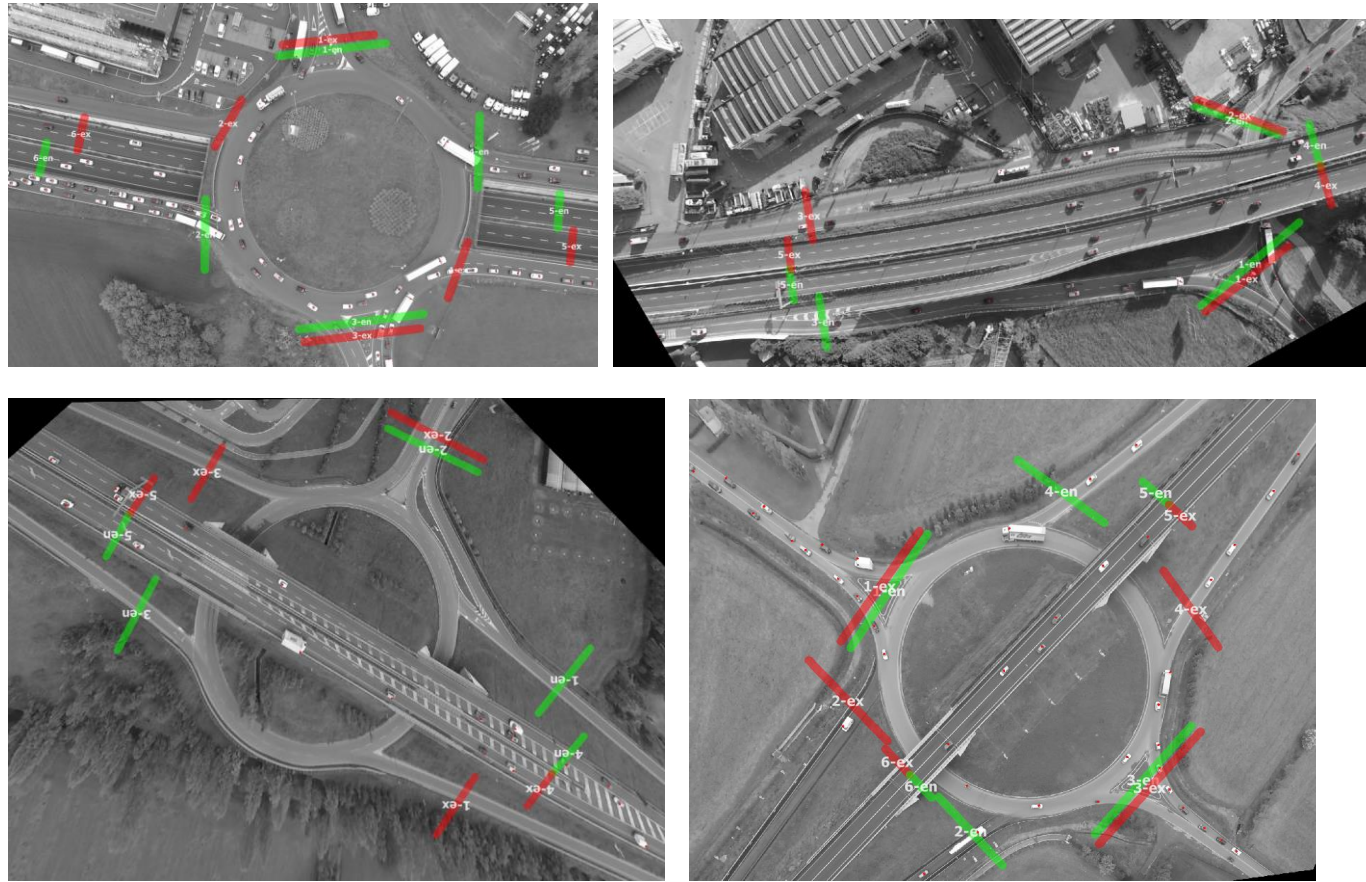
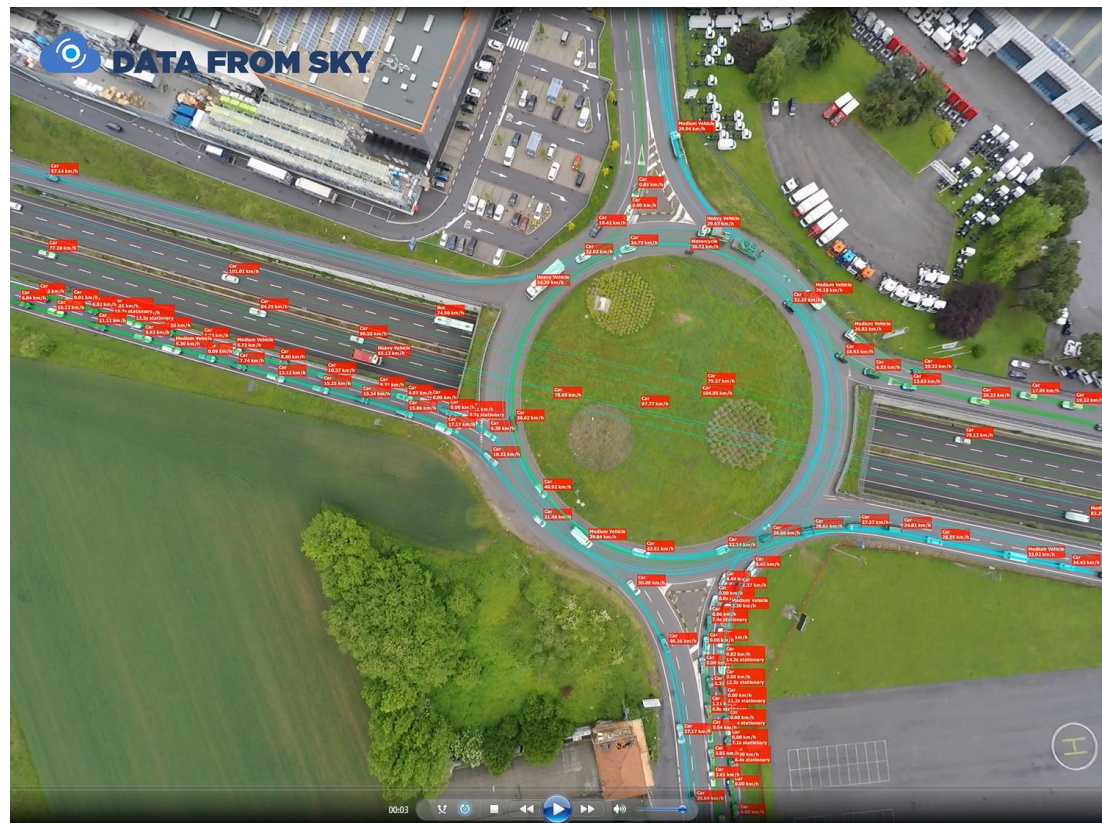


Figura 22 Esempio rilevamento dati ZOOM: classificazione e velocità



Figura 21 Esempio rilevamento dati: classificazione e velocità





#### 4 MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO STRADALE

Per simulare gli effetti sulla circolazione del progetto della nuova bretella di accesso al casello di Dalmine, è stato implementato un modello di simulazione del traffico privato presente nell'area di studio.

È stato utilizzato il software CUBE. Il software contiene al suo interno le componenti che descrivono i diversi aspetti del sistema di trasporto che permettono di simulare le condizioni di traffico:

- la domanda di trasporto, che rappresenta i dati sugli spostamenti tra le diverse zone rappresentate;
- l'offerta di trasporto che descrive le reti di trasporto individuale e le relazioni matematiche che legano le caratteristiche fisico-geometriche degli elementi della rete alle loro caratteristiche prestazionali.

Il modello di assegnazione simula gli equilibri tra domanda ed offerta di trasporto, assumendo come input i dati resi disponibili dal modello di domanda e dal modello di offerta. Il software consente di assegnare il traffico sulla rete stradale, stimando i percorsi effettuati dagli utenti sulla rete viaria ed i flussi sui singoli archi stradali, relativamente al periodo di tempo della simulazione.

##### 4.1 Area di studio e zonizzazione

La domanda di trasporto è l'espressione delle esigenze di mobilità e del comportamento degli utenti del servizio di trasporto. Essa è quantificata dal numero di spostamenti effettuati da ciascuna zona di origine ad ogni zona di destinazione in un determinato intervallo di tempo. All'interno del modello di simulazione la domanda di trasporto è contenuta in matrici Origine/Destinazione, costruite sulla base della zonizzazione territoriale adottata.

Una volta che l'area di studio è stata identificata, questa viene discretizzata in zone di traffico. Ad ogni zona viene assegnato un nodo chiamato "centroide", assumendo che la mobilità rilevante si manifesti solo tra centroidi corrispondenti a zone diverse. Le zone sono quanto più omogenee tra loro dal punto di vista dimensionale e socioeconomico, secondo criteri legati al tipo di analisi da effettuare, alla grandezza dell'area di studio ed alla reperibilità dei dati. Il territorio esterno al dominio è suddiviso in zone, dette "esterne", che rappresentano le aree che interagiscono con il sistema pur non essendo oggetto di studio.

Nel modello è stata definita una zonizzazione che comprende complessivamente 680 zone, che a livello provinciale e regionale composta come riportato nella tabella seguente.

La zonizzazione riguarda l'intera Italia, con diverso grado di dettaglio: la definizione è più dettagliata nell'area di studio dove una maggiore disaggregazione permette di ottenere previsioni più precise. Allontanandosi dall'area di studio, le zone sono state definite come aggregazioni di Comuni, Province e Regioni.

Tabella 9 Zonizzazione area di studio

Area	Numero di zone
Comune di Bergamo	7
Provincia di Bergamo	89
Provincia di Milano	163
Comune di Milano	52
Provincia di Monza-Brianza	64
Provincia di Brescia	53
Provincia di Lodi	24
Provincia di Cremona	40
Provincia di Como	20
Provincia di Varese	20
Provincia di Lecco	40
Provincia di Pavia	13
Zone esterne	95
<b>Totale</b>	<b>680</b>

Figura 23 Zonizzazione Comune di Bergamo

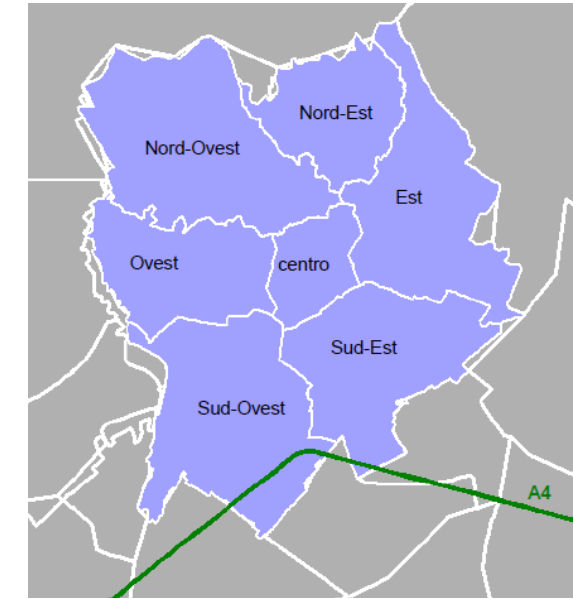
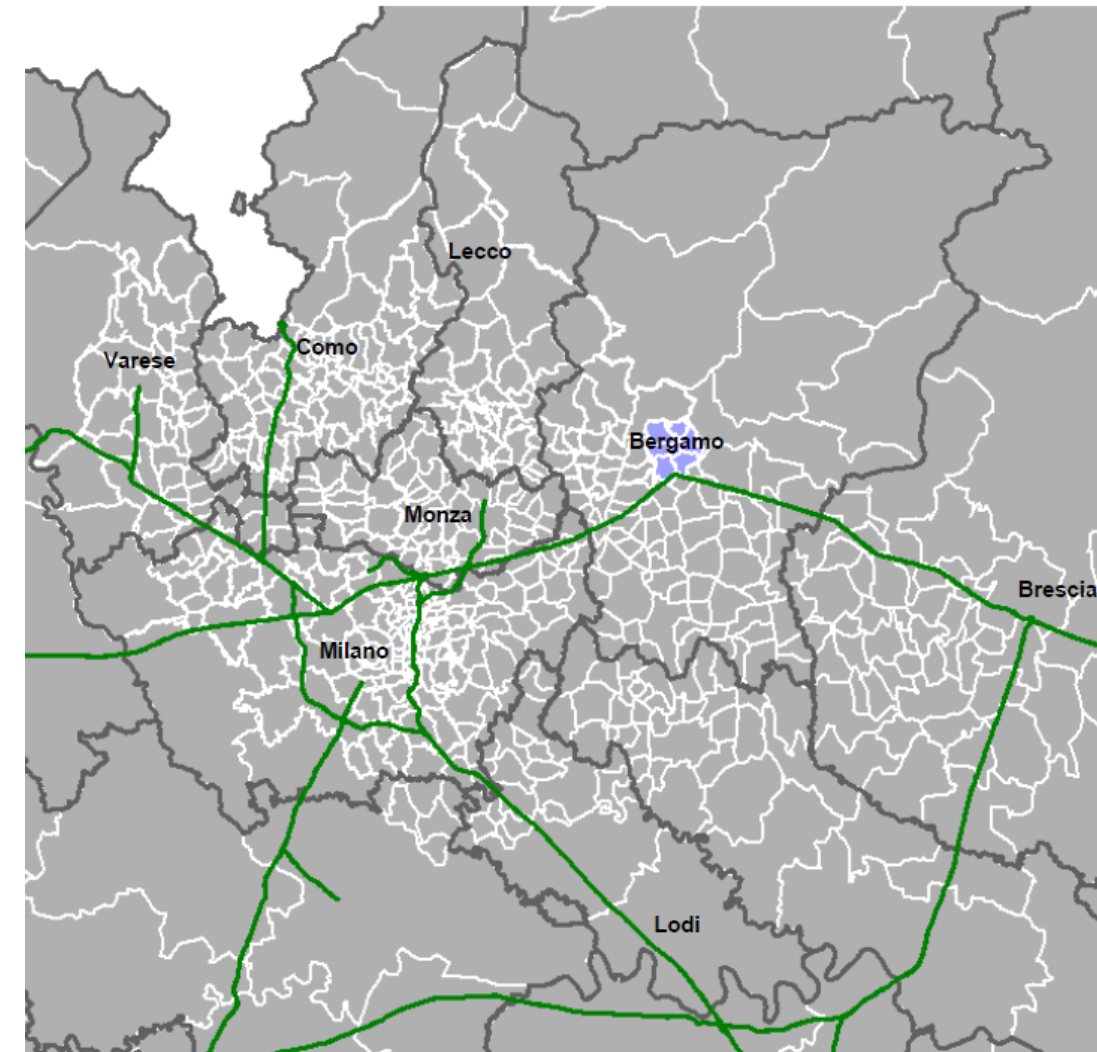


Figura 24 Zonizzazione del modello nell'area di studio





## 4.2 Offerta di trasporto

Il sistema dell'offerta di trasporto è costituito da quelle componenti fisiche (infrastrutture, veicoli e tecnologie), organizzative e normative (gestione della circolazione e strutture tariffarie) che determinano la produzione del servizio di trasporto e le sue caratteristiche.

La rete stradale è schematizzata nel grafo del modello di simulazione come una successione di archi ed un insieme di nodi.

Ogni arco rappresenta un tronco stradale ed è descritto secondo le caratteristiche fisico-geometriche della strada, specificando il numero di corsie, la lunghezza, la capacità di trasporto e la velocità di deflusso a rete scarica.

Per capacità dell'arco si intende il flusso massimo che può circolare sulla tratta dell'infrastruttura durante un intervallo di tempo fissato, tenendo conto delle caratteristiche geometriche della strada e delle "condizioni" di circolazione richieste (livello di servizio).

Il modello di offerta è costituito dalla rete così definita e dalle relazioni matematiche che legano i costi ed i flussi sulla rete (funzioni di costo generalizzato e curve di deflusso).

La rete implementata nel modello ricostruisce il sistema della viabilità esistente nell'intorno dell'infrastruttura oggetto di studio. In modo quindi più dettagliato all'interno dell'area di studio, rappresentando la viabilità extraurbana ed urbana, principale e secondaria, che convoglia gli spostamenti interessanti l'infrastruttura in oggetto, ed in modo sempre meno dettagliato allontanandosi dall'intorno della stessa.

Nel modello del presente studio, l'offerta è stata costruita sulla base della classificazione degli archi riportata nella tabella seguente.

**Tabella 10 Classificazione degli archi stradali**

Classe	Corsie	Capacità per direzione [veic/h]	Velocità a flusso libero [km/h]
Autostrade	2	4.400	130
	3	6.600	130
	4	8.800	130
Strade extraurbane principali	1	1.800	80
	2	3.600	90
Strade extraurbane secondarie	1	1000	50
	1	1.500	70
Strade urbane principali	1	1000	50
Strade urbane di quartiere	1	1000	40

Ai fini della costruzione e calibrazione del modello, le classi sopra riportate sono state ulteriormente suddivise in sotto-tipologie, con caratteristiche specificamente legate alle condizioni locali. I nodi stradali, l'altro elemento fondamentale del grafo, rappresentano le intersezioni tra i diversi archi stradali.

Le dimensioni della rete, in termini di zone, nodi ed archi, sono fornite nella tabella seguente.

**Tabella 11 Dimensione della rete nel modello di simulazione**

Elemento	Numero
Zone	680
Nodi	7.129
Archi	9.758

Il grafo è stato costruito sulla base delle cartografie regionali della Lombardia e della rete autostradale nazionale.

## 4.3 Domanda di trasporto

Le matrici base utilizzate in questo studio per le classi veicolari leggere derivano dall'elaborazione delle matrici Origine-Destinazione dalla matrice campionaria della Regione Lombardia regionale del 2014.

Dal momento che tali matrici di base comprendono solo i veicoli leggeri, la matrice dei veicoli pesanti è stata stimata con un modello di domanda gravitazionale a copertura nazionale calibrato in base alle caratteristiche del traffico merci su strada rilevato dalle indagini ISTAT.

I dati delle merci sono distribuiti per ciascuna coppia di O/D sulla base di una funzione esponenziale inversa dei costi di viaggio; il modello di distribuzione è stato calibrato sulla base delle matrici regionali delle merci elaborate dall'Istat.

Le matrici così costruite sono rappresentative della domanda di traffico nel **giorno feriale medio annuo** nell'ora simulata dell'**ora di punta del mattino (8:00-9:00)**.

Tali matrici di domanda sono quindi state integrate con i dati provenienti dalla matrice autostradale casello-casello sulla rete autostradale interconnessa di ASPI. Infine, tali matrici sono state calibrate sulla base dei volumi di traffico osservati sulla rete tramite procedura di stima matriciale.

Sulla base dei risultati di questa procedura di stima, la domanda è rappresentata da 3 distinti segmenti di domanda, differenziati secondo la tipologia veicolare e le classi tariffarie: Veicoli Leggeri (Classe A), Veicoli Commerciali leggeri (Classe B) e Veicoli Pesanti (Classi 3, 4 e 5).

Ai fini di tener conto dell'effettivo utilizzo della capacità stradale di ciascuna classe veicolare, le matrici di domanda sono state espresse in veicoli equivalenti, considerando l'ingombro di ciascun veicolo commerciale leggero pari a 1,5 volte quello di un veicolo leggero, e l'ingombro di un veicolo commerciale pesante pari a 2,5 volte quello di un veicolo leggero.

Il modello ha preso come riferimento temporale per lo **scenario attuale l'anno 2016** e tutte le base dati disponibili, matrici e conteggi, sono state omogeneizzate a questo orizzonte temporale.

#### 4.4 Interazione tra domanda ed offerta

##### Algoritmo di assegnazione

Il modello di simulazione utilizza specifici algoritmi per calcolare i percorsi degli utenti sul grafo di rete, e quindi i volumi sui singoli archi della rete stradale. Gli algoritmi di assegnazione permettono di simulare il comportamento degli automobilisti, che sono portati a scegliere l'itinerario del viaggio minimizzando il costo generalizzato del trasporto, cioè la lunghezza dell'itinerario, il tempo di viaggio e gli eventuali costi monetari. La lunghezza ed i costi monetari dipendono esclusivamente dalle caratteristiche della rete stradale, il tempo di viaggio è invece influenzato dai flussi di veicoli che occupano gli archi.

La procedura di assegnazione è basata su un algoritmo per la ricerca degli itinerari ottimi. Ogni itinerario viene calcolato minimizzando una funzione di costo generalizzato che sinteticamente può essere espressa dalla formula:

$$C_g = T \cdot VOT + D \cdot VOC + C_t$$

dove:

- C<sub>g</sub> rappresenta il costo generalizzato,
- T è il tempo di percorrenza,
- VOT è il valore monetario del tempo,
- D è la distanza di viaggio,
- VOC è il costo operativo,
- C<sub>t</sub> è il pedaggio.

A rete scarica il tempo di percorrenza è unicamente funzione della velocità massima consentita dai limiti di circolazione, mentre in presenza di altri autoveicoli la velocità è inferiore e dipende dal livello di congestione.

Nel modello costruito, il costo generalizzato di viaggio è stato calcolato considerando:

- per i veicoli leggeri, il costo del tempo di viaggio più l'eventuale pedaggio;
- per i veicoli pesanti, il costo del tempo di viaggio, i costi operativi (considerandone unicamente una quota a parte in ragione della rilevanza ai fini della scelta del percorso) e l'eventuale pedaggio.

Il tempo di percorrenza con un dato flusso di veicoli sul singolo arco viene determinato con una funzione detta *capacity-restraint* (funzione CR), che descrive la relazione tra flusso e capacità di una strada. Le formule utilizzate sono note come funzioni BPR (*Bureau of Public Roads*).

Il flusso del traffico presente sulla rete viene calcolato con la seguente funzione:

$$q = \sum_{i=1}^{NumSist} q_i + q_{precarico} \quad \text{dove:}$$

- q<sub>i</sub> rappresenta il flusso di ogni segmento i di domanda,
- q<sub>precarico</sub> rappresenta un eventuale volume non incluso nella matrice O/D.

Il tempo di percorrenza viene calcolato per ogni arco con la formula seguente:

$$t_{corr} = t_0 \cdot \left( 1 + \alpha \left( \frac{q}{q_{max}} \right)^\beta \right) \quad \text{dove:}$$

- t<sub>corr</sub> è il tempo calcolato durante la simulazione (all'iterazione corrente),
- t<sub>0</sub> è il tempo di percorrenza con la rete scarica,
- q<sub>max</sub> è la capacità dell'arco stradale,
- α, β sono parametri caratteristici che variano con la tipologia degli archi.

La procedura di calcolo utilizzata è quella detta di assegnazione all'equilibrio. I valori di domanda, tra ogni origine ed ogni destinazione, sono caricati sulla rete attraverso diverse iterazioni per ricercare i percorsi con impedenza inferiore e quindi bilanciare i flussi sui nuovi itinerari attraverso un algoritmo chiamato di Frank and Wolf.

Questa procedura è coerente con il Primo Principio di Wardrop e sottende l'ipotesi che gli utenti conoscano perfettamente lo stato del traffico sulla rete e decidano di conseguenza l'itinerario migliore.

##### Parametri comportamentali

La scelta del percorso degli utenti simulata dal modello tiene conto del costo generalizzato di viaggio che considera il pedaggio, il tempo di viaggio, convertito in valori monetari tramite il Valore del Tempo e la distanza, convertito in valori monetari tramite il costo operativo chilometrico.

Per la determinazione del Valore del Tempo (VoT), ci si è avvalsi dell'esperienza acquisita in numerosi studi effettuati in Italia ed in diversi paesi europei. Inoltre, l'affinamento del valore del tempo utilizzato nel modello è stata determinata in sede di calibrazione, anche sulla base dei flussi osservati sulla rete autostradale e sulle alternative stradali non a pedaggio.

Il valore medio del tempo considerato è di 10 euro/h per i veicoli leggeri, 13 euro/h per i veicoli commerciali leggeri e 20 euro/h per i veicoli commerciali pesanti.

**Tabella 12 Parametri comportamentali**

Classi di utenza	Valore del tempo	Costi operativi percepiti
Auto breve percorrenza	10,00 €/ora	0,08 €/km
Veicoli commerciali leggeri	13,00 €/ora	0,12 €/km
Veicoli commerciali pesanti	20,00 €/ora	0,24 €/km

##### Distribuzione oraria e stagionalità

La stima del traffico del giorno medio annuo del Casello di Dalmine, a partire dai flussi in ora di punta, è stata effettuata stimando degli opportuni coefficienti di espansione temporale che rappresentano l'incidenza dell'ora di punta sul traffico giornaliero medio annuo.

**Tabella 13 Coefficienti di espansione temporale al casello di Dalmine**

	Veicoli leggeri		Veicoli commerciali		Veicoli pesanti	
	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite	Entrate	Uscite
Coeff. di espansione temporale	11.6	8.4	9.6	11.7	13.3	11.2

Per quanto riguarda la distribuzione oraria per la stima del traffico giornaliero diurno e notturno, i valori riportati nella tabella seguente possono essere utilizzati per ricavare la quota di traffico notturno e diurno per ciascuno degli scenari di simulazione.



**Tabella 14 Distribuzione del traffico tra periodo notturno e diurno**

	Veicoli leggeri	Veicoli commerciali	Veicoli pesanti
Quota traffico diurno (06:00-22:00)	92.2%	85.7%	85.9%
Quota traffico notturno (22:00-06:00)	7.2%	14.3%	14.1%

#### 4.5 Validazione del modello di traffico

Il modello si ritiene validato quando – in seguito al processo di calibrazione, ovvero di iterativa modifica dei dati di input – i risultati delle simulazioni dello stato di fatto ricostruiscono con buona approssimazione i dati di traffico rilevati.

Nel caso in esame, sono stati utilizzati nel processo di calibrazione i dati di traffico relativi alle sezioni di rilievo rappresentate nelle figure seguenti. Essi rappresentano un'opportuna selezione dell'ampia base dati descritta al capitolo precedente.

La validazione dei flussi veicolari simulati rispetto a quelli osservati è effettuata utilizzando quali parametri statistici il coefficiente di correlazione  $R^2$ , che fornisce una misura della dipendenza tra le due variabili, e l'indice GEH.

$$GEH = \sqrt{\frac{(\text{flusso}_{\text{simulato}} - \text{flusso}_{\text{osservato}})^2}{(\text{flusso}_{\text{simulato}} + \text{flusso}_{\text{osservato}}) * 0.5}}$$

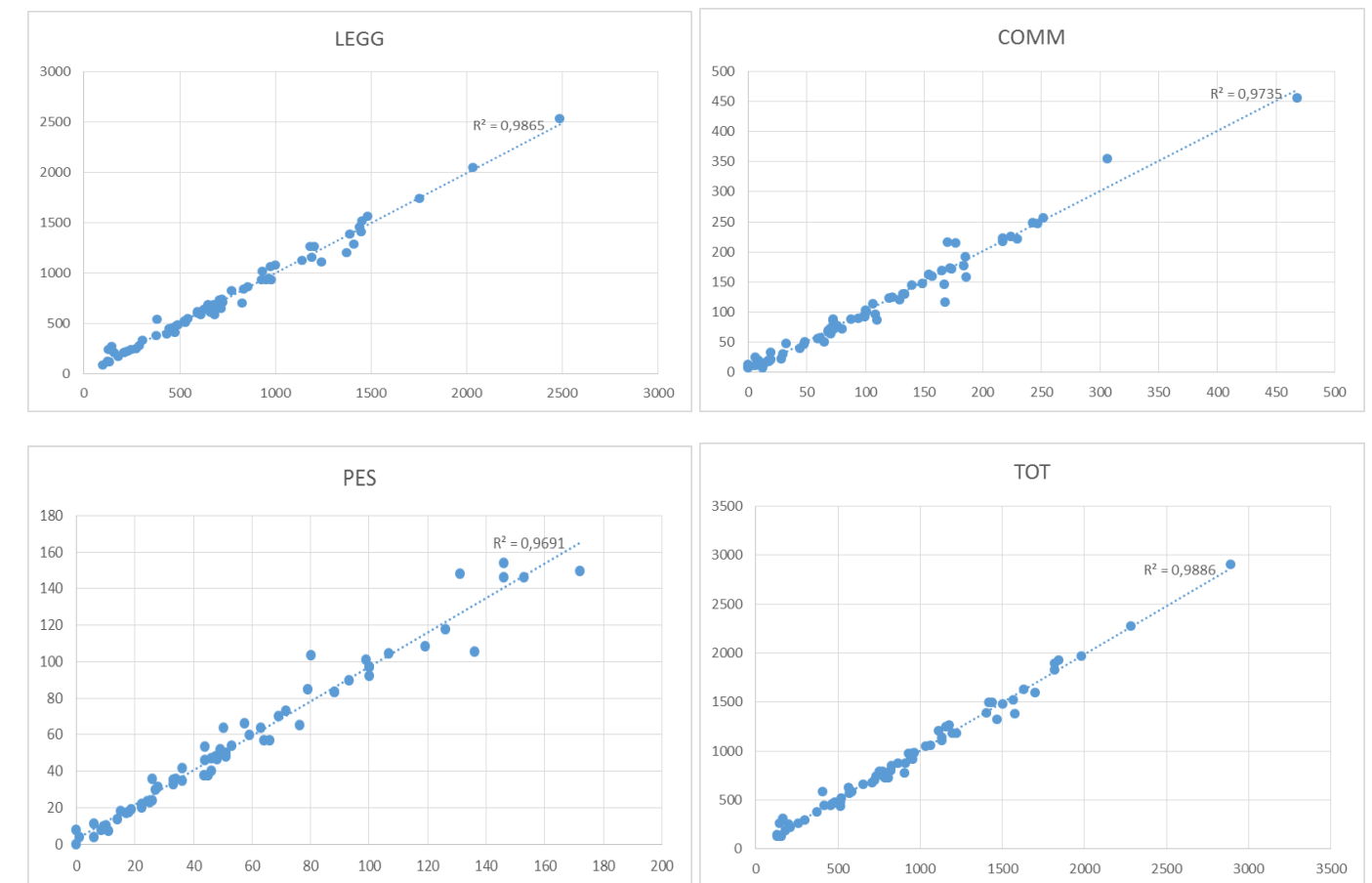
Per quanto riguarda l'indice  $R^2$ , la letteratura e la prassi di settore indica come soddisfacenti valori superiori a 0.85, mentre per quanto riguarda l'indice GEH, ai fini della validazione del modello si richiede che la quasi totalità dei flussi presentino un valore di GEH inferiore a 9, e che almeno l'80% dei flussi abbia un valore inferiore a 5. La tabella seguente conferma che il modello di simulazione sia da considerarsi validato per quanto riguarda i flussi veicolari sui singoli archi.

I grafici e le tabelle riportati confermano la buona corrispondenza tra flussi rilevati e simulati dal modello nella situazione attuale.

**Tabella 15 Indici sintetici per la validazione del modello di traffico**

Criterio	Conteggi Veicoli leggeri	Conteggi Veicoli commerciali	Conteggi Veicoli pesanti	Conteggi Veicoli totali
<b>N. CONTEGGI</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
GEH < 9	68	68	68	67
GEH < 5	65	68	68	64
$R^2$	0.98	0.97	0.97	0.99

**Figura 25 Confronto Calcolato-Misurato**



## 5 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI FUTURI E CRITERI DI VERIFICA FUNZIONALE

### 5.1 Ipotesi relative all'evoluzione della domanda di trasporto su strada

#### 5.1.1 Driver della domanda della mobilità

Per definire la crescita futura della domanda di trasporto nell'area di studio è stata condotta una analisi di regressione distinta per veicoli leggeri e pesanti, partendo dai dati storici di traffico registrati dal 1996 ai caselli dell'area di studio (Capriate, Dalmine, Bergamo e Seriate).

In questa fase è stata analizzata la correlazione tra l'andamento del traffico e le principali variabili socioeconomiche ed si è scelto di considerare il PIL come principale driver della domanda di traffico, sia leggero che pesante.

Ai fini previsionali, si sono considerate le previsioni del PIL reale fornite da Fondo Monetario Internazionale (World Economic Outlook, datato aprile 2017), disponibili a livello nazionale fino all'anno 2022. Le previsioni di traffico sono state elaborate fino al 2025, ipotizzando per gli ultimi tre anni di previsione la stessa crescita del PIL fornita dal FMI per il 2022

**Tabella 16 Serie storica e previsioni di crescita PIL reale**

Serie storica	PIL Reale Italia	Previsione	PIL Reale Italia
1996	1.3%	2017	0.8%
1997	1.8%	2018	0.8%
1998	1.6%	2019	0.8%
1999	1.6%	2020	0.8%
2000	3.7%	2021	0.8%
2001	1.8%	2022	0.8%
2002	0.2%	2023	0.8%
2003	0.2%	2024	0.8%
2004	1.6%	2025	0.8%
2005	0.9%		
2006	2.0%		
2007	1.5%		
2008	-1.1%		
2009	-5.5%		
2010	1.7%		
2011	0.6%		
2012	-2.8%		
2013	-1.7%		
2014	0.1%		
2015	0.8%		
2016	0.9%		

#### 5.1.2 Modelli di crescita della domanda di mobilità

Per stimare i tassi di crescita della domanda privata, è stato elaborato un modello basato sulla relazione storica tra il traffico ed il PIL italiano.

Sulla base dell'analisi di regressione dei dati dal 1996 al 2016 è stata ottenuta l'elasticità del traffico alla crescita del PIL Italiano pari a 1.89 per i leggeri e 2.03 per i pesanti. Si assume che tale valore di elasticità decresca linearmente fino ad arrivare a 1.00 nell'ultimo anno di previsione, per entrambe le componenti di traffico.

La stima delle matrici future è quindi stata ottenuta applicando le elasticità alle ipotesi di evoluzione del PIL italiano, secondo la seguente formulazione:

$$T_{i+1} = T_i \cdot \left( \frac{PIL_{i+1}}{PIL_i} \right)^e \quad \text{essendo:}$$

T: la domanda di traffico agli anni i ed i+1 per ciascuna coppia OD, PIL: il valore del PIL agli anni i ed i+1, e: l'elasticità del traffico al PIL.

Nelle figure seguenti si riporta l'andamento del traffico storico e le previsioni relative al casello di Dalmine per veicoli leggeri e pesanti.

**Figura 26 Veicoli leggeri: traffico storico e previsioni casello di Dalmine**

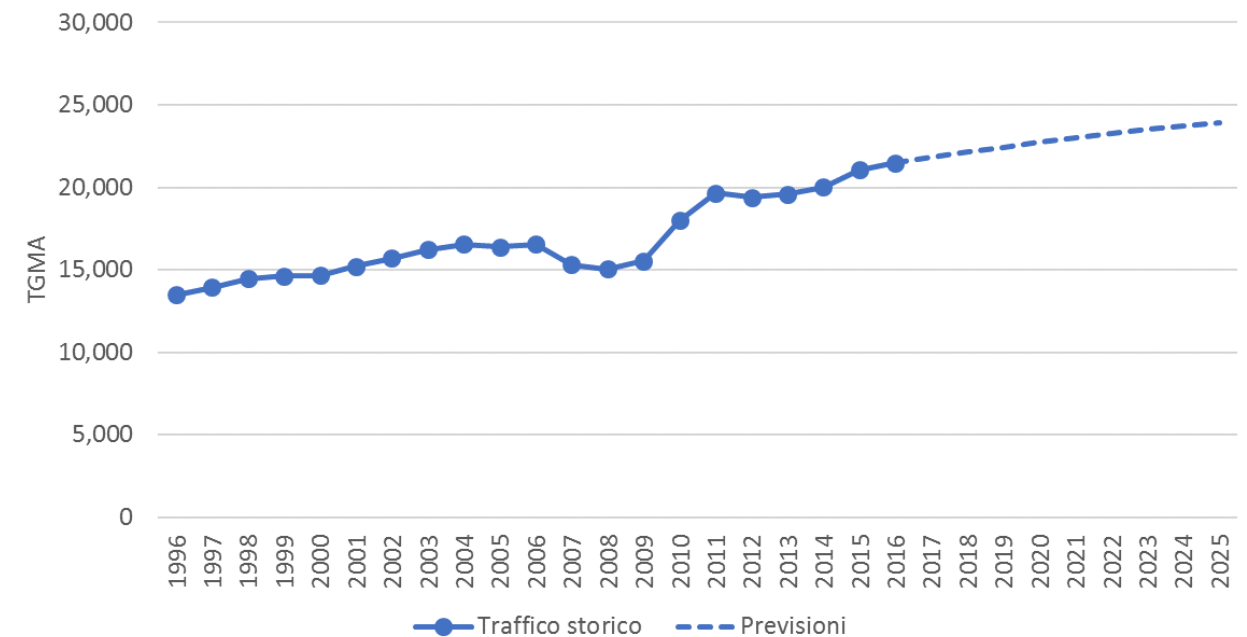
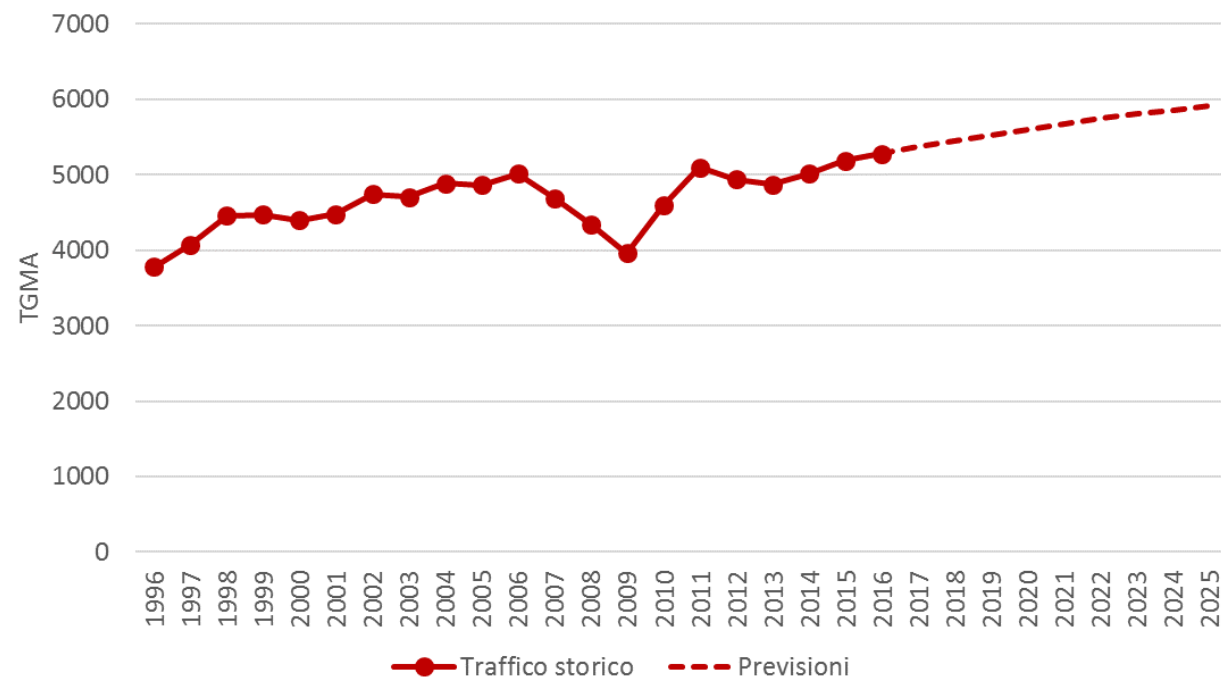




Figura 27 Veicoli pesanti: traffico storico e previsioni casello di Dalmine



### 5.1.3 Previsioni di crescita della domanda

Complessivamente, i tassi di crescita identificati comportano un incremento della domanda nel 2025 rispetto al 2011 pari al 10.4% per i veicoli leggeri e 7.4% per i veicoli pesanti. Per gli anni 2012 e 2013 si sono, ovviamente, utilizzati i tassi di crescita reali.

Tabella 17 Previsioni di crescita della domanda di mobilità

Periodo 2016-2025	Leggeri	Pesanti
Crescita cumulata	+11.4%	+12.0%
CAGR	+1.2%	+1.3%

## 5.2 Ipotesi relative al Quadro Infrastrutturale Programmatico

Nell'ambito del presente studio, è stato definito lo scenario infrastrutturale programmatico per la valutazione del traffico all'orizzonte temporale di medio periodo corrispondente all'anno 2025 sulla base di quanto esposto nel capitolo 2.

In particolare, in considerazione del fatto che sia la Pedemontana Lombarda (con le sue opere connesse ed in particolare la Dorsale dell'Isola dalla SP166 a Terno d'Isola e SP155 a Madone) che l'IPB (con il suo Peduncolo) sgraveranno lo svincolo di Dalmine, si è ritenuto cautelativo effettuare le verifiche ed i dimensionamenti funzionali dell'opera in progetto in assenza di tali infrastrutture.

Tabella 18 Infrastrutture considerate nel Quadro Programmatico

Intervento	Quadro Programmatico
	2025
Interconnessione Pedemontana-Bre.Be.Mi (IPB)	-
Variante unica alla SPexSS525 e alla SPexSS42 dalla Tangenziale Sud di Bergamo a Osio Sotto (Peduncolo IPB)	-
Pedemontana Lombarda (completamento)	-
Dorsale d'Isola: opera connessa alla Pedemontana Lombarda che collega la SP155 a sud di Madone alla SP166 ad est di Terno d'Isola	-
Tangenziale Sud di Bergamo Tratta Treviolo – Paladina (potenziamento)	<b>X</b>
Tangenziale Sud di Bergamo Tratta Paladina - Villa d'Almè (variante)	-
Variante alla SP166: collegamento da Calusco d'Adda a Terno d'Isola	-

## 5.3 Calcolo Livelli di Servizio

La metodologia seguita per il calcolo del LOS delle intersezioni è stata:

- quella proposta dal Setra (Service d'études technique des routes et autoroutes "The design of interurban intersections on major roads" Dicembre 1998) integrata dalla procedura proposta dall'Highway Capacity Manual per le rotatorie extraurbane.
- quella proposta dall'Highway Capacity Manual per il tronco di scambio lungo la Tangenziale Sud in direzione Seriate sopra lo scavalco della A4.

Il LOS delle intersezioni è stato messo a confronto con i livelli richiesti dalla normativa vigente (DM 6792 del 05/11/2011 e DM 19/04/2006). Tale normativa risulta cogente per le nuove opere mentre, per quelle esistenti, risulta solo di riferimento:

- rotatoria di svincolo lungo la Tangenziale Sud: rotatoria esistente con innesto della viabilità di adduzione al casello di Dalmine, la normativa è di riferimento. Il LOS di riferimento è LOS B.
- tronco di scambio: tronco di scambio esistente, la normativa è di riferimento. Il LOS di riferimento è LOS B.

Tabella 19 Scala dei LOS

	LOS
Ottimale	A
	B
	C
	D
a capacità	E
sovrasaturazione	F

## 6 RISULTANZE

Nel presente capitolo si espongono le risultanze delle analisi di traffico elaborate sulla base delle ipotesi illustrate precedentemente.

Gli Scenari Programmatici permettono di valutare l'evoluzione del traffico sulla rete stradale dovuto sia all'evoluzione della domanda di mobilità sia ai cambiamenti infrastrutturali futuri, mentre gli Scenari Progettuali permettono di individuare gli effetti dell'intervento di progetto.

Oltre allo scenario attuale, servito per calibrare il modello di traffico, sono poi stati simulati **2 scenari futuri**: programmatico e progettuale.

I due scenari sono stati valutati al medesimo orizzonte temporale di medio periodo, anno **2025**, quindi hanno la medesima domanda di mobilità e si distinguono solo per la definizione della rete stradale in esercizio. Nello specifico la valutazione ha riguardato l'**odp 8:00-9:00 del giorno ferial medio annuale**.

**Tabella 20** Traffico casello di Dalmine e Bergamo

ODP - CASELLI	Scenario attuale 2016				PRG 2025				PRJ 2025				PRJ 2025 vs PRG 2025			
	Ora di punta 8-9 [veh/h]				Ora di punta 8-9 [veh/h]				Ora di punta 8-9 [veh/h]				Ora di punta 8-9 [veh/h]			
DESCRIZIONE	LEGG	COMM	PES	TOTALE	LEGG	COMM	PES	TOTALE	LEGG	COMM	PES	TOTALE	LEGG	COMM	PES	TOTALE
Dalmine entrata	934	163	83	<b>1181</b>	1016	175	96	<b>1286</b>	1134	190	107	<b>1430</b>	118	16	11	<b>144</b>
Dalmine uscita	1267	130	97	<b>1494</b>	1375	145	106	<b>1627</b>	1595	157	119	<b>1872</b>	220	12	13	<b>245</b>
Bergamo entrata	2052	117	104	<b>2273</b>	2297	157	105	<b>2560</b>	2175	160	82	<b>2417</b>	-122	2	-22	<b>-142</b>
Bergamo uscita	2536	222	150	<b>2907</b>	2855	247	171	<b>3273</b>	2681	246	160	<b>3087</b>	-174	-1	-11	<b>-186</b>

TGMA Bidir. - CASELLI	Scenario attuale 2016				PRG 2025				PRJ 2025				PRJ 2025 vs PRG 2025			
	LEGG	COMM	PES	TOTALE	LEGG	COMM	PES	TOTALE	LEGG	COMM	PES	TOTALE	LEGG	COMM	PES	TOTALE
Dalmine	21494	3074	2203	<b>32086</b>	23343	3364	2471	<b>29178</b>	26562	3654	2757	<b>32974</b>	3219	290	287	<b>3796</b>
Bergamo	53314	5713	3352	<b>72717</b>	59874	6994	3617	<b>70484</b>	56443	7043	3151	<b>66637</b>	-3431	49	-466	<b>-3847</b>

L'accessibilità allo svincolo di Dalmine, potenziata e fluidificata, comporta, rispetto allo scenario programmatico, un aumento dei flussi che si attesta sul +13% bidirezionale.

Tale variazione va a discapito del casello di Bergamo che vede infatti, in valore assoluto, una equivalente diminuzione.



Figura 28 Scenario progettuale (veicoli totali odp 8:00-9:00 Giorno Feriale Medio Annuo 2025)

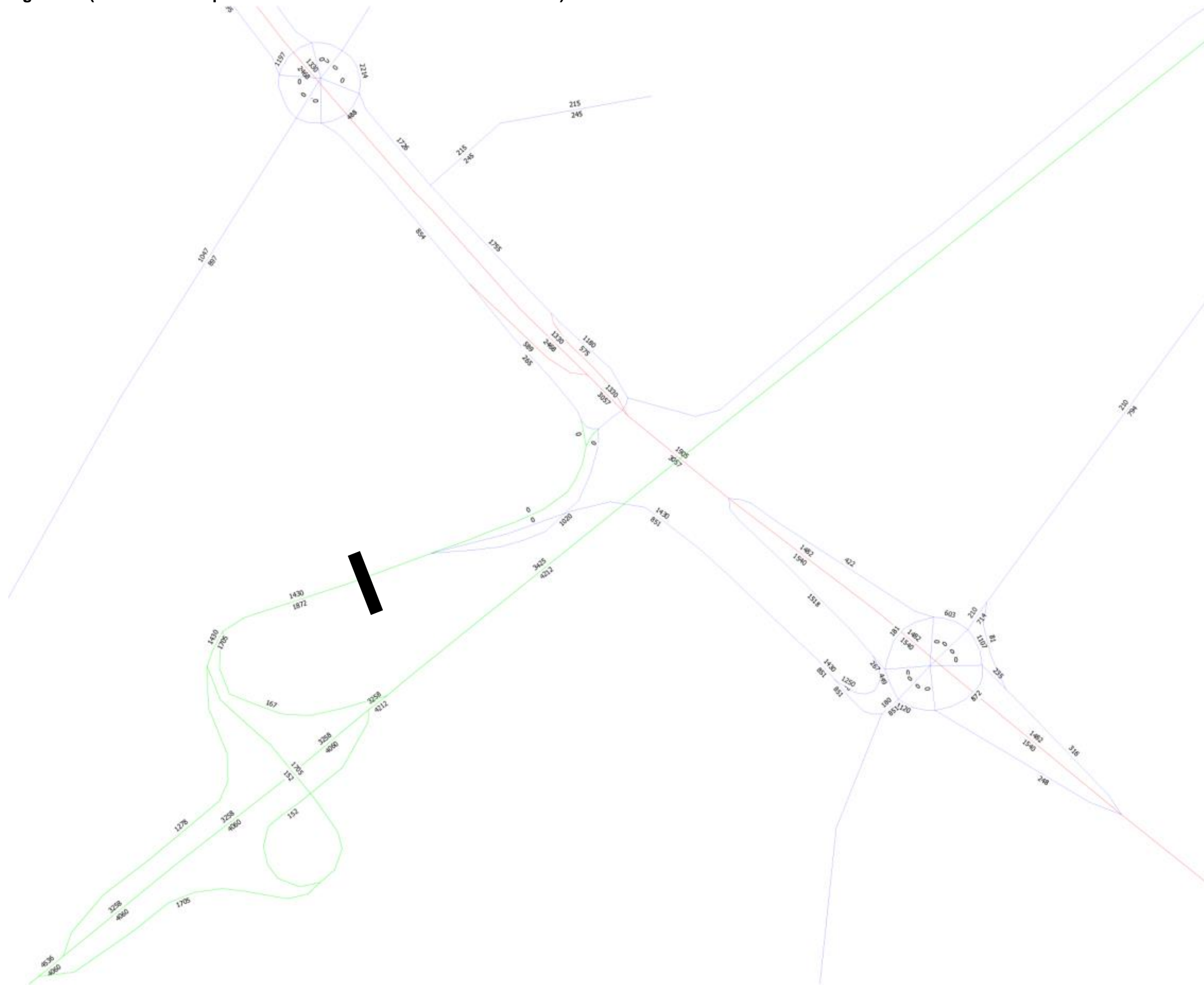
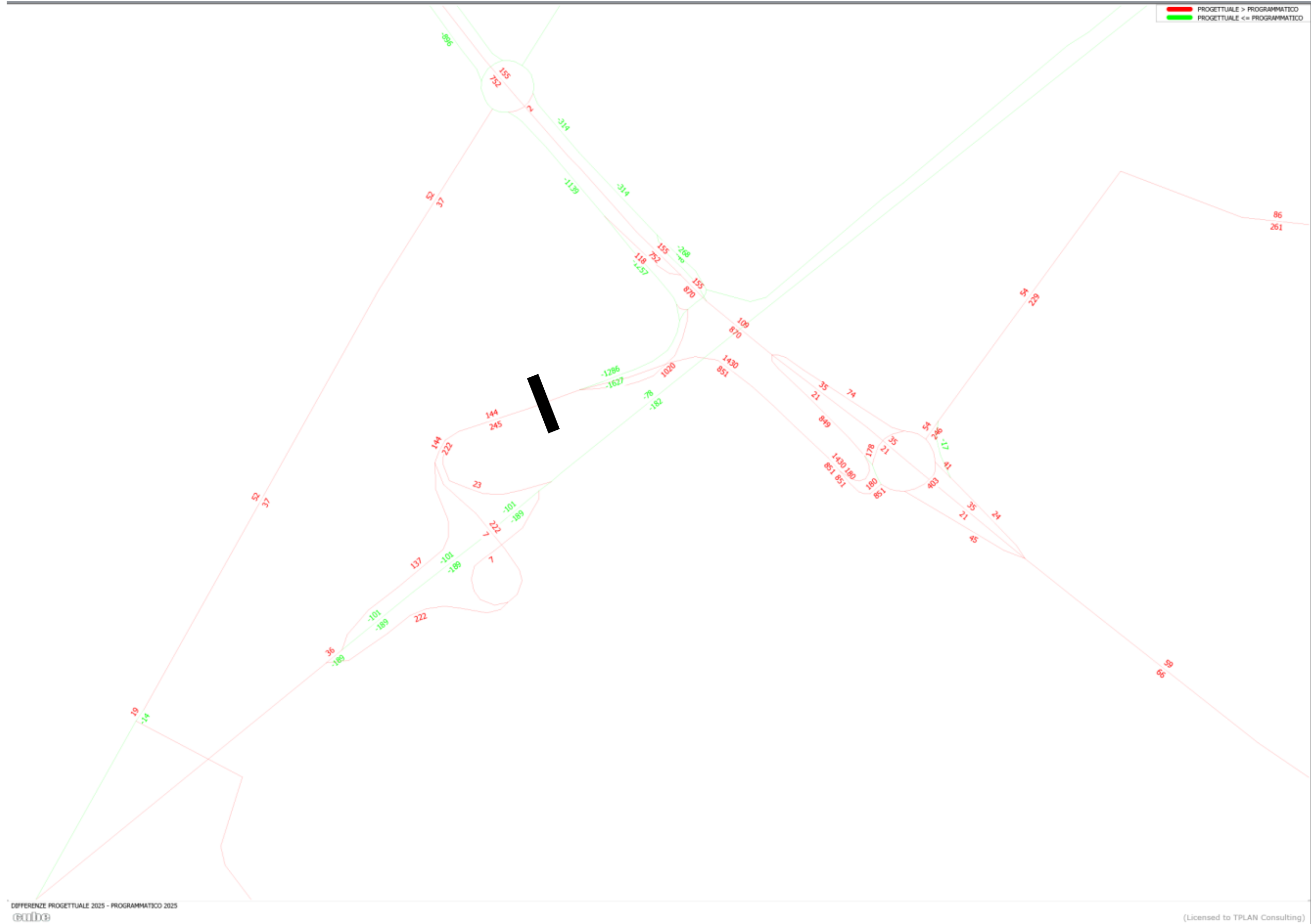


Figura 29 Grafo differenza progettuale - programmatico (veicoli totali odp 8:00-9:00 Giorno Feriale Medio Annuo 2025)





## 7 VALUTAZIONI FUNZIONALI

### 7.1 Rotatoria di svincolo

Nel presente paragrafo si riportano le risultanze delle verifiche funzionali della rotatoria di svincolo nello scenario progettuale dell'ora di punta del giorno feriale medio annuo. La metodologia seguita è quella riportata nel paragrafo 5.3. La verifica è risultata soddisfatta.

E' stato effettuato anche uno stress test amplificando in modo omogeneo sia la matrice leggeri che quella pesanti e fornendo il coefficiente di amplificazione che determina il passaggio da un LOS al successivo.

Tabella 21 LOS Rotatoria di svincolo

ROTATORIA DI SVINCOLO		LOS		
Scenario	Di riferimento da normativa	calcolato	Verifica soddisfatta?	
2025 Scenario Progettuale	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>SI</b>	
Scenario	Coeff di amplificazione	calcolato		
Stress test	<b>1.08</b>	<b>LOS C</b>		
Stress test	<b>1.17</b>	<b>LOS D</b>		
Stress test	<b>1.21</b>	<b>LOS E</b>		

Figura 30 Foglio di calcolo

Rotatoria di svincolo  
Scenario progettuale 2025  
Verifica con metodo francese SETRA

**Veicoli leggeri - ora di punta**

OID	A	B	C	D	
A	0	245	0	0	245
B	157	0	22	28	207
C	77	0	0	123	200
D	149	438	219	0	807
	383	683	241	151	1458

**Veicoli pesanti - ora di punta**

OID	A	B	C	D	
A	0	23	0	0	23
B	17	0	1	7	25
C	14	0	0	22	35
D	9	8	28	0	45
	39	31	29	29	128

**Veicoli equivalenti - ora di punta**

OID	A	B	C	D	
A	0	279	0	0	279
B	181	0	24	40	245
C	98	0	0	155	253
D	163	450	261	0	874
	442	729	285	195	1650

**Matrice di Distribuzione N - ora di punta**

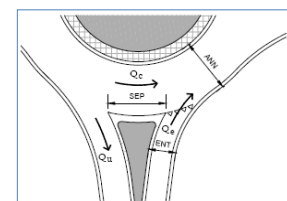
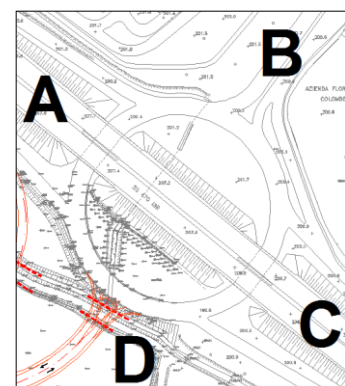
OID	A	B	C	D	
A	0%	100%	0%	0%	100%
B	74%	0%	10%	16%	100%
C	39%	0%	0%	61%	100%
D	19%	52%	30%	0%	100%

	A	B	C	D
Qe	279	245	253	874
Qu	442	729	285	195
Qc	218	415	891	302
SEP	15,0	14,5	15,0	14,5
ANN	7,5	7,5	7,5	7,5
ENT	4,0	6,8	5,0	4,3
Qu'	0	24	0	6
Qd	228	450	929	320
Capacità	1229	1345	781	1189
ΔC	951	1100	528	315
Qe/C	0,23	0,18	0,32	0,73

**HCM**

	C	T	d
C	1229	1345	781
T	1	1	1
d	4	3	7

LOS rotatoria **B**



### 7.2 Tronco di scambio lungo la Tangenziale Sud

Nel presente paragrafo si riportano le risultanze della verifica funzionale del tronco di scambio che si viene a creare in carreggiata Est della Tg. di BG nello scenario progettuale dell'ora di punta del giorno feriale medio annuo. La metodologia seguita è quella riportata nel paragrafo 5.3. La verifica è risultata soddisfatta.

E' stato effettuato anche uno stress test diminuendo il numero di veicoli commerciali e pesanti ed aumentando la manovra di intreccio che dalla Tangenziale porta alla A4 e alla rotatoria di Stezzano per vedere la tenuta massima del tronco di scambio nello scenario del ritorno dalle Valli Bergamasche dei fine settimana.

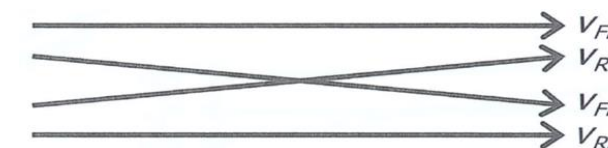
Tabella 22 LOS Tronco di scambio lungo la Tangenziale Sud

TRONCO DI SCAMBIO		LOS		
Scenario	Di riferimento da normativa	calcolato	Verifica soddisfatta?	
2025 Scenario Progettuale	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>SI</b>	
Scenario		calcolato		
Stress test (vedi flussi Figura 32)		<b>C</b>		

Figura 31 Tronco di scambio



Figura 32 Tronco di scambio: flussi di intreccio

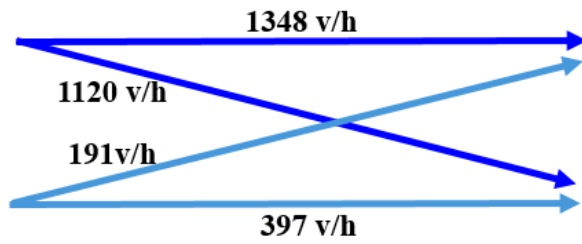


Giorno Feriale Medio Scenario Progettuale 2025

Stress Test

	Volume orario	V <sub>FF</sub>		V <sub>FF</sub>	
FF highway to highway	Volume orario	1348	veicoli/h	639	veicoli/h
	Volume orario Cars	1232	car/h	616	car/h
	Volume orario Heavy Vehicles Trucks	116	trucks/h	23	trucks/h
RF ramp to highway	Volume orario	191	veicoli/h	66	veicoli/h
	Volume orario Cars	92	car/h	46	car/h
	Volume orario Heavy Vehicles Trucks	100	trucks/h	20	trucks/h
FR highway to ramp	Volume orario	1120	veicoli/h	2249	veicoli/h
	Volume orario Cars	960	car/h	2217	car/h
	Volume orario Heavy Vehicles Trucks	160	trucks/h	32	trucks/h
RR ramp to ramp	Volume orario	397	veicoli/h	160	veicoli/h
	Volume orario Cars	268	car/h	134	car/h
	Volume orario Heavy Vehicles Trucks	130	trucks/h	26	trucks/h

Giorno Feriale Medio Scenario prog. 2025



Stress Test

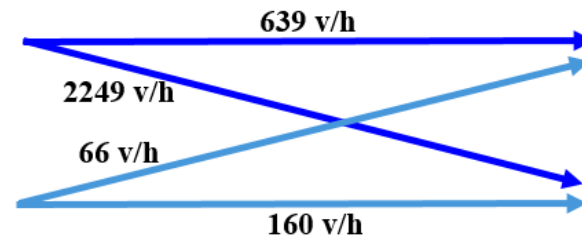


Figura 33 Foglio di calcolo

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE MULTILANE HIGHWAY or COLLECTOR-DISTRIBUTOR ROADWAYS ONE-SIDE WEAVING HIGHWAY SEGMENT			
Oggetto	Tronco di scambio tangenziale sud tra immissione SP525 ex SS525 e diversione rotatoria sv. di Dalmine		
GENERAL INFO			
STRADA	Tangenziale Sud		
DIREZIONE	Seriata		
NOTE	Scenario di progetto 2025		
INPUT DATA			
Typology of one-side weaving segment (Ramp or Main)	Type	Ramp	
Short length	L <sub>s</sub>	210	m
Base length	L <sub>b</sub>	210	m
Min. n° of Lane changes from ramp to highway (1 o 0)	LC <sub>RF</sub>	1	
Min. n° of Lane changes from highway to ramp (1 o 0)	LC <sub>FR</sub>	1	
n° of Lanes with one lane change or no lane changes (2 o 3)	N <sub>ML</sub>	2	
FF highway to highway			
Volume orario	V <sub>FF</sub>	1348	veicoli/h
Volume orario Cars	V <sub>FF LEG</sub>	1232	car/h
Volume orario Heavy Vehicles	V <sub>FF HEAVY</sub>	116	heavy/h
Volume orario Heavy Vehicles Trucks	V <sub>FF TRUCKS</sub>	116	trucks/h
Volume orario Heavy Vehicles RVS	V <sub>FF RVS</sub>	0	RVS/h
RF ramp to highway			
Volume orario	V <sub>RF</sub>	191	veicoli/h
Volume orario Cars	V <sub>RF LEG</sub>	92	car/h
Volume orario Heavy Vehicles	V <sub>RF HEAVY</sub>	100	heavy/h
Volume orario Heavy Vehicles Trucks	V <sub>RF TRUCKS</sub>	100	trucks/h
Volume orario Heavy Vehicles RVS	V <sub>RF RVS</sub>	0	RVS/h
FR highway to ramp			
Volume orario	V <sub>FR</sub>	1120	veicoli/h
Volume orario Cars	V <sub>FR LEG</sub>	960	car/h
Volume orario Heavy Vehicles	V <sub>FR HEAVY</sub>	160	heavy/h
Volume orario Heavy Vehicles Trucks	V <sub>FR TRUCKS</sub>	160	trucks/h
Volume orario Heavy Vehicles RVS	V <sub>FR RVS</sub>	0	RVS/h
RR ramp to ramp			
Volume orario	V <sub>RR</sub>	397	veicoli/h
Volume orario Cars	V <sub>RR LEG</sub>	268	car/h
Volume orario Heavy Vehicles	V <sub>RR HEAVY</sub>	130	heavy/h
Volume orario Heavy Vehicles Trucks	V <sub>RR TRUCKS</sub>	130	trucks/h
Volume orario Heavy Vehicles RVS	V <sub>RR RVS</sub>	0	RVS/h
HIGHWAY INPUT DATA			
Total hourly Volume	V <sub>F</sub>	2468	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	P <sub>F TRUCKS</sub>	0	
% Heavy Vehicles RVS	P <sub>F RVS</sub>	0	
Numbers Lanes	N <sub>F</sub>	2	
Width Lanes	L <sub>lanes</sub>	4	m
Right-side Lateral Clearance	LC <sub>R</sub>	3	m
Left-side Lateral Clearance	LC <sub>L</sub>	1	m
Total Lateral Clearance	TLC	3	m
Series of grade succession (yes/no)	i	no	text
Grade Methodology (Average Grade Technique/General Terrain/Specific Grade)	General T	Level	text
If General Terrain: Level, Rolling, Mountainous			
Grade	i	0	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E <sub>T</sub>	2	
Passenger Car Equivalents for RVs	E <sub>R</sub>	1	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1	
HIGHWAY FLOW RATE			
Total Flow Rate	V <sub>F</sub>	2607	Veq/h
Flow Rate FF	V <sub>FF</sub>	1424	Veq/h
Flow Rate FR	V <sub>FR</sub>	1183	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f <sub>HV</sub>	1	
Adjustment for Population Factor	f <sub>P</sub>	1	
RAMP INPUT DATA			
Total hourly Volume	V <sub>R</sub>	589	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	P <sub>R TRUCKS</sub>	0	
% Heavy Vehicles RVS	P <sub>R RVS</sub>	0	
Numbers Lanes	N <sub>R</sub>	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E <sub>T</sub>	2	
Passenger Car Equivalents for RVs	E <sub>R</sub>	1	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1	

RAMP FLOW RATE			
Total Flow Rate	V <sub>R</sub>	703	Veq/h
Flow Rate RF	V <sub>RF</sub>	229	Veq/h
Flow Rate RR	V <sub>RR</sub>	475	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f <sub>HV</sub>	1	
Adjustment for Population Factor	f <sub>P</sub>	1	
WEAVING SEGMENT: MAX LENGTH			
Weaving Flow Rate	V <sub>W</sub>	1411	Veq/h
Non Weaving Flow Rate	V <sub>NW</sub>	1899	Veq/h
Total Flow Rate in Weaving Segment	V	3310	Veq/h
Volume Ratio	VR	0	
Numbers Lanes within weaving section	N	3	
Min Rate of Lane Changing	LC <sub>MIN</sub>	1411	lc/h
Max Weaving Length	L <sub>MAX</sub>	6979	
Methodology: w weaving segment "WS" or merge/diverge "M/D"	WS		
HIGHWAY AND WEAVING MAIN FLOW DETECTED/ESTIMATED FREE FLOW SPEED			
Free Flow Speed Detected	FFS	-	km/h
Free Flow Speed Estimated	FFS	78	km/h
Base Free Flow Speed	BFFS	80	km/h
Adjustment for Lane Width	f <sub>LW</sub>	0	
Adjustment for Lateral Clearance	f <sub>LC</sub>	0	
Adjustment for type of median	f <sub>M</sub>	0	
Adjustment for access-point density	f <sub>A</sub>	1	
WEAVING SEGMENT CAPACITY			
WEAVING SEGMENT CAPACITY DETERMINED BY DENSITY			
Capacity of basic freeway segment with the same FFS as weaving segment under equivalent ideal conditions	C <sub>IFL</sub>	2250	Veq/h/ln
Capacity weaving segment under equivalent ideal conditions	C <sub>IFWL</sub>	1769	Veq/h/ln
Real condition C <sub>IFWL</sub> < C <sub>IFL</sub>	C <sub>IFWL</sub>	1769	Veq/h/ln
Capacity weaving segment under prevailing real conditions	C <sub>IFW</sub>	4441	Veq/h
WEAVING SEGMENT CAPACITY DETERMINED BY WEAVING DEMAND FLOWS			
if N <sub>WL</sub> = 2	C <sub>IWW</sub>	5629	Veq/h
if N <sub>WL</sub> = 3	C <sub>IWW</sub>	8209	Veq/h
in this case:	C <sub>IWW</sub>	5629	Veq/h
Capacity weaving segment under prevailing real conditions	C <sub>IWW</sub>	4711	Veq/h
FINAL DETERMINATION OF WEAVING SEGMENT CAPACITY			
The smaller of the two C <sub>IFW</sub>	C <sub>IFW</sub>	4441	Veq/h
WEAVING LEVEL OF SATURATION			
Level of Saturation	LoSat	1	v/c
OverSaturation	OK		
WEAVING LANE CHANGING RATES			
LANE-CHANGING RATE FOR WEAVING VEHICLES			
Interchanges Density (N <sub>IB</sub> is different from TRD 1) (0/mi up to 6/mi down to 0.5/mi in weaving segment)	ID	1	n/km
Equivalent hourly rate at which weaving vehicles make lane changes within the weaving segment	LC <sub>W</sub>	1563	Veq/h
LANE-CHANGING RATE FOR NONWEAVING VEHICLES			
Nonweaving vehicle index	I <sub>NW</sub>	218	
Model 1: Equivalent hourly rate at which nonweaving vehicles make lane changes within the weaving segment	LC <sub>NW1</sub>	187	Veq/h
Arithmetically correction of Model 1	LC <sub>NW1</sub>	187	Veq/h
model 2: Equivalent hourly rate at which nonweaving vehicles make lane changes within the weaving segment	LC <sub>NW2</sub>	2112	Veq/h
Interpolation model 1 e model 2: Equivalent hourly rate at which nonweaving vehicles make lane changes within the weaving segment:	LC <sub>NW3</sub>	-3019	Veq/h
Equivalent hourly rate at which nonweaving vehicles make lane changes within the weaving segment	LC <sub>NW</sub>	187	Veq/h
TOTAL LANE-CHANGING RATE			
Total Lane-Changing Rate	LC <sub>ALL</sub>	1750	Veq/h
AVERAGE SPEEDS OF WEAVING AND NON WEAVING VEHICLES IN WEAVING SEGMENT			
Weaving Intensity Factor	W	0	
Average Speed of Weaving Vehicles	S <sub>W</sub>	38	mi/h
Average Speed of NonWeaving Vehicles	S <sub>NW</sub>	33	mi/h
Average Speed of All Vehicles	S	35	mi/h
ESTIMATE DENSITY			
Density	D	20	Veq/km/ln
DETERMINE LEVEL OF SERVICE			
LOS		C	

7.3 Scavalco di accesso al casello di Dalmine

Mentre l'uscita dalla A4 consente di raggiungere la Tangenziale di Bergamo SPexSS470dir tramite due percorsi (quello attuale, che porta verso nord, ed il nuovo scavalco, che porta verso sud), l'entrata si concentra sul nuovo scavalco della A4.

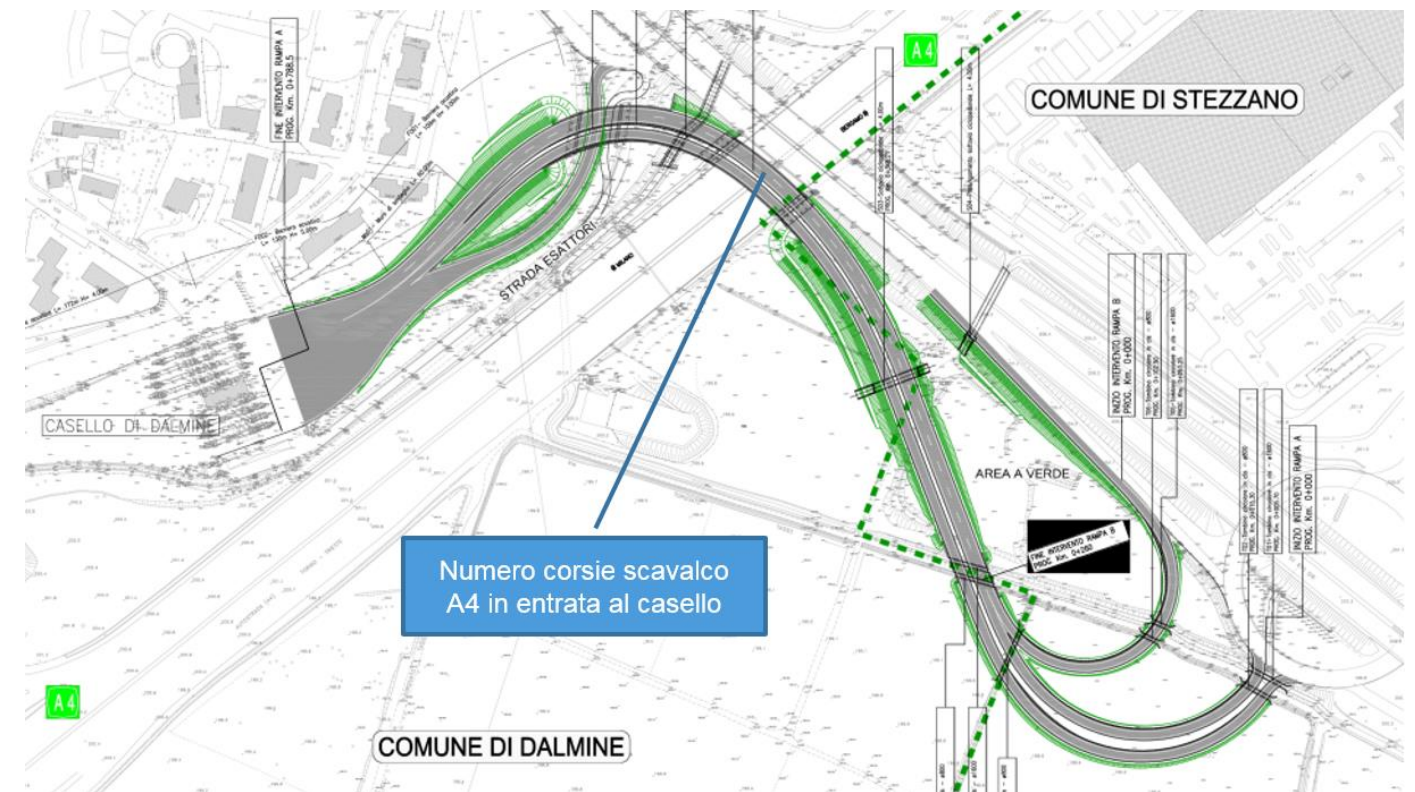
E' quindi apparso necessario verificare se le due corsie di progetto sono sufficienti o sovrabbondanti.

- Flussi in ingresso al casello di Dalmine (scenario Progettuale 2025):
  - 1430 v tot/odp
  - Legg 1133 Comm 190 Pes 107 v/odp
  - Veic Equivalenti ≈ 1900 v/odp
- Capacità 1 corsia in rampa di svincolo ≈ 1800-2000 Veq./h

= le 2 corsie sono necessarie.

La capacità residua consente di servire con adeguata funzionalità anche le ore di picco rappresentanti il ritorno dalla Valli Bergamasche nei giorni Festivi.

Figura 34 Scavalco di accesso al casello di Dalmine





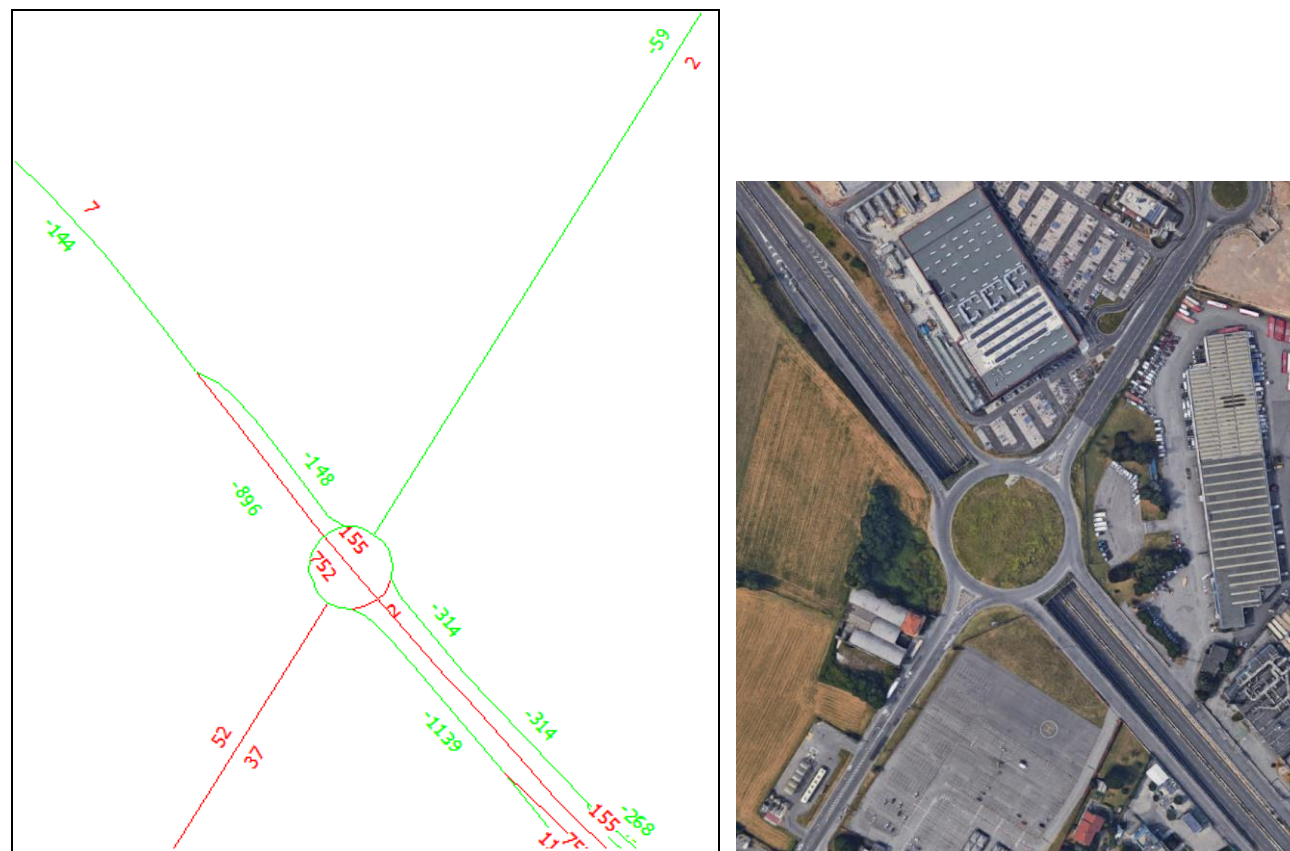
## 7.4 Rotatoria SPeXSS525 / Tangenziale Sud

La rotatoria a livelli sfalsati al nodo di intersezione tra la Tangenziale Sud di Bergamo e la SPeXSS525 risulta essere estremamente attualmente caricata ben oltre la sua capacità. Gli scenari progettuali, con la concentrazione di quasi tutti i movimenti da/per lo svincolo di Dalmine sulla rotatoria a livelli sfalsati sulla Tangenziale a sud della A4, consentono un netto alleggerimento di tale nodo.

**Tabella 23 Rotatoria SPeXSS525 / Tangenziale Sud**

ROTATORIA SPeXSS525	Delta Traffico odp 8-9 giorno feriale medio (veicoli/ora)
Scenario	Veicoli Totali
2025 Scenario Progettuale - Programmatico	- 1230

**Figura 35 Grafo differenza Progettuale – Programmatico 2025 odp 8:00-9:00 [veic tot]**



## 8 MACROINDICATORI TRASPORTISTICI

Ai fini della valutazione degli effetti dell'intervento di progetto sul territorio, sono stati valutati gli indicatori trasportistici relativi alle percorrenze dei veicoli ed al tempo di viaggio nella globalità del modello implementato.

Dall'analisi dei macro indicatori trasportistici si evince che il progetto comporta un aumento delle percorrenze rispetto allo scenario programmatico, essendo le principali polarità localizzate lungo la SPeXSS470dir verso Dalmine e le Valli Bergamasche a nord dell'autostrada mentre la nuova bretella di accesso al casello A4 di Dalmine si attesta a sud della A4. Il progetto consente però un risparmio complessivo di tempo grazie alla possibilità per il bacino lungo la SPeXSS470dir di collegarsi all'autostrada senza dover attraversare la congestionata rotatoria a raso sulla SPeXSS525.

**Tabella 24 Macroindicatori**

MACOINDICATORI	PRG 2025				PRJ 2025			
	LEGG	COMM	PES	TOTALE	LEGG	COMM	PES	TOTALE
Veicoli x km	766715	120244	66609	<b>953567</b>	766895	120399	66627	<b>953922</b>
Veicoli x ora	31067	4750	2275	<b>38092</b>	30954	4741	2266	<b>37962</b>

Nota: indicatori riferiti al periodo di punta simulato

MACOINDICATORI	PRJ 2025 vs PRG 2025			
	LEGG	COMM	PES	TOTALE
Veicoli x km	180	156	19	<b>354</b>
Veicoli x ora	-113	-9	-8	<b>-130</b>

## 9 CONCLUSIONI

Il presente studio di traffico è stato redatto a valle della condivisione con gli Enti Locali (Ministero Infrastrutture e Trasporti, Regione Lombardia, Provincia di Bergamo, Comune di Dalmine, Comune di Stezzano) del layout progettuale per potenziare l'accessibilità all'autostrada A4 e conseguentemente alleggerire il carico veicolare sulla rotonda tra la SPexSS525 e la SPexSS470dir. Tale condivisione è avvenuta il 14/03/2017 in Regione Lombardia sulla base di varie analisi e considerazioni trasportistiche priliminari presentate da ASPI.

Le risultanze di questo studio sono state presentate e condivise con gli EELL durante la riunione tenutasi in Regione Lombardia l' 11/07/2017.

L'attuale configurazione dell'accesso al casello ha una capacità limitata dalla presenza di una rotonda a raso lungo la strada SPexSS525 e non prevede un accesso diretto alla Tangenziale Sud di Bergamo. Il progetto si propone di risolvere queste problematiche.

Le rampe di accesso all'autostrada rimarranno quelle esistenti, mentre la strada di accesso avrà inizio presso la rotonda a livelli sfalsati con la Tangenziale Sud di Bergamo, a Sud dell'autostrada. Rimarrà invariato il collegamento diretto tra l'uscita dallo svincolo e la rotonda sulla SPexSS525 (tramite il sottopasso esistente alla Tangenziale Sud). Il layout progettuale è compatibile al successivo attestamento della variante unica alle SPexSS525 e SPexSS 42 (opera connessa all'Interconnessione Pedemontana Bre.be.Mi.) sulla rotonda a livelli sfalsati con la Tangenziale Sud di Bergamo.

Lo studio di traffico riguarda la valutazione del traffico futuro a Dalmine e l'efficacia/efficienza del progetto oggetto di studio.

La rete stradale della provincia di Bergamo, nel medio/lungo periodo, verrà ampliata/riorganizzata in seguito al completamento di importanti autostrade regionali come la Pedemontana Lombarda e altre infrastrutture provinciali come l'Interconnessione Bre.Be.Mi-Pedemontana (IPB) e la Variante alle SPexSS525 e SPexSS42 (Peduncolo IPB). Tuttavia, in considerazione del fatto che sia la Pedemontana Lombarda (con le sue opere connesse ed in particolare la Dorsale dell'Isola dalla SP166 a Terno d'Isola e SP155 a Madone) che l'IPB (con il suo Peduncolo) sgraveranno lo svincolo di Dalmine, si è ritenuto cautelativo effettuare le verifiche ed i dimensionamenti funzionali dell'opera in assenza di queste infrastrutture.

Le analisi di traffico sono cautelativamente rappresentative dell'ora di punta 8.00 – 9:00 del giorno medio feriale annuo.

La punta delle entrate del Giorno Festivo di massimo flusso è in linea con la punta oraria delle entrate del Giorno Medio Feriale considerato nella presente analisi di traffico: le analisi di performance valgono anche per le giornate festive.

Lo scenario attuale riguarda l'anno 2016.

I tassi di crescita stimati della domanda di mobilità comportano un incremento della domanda nel 2025 rispetto al 2011 pari al 10.4% per i veicoli leggeri e 7.4% per i veicoli pesanti. Per gli anni 2012 e 2013 si sono, ovviamente, utilizzati i tassi di crescita reali.

**Tabella 25 Previsioni di crescita della domanda di mobilità**

Periodo 2016-2025	Leggeri	Pesanti
Crescita cumulata	+11.4%	+12.0%
CAGR	+1.2%	+1.3%

Lo scenario infrastrutturale programmatico per la valutazione del traffico all'orizzonte temporale di medio periodo corrispondente all'anno 2025 è sintetizzato nella seguente tabella.

**Tabella 26 Infrastrutture considerate nel Quadro Programmatico**

Intervento	Quadro Programmatico
	2025
Interconnessione Pedemontana-Bre.Be.Mi (IPB)	-
Variante unica alla SPexSS525 e alla SPexSS42 dalla Tangenziale Sud di Bergamo a Osio Sotto (Peduncolo IPB)	-
Pedemontana Lombarda (completamento)	-
Dorsale d'Isola: opera connessa alla Pedemontana Lombarda che collega la SP155 a sud di Madone alla SP166 ad est di Terno d'Isola	-
Tangenziale Sud di Bergamo Tratta Treviolo – Paladina (potenziamento)	<b>X</b>
Tangenziale Sud di Bergamo Tratta Paladina - Villa d'Almè (variante)	-
Variante alla SP166: collegamento da Calusco d'Adda a Terno d'Isola	-

Oltre allo scenario attuale, servito per calibrare il modello di traffico, sono poi stati simulati **2 scenari futuri**: programmatico e progettuale.

**Tabella 27 Traffico casello di Dalmine e Bergamo**

ODP 8-9 [veh/h] CASELLI	Attuale 2016	PRG 2025	PRJ 2025	PRJ 2025 vs PRG 2025
DESCRIZIONE	TOTALE	TOTALE	TOTALE	TOTALE
Dalmine entrata	1181	1286	1430	144
Dalmine uscita	1494	1627	1872	245
Bergamo entrata	2273	2560	2417	-142
Bergamo uscita	2907	3273	3087	-186

TGMA Bidir. - CASELLI	Scenario attuale 2016	PRG 2025	PRJ 2025	PRJ 2025 vs PRG 2025
DESCRIZIONE	TOTALE	TOTALE	TOTALE	TOTALE
Dalmine	32086	29178	32974	3796
Bergamo	72717	70484	66637	-3847

L'accessibilità allo svincolo di Dalmine, potenziata e fluidificata, comporta, rispetto allo scenario programmatico, un aumento dei flussi che si attesta sul +13% bidirezionale. Tale variazione va a discapito del casello di Bergamo che vede infatti, in valore assoluto, una equivalente diminuzione.



Le verifiche funzionali della rotatoria di svincolo in Comune di Stezzano, del Tronco di scambio lungo la Tangenziale Sud e del nuovo scavalco della A4 in accesso al casello di Dalmine risultano soddisfatte.

La rotatoria a livelli sfalsati al nodo di intersezione tra la Tangenziale Sud di Bergamo e la SPexSS525 risulta essere estremamente attualmente caricata ben oltre la sua capacità. Gli scenari progettuali, con la concentrazione di quasi tutti i movimenti da/per lo svincolo di Dalmine sulla rotatoria a livelli sfalsati sulla Tangenziale a sud della A4, consentono un netto alleggerimento di tale nodo: -1230 v tot odp 8-9 giorno feriale medio annuo.

Dall'analisi dei macro indicatori trasportistici si evince che il progetto comporta un aumento delle percorrenze rispetto allo scenario programmatico, essendo le principali polarità localizzate lungo la SPexSS470dir verso Dalmine e le Valli Bergamasche a nord dell'autostrada mentre la nuova bretella di accesso al casello A4 di Dalmine si attesta a sud della A4. Il progetto consente però un risparmio complessivo di tempo grazie alla possibilità per il bacino lungo la SPexSS470dir di collegarsi all'autostrada senza dover attraversare la congestionata rotatoria a raso sulla SPexSS525.

In CONCLUSIONE si può dire che il progetto consente di migliorare l'accessibilità al casello dell'autostrada A4 di Dalmine e consente di riorganizzare nella corretta gerarchia funzionale la viabilità dell'area di studio sgravando la rotatoria tra la Tangenziale di Bergamo SPexSS470dir e la SPexSS525 dagli spostamenti diretti all'autostrada e da/per le Valli Bergamasche.