

## SS38 "dello Stelvio" - Tangenziale Sud di Sondrio

**Nuovo attraversamento in viadotto della linea ferroviaria Sondrio-Tirano e nuove connessioni alla viabilità locale tra le Pk 40+000 e la Pk 40+700 nei Comuni di Sondrio e Montagna in Valtellina**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**COD. MI634**

PROGETTAZIONE:



**PROGETTISTI:**

*Ing. Stefano Monni*  
*Ordine Ing. Prato n. 155*

*Ing. Carlo Mazzetti*  
*Ordine Ing. Siena n. 1177*

*Dott. Luciano Luciani*  
*Dott. Sc. Forestali*

*Dott. Giulio Tona*  
*Ordine Agronomi e Forestali Firenze n. 1045*

*Ing. Michele Frizzarin*  
*Ordine Ing. Verona n. A4547*

**Il responsabile dell'integrazione tra le varie discipline specialistiche:**

*Ing. Stefano Monni*  
*Ordine Ing. Prato n. 155*

**Il coordinatore della sicurezza in fase di progettazione:**

*Arch. Giorgio Salimbene*  
*Ordine Arch. Firenze n. 3997*

**Il geologo:**

*Dott. Geol. Pier Paolo Binazzi*  
*Ordine Geologi Toscana n. 130*

**VISTO**  
**Il responsabile del procedimento:**

*Ing. Giancarlo Luongo*

## PROGETTO STRADALE AMBITO GENERALE

### STUDIO DI TRAFFICO

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

**DPMI0634 D 23**

NOME FILE

POOPS00TRARE01\_A.DWG

CODICE ELAB.

**POOPS00TRARE01**

REVISIONE

**A**

SCALA:

—

**A**

EMISSIONE

AGOSTO 2023

C.MAZZETTI

S.MONNI

S. MONNI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Studio di traffico

Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
	Oggetto dello studio.....	2
	Struttura del rapporto.....	2
	Strumenti modellistici utilizzati.....	3
	Metodologia adottata .....	6
<b>2</b>	<b>SCENARIO ATTUALE.....</b>	<b>7</b>
	Generalità.....	7
	Zonizzazione .....	8
	Descrizione dell’offerta di trasporto .....	10
	Analisi della domanda di mobilità .....	13
	Validazione del modello .....	17
	Risultati modellistici .....	25
<b>3</b>	<b>SCENARIO DI PROGETTO .....</b>	<b>30</b>
	Generalità.....	30
	Opere in progetto.....	30
	Risultati modellistici – Soluzione di Progetto.....	34
<b>4</b>	<b>VERIFICA DELLA FUNZIONALITÀ MEDIANTE METODI EMPIRICI .....</b>	<b>40</b>
	Generalità.....	40
	Metodologia .....	40
	Verifica della funzionalità nello scenario stato di fatto .....	42
	Verifica della funzionalità nello scenario di progetto .....	45
	Verifica della funzionalità nello scenario di progetto .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
	Verifica degli accodamenti dovuti ai tempi di chiusura del passaggio a livello .....	51
<b>5</b>	<b>RIEPILOGO DEI RISULTATI.....</b>	<b>54</b>

# 1 PREMESSA

## Oggetto dello studio

Premesso che in data 24 giugno 2019 il Comitato Olimpico Internazionale (CIO) ha assegnato alla candidatura italiana di Milano-Cortina d'Ampezzo l'organizzazione delle Olimpiadi invernali del 2026 in occasione delle quali importanti gare olimpiche avranno luogo in diversi comuni dell'Alta Valtellina, quale opera di primaria importanza per l'accessibilità alle località sciistiche coinvolte dai Giochi Olimpici risulta essere la S.S. n. 38 "dello Stelvio", strada di competenza di ANAS S.p.A. (in seguito, ANAS) e classificata funzionalmente con D.G.R. 3 dicembre 2004 n. VII/19709 come di interesse regionale di primo livello (R1), ai sensi degli artt. 2 e 3 della L.R. n. 9 del 4 maggio 2001.

Tra i principali punti critici ancora presenti lungo la S.S. n. 38 "dello Stelvio", si riscontra il nodo presente nel Comune di Montagna in Valtellina in corrispondenza del passaggio a livello della linea ferroviaria Sondrio-Tirano.

Ai fini di garantire una idonea accessibilità ai siti lombardi interessati dalle Olimpiadi Invernali 2026, si rende pertanto necessario definire un nuovo attraversamento della linea ferroviaria Sondrio-Tirano lungo la S.S. n. 38 "dello Stelvio", in alternativa o sostituzione del passaggio a livello della linea ferroviaria Sondrio-Tirano ubicato alla pk 40+700.

Lo studio di traffico svolge la *valutazione dei livelli di servizio e della capacità delle infrastrutture e della rete, sia allo stato attuale, sia nello scenario di progetto, con ipotesi estese alla viabilità contermina in maniera coerente con la soluzione progettuale individuata, mediante l'utilizzo di modelli di macro e micro simulazione.*

## Struttura del rapporto

Il primo capitolo dello studio descrive la metodologia adottata per le elaborazioni modellistiche di macro simulazione del traffico. Segue il capitolo dedicato alla ricostruzione dello scenario attuale, dal punto di vista dell'offerta (grafo di rete) e della domanda di mobilità, nonché alla validazione del modello mediante il confronto dei risultati con i flussi di traffico rilevati.

Nel capitolo 3 sono invece mostrati i risultati modellistici dello scenario di progetto, derivato dallo scenario attuale applicando le variazioni al grafo corrispondenti alle opere in progetto. Il risultato è costituito da una nuova distribuzione dei flussi sulla rete che consente di definire una nuova matrice di nodo essenziale per la valutazione della funzionalità dello svincolo.

Quest'ultimo tema è oggetto dei capitoli 4 e 5, nei quali la verifica del nodo è affrontata con due differenti metodologie (rispettivamente metodo empirico e micro simulazione).

## Studio di traffico

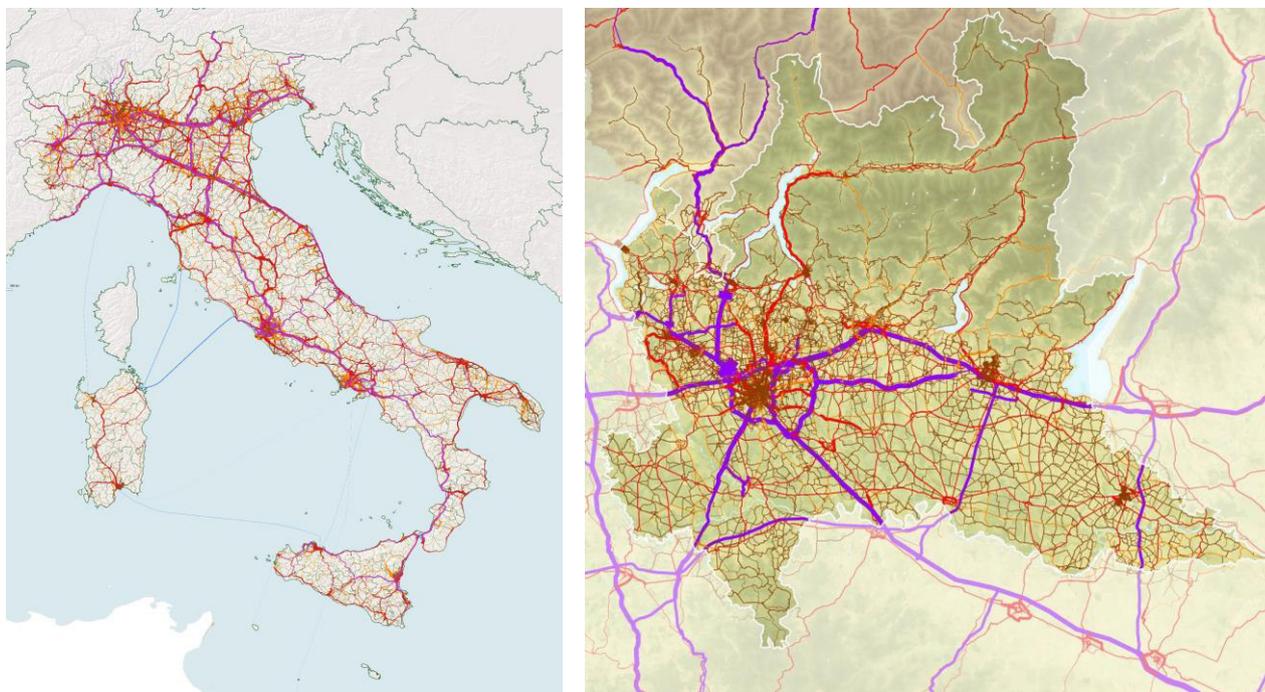
### Strumenti modellistici utilizzati

La funzionalità della rete viene verificata in tutti gli scenari con procedimenti analoghi, in modo da rendere possibile il confronto tra i risultati ottenuti, e la conseguente stima degli effetti attribuibili all'apertura della nuova viabilità in fase di progetto.

Ciò è possibile utilizzando il modulo RL+T (Regione Lombardia + Ticino) del modello di simulazione del sistema di trasporto nazionale **i-TraM**, già sviluppato da META srl in collaborazione con il Laboratorio di Politica dei Trasporti (TRASPOL) del Politecnico di Milano, e validato da META srl nell'ambito di studio in occasione della redazione del Piano Generale del Traffico Urbano della Città di Sondrio.

L'affinamento del modello di scala regionale è effettuata, da un lato, mediante un infittimento della zonizzazione di base del modello, con suddivisione del territorio dei comuni nell'area di studio (Sondrio e i comuni contermini interessati dalle opere oggetto del presente elaborato) in zone di livello sub-comunale, e dall'altro mediante la calibrazione del modello stesso grazie a dati di traffico provenienti da rilievo diretto, dalla banca dati di META srl o da quanto desumibile dagli strumenti pianificatori dei comuni dell'ambito di studio.

Nel caso in esame, a causa delle limitazioni agli spostamenti attualmente in per fronteggiare l'emergenza sanitaria da SARS-CoV-2, l'effettuazione di una campagna di rilievi per la validazione del modello non consentirebbe di ottenere dati rappresentativi del giorno medio ferial. Pertanto, il modello viene validato mediante i dati raccolti ad hoc per la redazione del PGTU di Sondrio nei mesi di febbraio-marzo 2019, integrati puntualmente sulla SS38 grazie all'utilizzo di Floating Car Data.



**Fig. 1.i - Grafo stradale modello di trasporto nazionale i-Tram e dettaglio RL+T**  
Elaborazione META

## Studio di traffico

La struttura generale del modello, illustrata nella Fig. 1.ii, include quattro moduli di calcolo:

- **MODULO DI OFFERTA (S)**, orientato alla costruzione del grafo stradale (trasporto privato) e di quello dei servizi di trasporto pubblico (ferroviario ed automobilistico);
- **MODULO DI DOMANDA (D)**, orientato alla definizione delle matrici origine/destinazione O/D dei flussi da assegnare (veicoli per il modo privato e passeggeri per il trasporto pubblico);
- **MODULO DI ASSEGNAZIONE DEI FLUSSI (F)**, orientato alla stima dei flussi di traffico gravanti sui singoli assi stradali o di trasporto pubblico;
- **MODULO AMBIENTALE (A)**, orientato alla valutazione degli impatti esercitati dal sistema di trasporto sul contesto circostante.

Le relazioni funzionali che intercorrono tra i quattro moduli consentono di tradurre i dati di input, formati dalle statistiche di carattere territoriale e dalla descrizione della struttura fisica delle reti infrastrutturali, in un output, costituito dai flussi transitanti sulle singole reti e dai corrispondenti indicatori di pressione ambientale (consumi energetici, emissioni atmosferiche ed acustiche, ecc...).

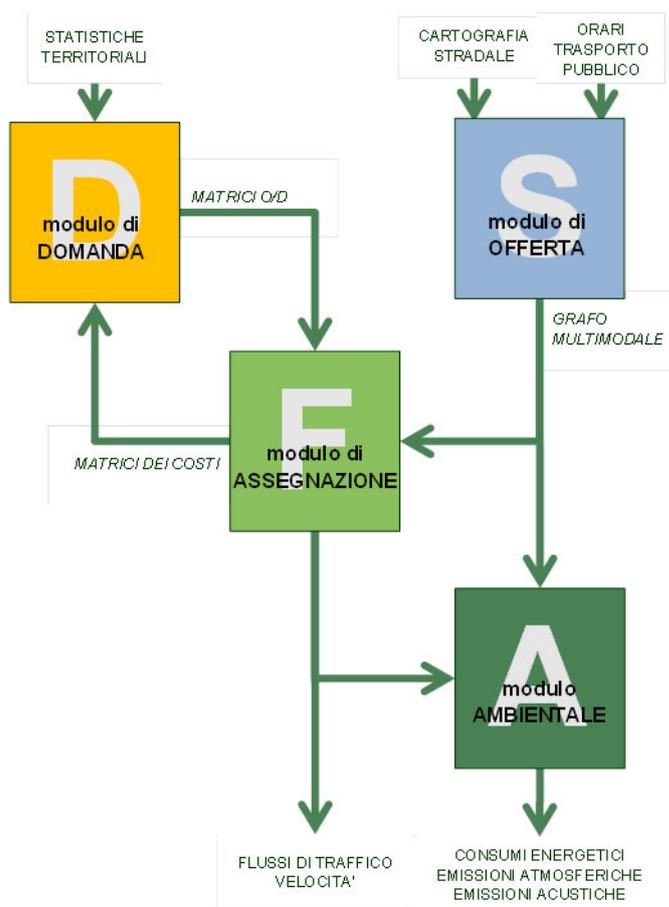


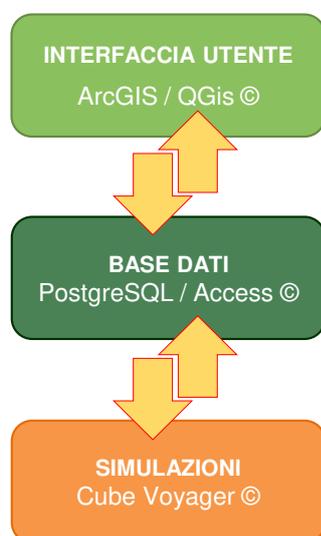
Fig. 1.ii - Struttura generale del modello di simulazione del traffico

Elaborazione META

### Studio di traffico

Sotto il profilo più strettamente operativo, il modello di simulazione è implementato attraverso una serie di strumenti informatici, che includono:

- **un'interfaccia utente**, sviluppata in ambiente GIS, che consente l'imputazione dei dati richiesti e la visualizzazione dei risultati ottenuti su base cartografica georeferenziata;
- **un insieme di basi-dati**, sviluppate in ambiente Access ©, che contengono tutte le informazioni necessarie al funzionamento del modello, nonché i risultati delle elaborazioni, disaggregati a livello di singolo arco stradale/di trasporto pubblico, consentendo altresì l'estrazione di statistiche relative ai singoli scenari simulati;
- **un motore di calcolo**, sviluppato in ambiente Cube Voyager ©, utilizzato per le elaborazioni richieste in sede di assegnazione dei flussi alla rete.



**Fig. 1.iii – Schema operativo di gestione ed elaborazione dei dati**  
*Elaborazione META*

## Studio di traffico

### Metodologia adottata

La valutazione degli effetti viabilistici indotti dalla **riconfigurazione del nodo terminale della SS38 tangenziale di Sondrio in località Piano di Montagna in Valtellina** è stata effettuata adottando una metodologia basata sulla costruzione di scenari, atti a riprodurre la funzionalità del sistema di trasporto sia nella situazione odierna, sia in quella futura. Pertanto, si è operata una chiara distinzione fra:

- lo **scenario attuale** (SDF-stato di fatto), corrispondente alla configurazione della rete viaria esistente e ai carichi effettivamente rilevati sulla rete (situazione pre-COVID), utilizzati come punto di partenza per le successive elaborazioni;
- lo **scenario di intervento** (INT), derivato dallo scenario SDF con le opportune modifiche sul grafo di rete per rappresentare la nuova configurazione dello svincolo in oggetto.

Le relazioni logiche che intercorrono fra i due scenari analizzati sono indicate in Fig. 1.iv. Come si può osservare, la metodologia adottata consente di effettuare le verifiche della funzionalità della rete viaria tenendo fissa la componente della domanda di traffico e facendo variare l'offerta stradale in relazione alle opere infrastrutturali di progetto.

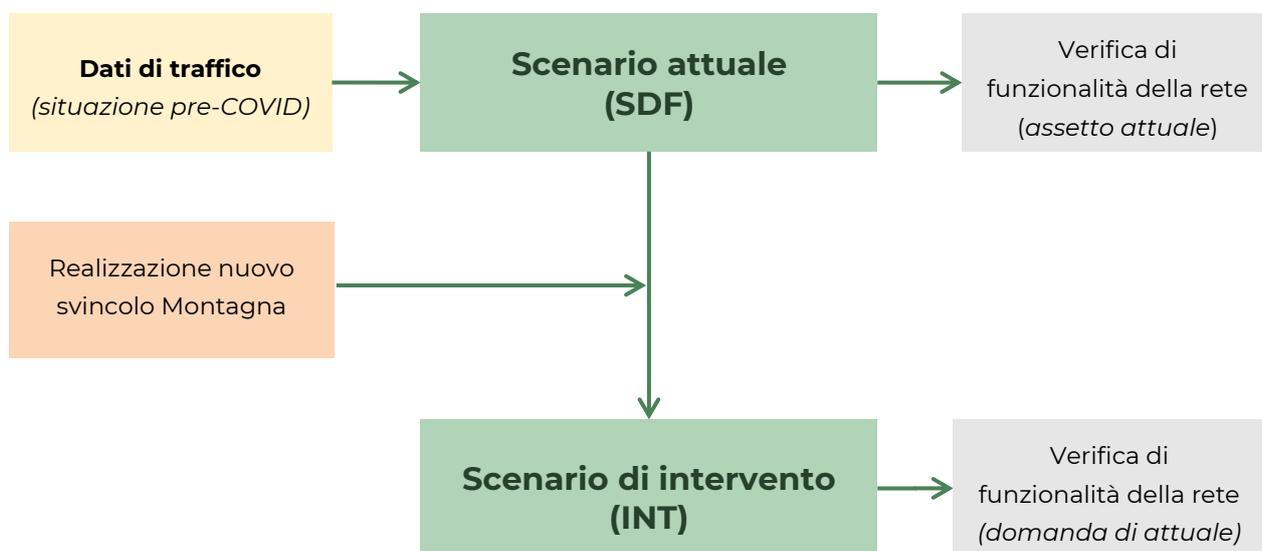


Fig. 1.iv - Scenari esaminati dallo studio viabilistico  
Elaborazione META

## 2 SCENARIO ATTUALE

### Generalità

Nel presente capitolo è descritta la struttura generale del modello; dapprima viene affrontato il tema della **zonizzazione** con particolare attenzione all'ambito di studio e all'area di intervento.

Vengono successivamente descritti:

- il **grafo stradale** riprodotto l'**offerta di trasporto** privato del modello e comprendente la rete viaria dal rango primario fino alla rete locale;
- la **domanda di mobilità** dell'area oggetto di studio, con un breve inquadramento generale utile a delinearne le caratteristiche salienti, seguito dalla sintesi delle matrici O/D adottate per le simulazioni di traffico.

Viene quindi affrontato il tema della **validazione del modello** nell'ora di punta del giorno medio feriale, eseguita sulla base dei dati di traffico rilevati sulla rete, che conduce alla descrizione dei flussi di traffico sulla rete stradale nello **scenario attuale** (ante operam).

Le elaborazioni modellistiche di macro simulazione costituiscono inoltre l'input per le successive procedure di valutazione della funzionalità dei nodi.



Studio di traffico

L'area di intervento, in cui sono localizzate le opere in progetto, comprende il territorio del comune di Sondrio e dei due comuni limitrofi di Castione Andevenno, Montagna in Valtellina.

La tabella seguente indica la zonizzazione dei comuni interni all'area di studio, secondo un livello di disaggregazione scalare in relazione alla vicinanza all'area di intervento.

ZONIZZAZIONE	
Comune	Zone
Castione Andevenno	2
Montagna in Valtellina	3
Sondrio	36
<b>Area di intervento</b>	<b>41</b>

Tab. 2.i – Numero di zone nell'area di studio  
Elaborazione META

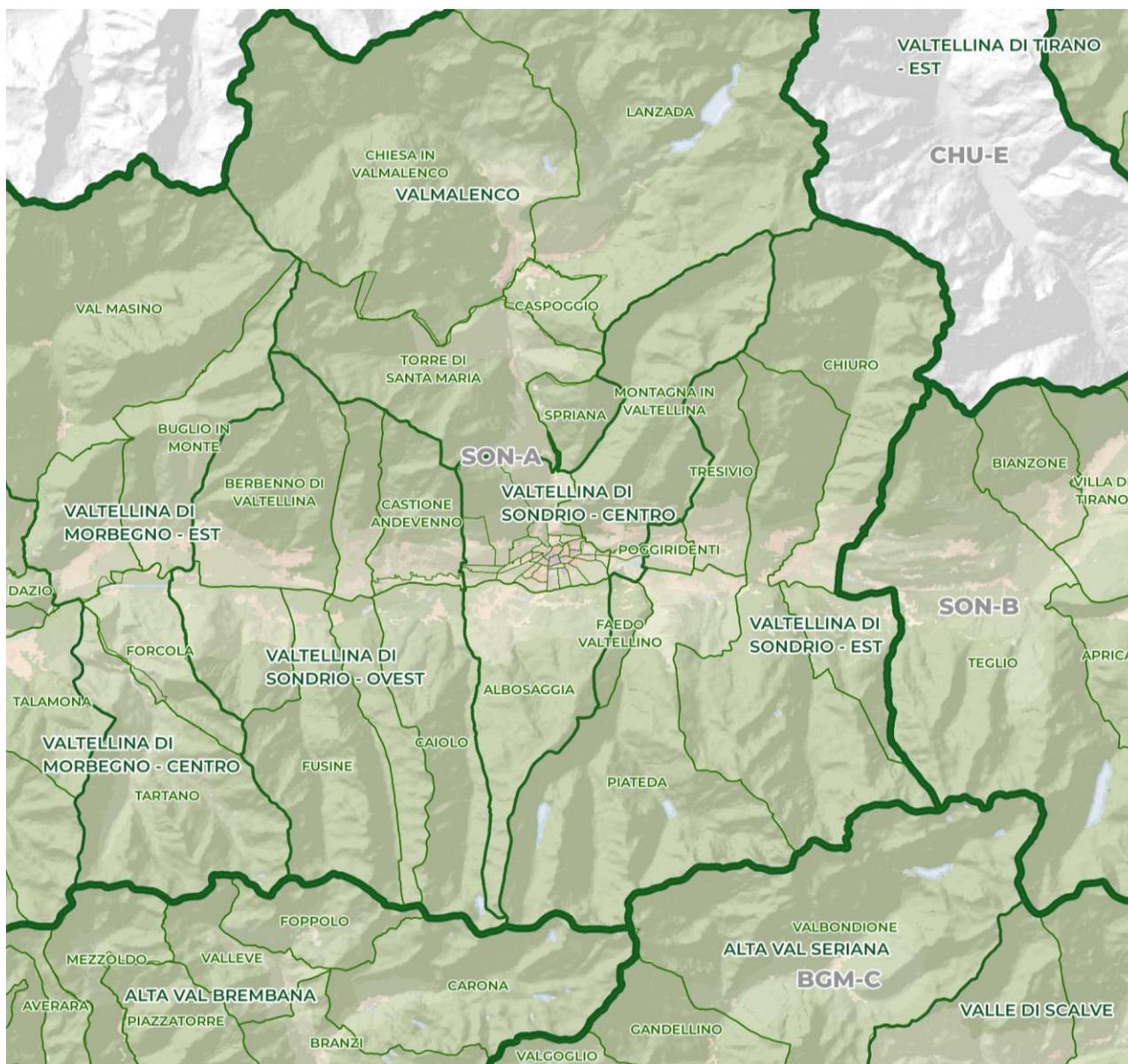


Fig. 2.ii – Zonizzazione area di studio e dell'area di intervento  
Elaborazione META

## Studio di traffico

### Descrizione dell’offerta di trasporto

Il modello di traffico riproduce le caratteristiche della rete stradale attraverso un oggetto matematico denominato **grafo**, costituito da:

- un insieme di **nodi**, corrispondenti agli incroci;
- un insieme di **archi**, corrispondenti ai collegamenti stradali fra i medesimi nodi.

Ciascuno di questi oggetti viene descritto mediante opportuni attributi, che ne identificano le caratteristiche geometriche e funzionali capaci di influenzare il deflusso veicolare. Ad esempio, gli archi sono descritti in relazione a: senso di marcia, numero di corsie ed eventuale presenza di separatore di carreggiata, pendenza, grado di disturbo (urbanizzazione, sosta, ecc.).

Combinando fra loro gli attributi, è quindi possibile definire le grandezze fondamentali che regolano il deflusso veicolare su ciascuna porzione del grafo, quali in particolare la **velocità di base** (cioè la velocità media che può essere mantenuta sull’arco da un veicolo in assenza di traffico) e la **capacità** (cioè il massimo numero di veicoli che può transitare per l’arco in un periodo di tempo dato). Ciascun arco viene poi caratterizzato da una **funzione di deflusso**  $t = t(F)$ , che definisce il tempo di percorrenza,  $t$ , in funzione del flusso di traffico,  $F$ .

Si noti che **la classificazione della rete** è effettuata in relazione alle caratteristiche geometrico-funzionali delle strade e della zonizzazione, e non è da intendersi come una mera classificazione amministrativa della rete.

Il grafo stradale utilizzato a supporto del presente studio deriva dall’affinamento di un grafo più ampio di livello regionale.

La rete stradale dell’area di studio include, come asse primario, la **SS38 “dello Stelvio”** che, diramandosi a Colico dalla SS36 proveniente da Milano, Monza e Lecco, collega Morbegno, Sondrio, Tirano e Bormio al passo dello Stelvio, discendendo successivamente lungo la Val Venosta verso Merano e Bolzano.

In territorio valtellinese questo asse ricalca il tracciato storico della strada napoleonica tra Colico e Sondrio, e di quella austriaca tra Sondrio e Tirano. Da tempo ne è programmata la sostituzione con un nuovo tracciato con caratteristiche di strada extraurbana principale/secondaria, attualmente realizzato per stralci funzionali, tra cui quelli corrispondenti alla tangenziale del capoluogo provinciale (aperta al traffico alla fine degli anni novanta) ed alla tratta iniziale Colico-Morbegno (entrata in funzione tra il 2013 ed il 2018). Risulta invece prossima alla fase di realizzazione il tratto corrispondente alla tangenziale di Tirano.

### Studio di traffico

La rete extraurbana è completata dalle strade provinciali, convergenti sul capoluogo:

- la **SP14** "Panoramica del Terziere di Mezzo", che collega il capoluogo al nucleo storico di Castione Andevenno interessando le frazioni di Mossini e Sant'Anna-Pradella-Triangia;
- la **SP15** "della Valmalenco", che collega Sondrio a Chiesa in Valmalenco attraversando la frazione di Mossini;
- la **SP16** "Orobica", che collega il capoluogo ai centri situati ad Ovest sulla sponda opposta dell'Adda (Albosaggia, Caiolo, Cedrasco);
- la **SP19** "di Piateda", che si dirama dalla SS38 immediatamente ad Est della città raggiungendo il centro omonimo;
- la **SP21** "dei Castelli", che congiunge la città a Montagna in Valtellina, Poggiridenti e Tresivio, lungo un tracciato elevato sul balcone orografico del versante retico.

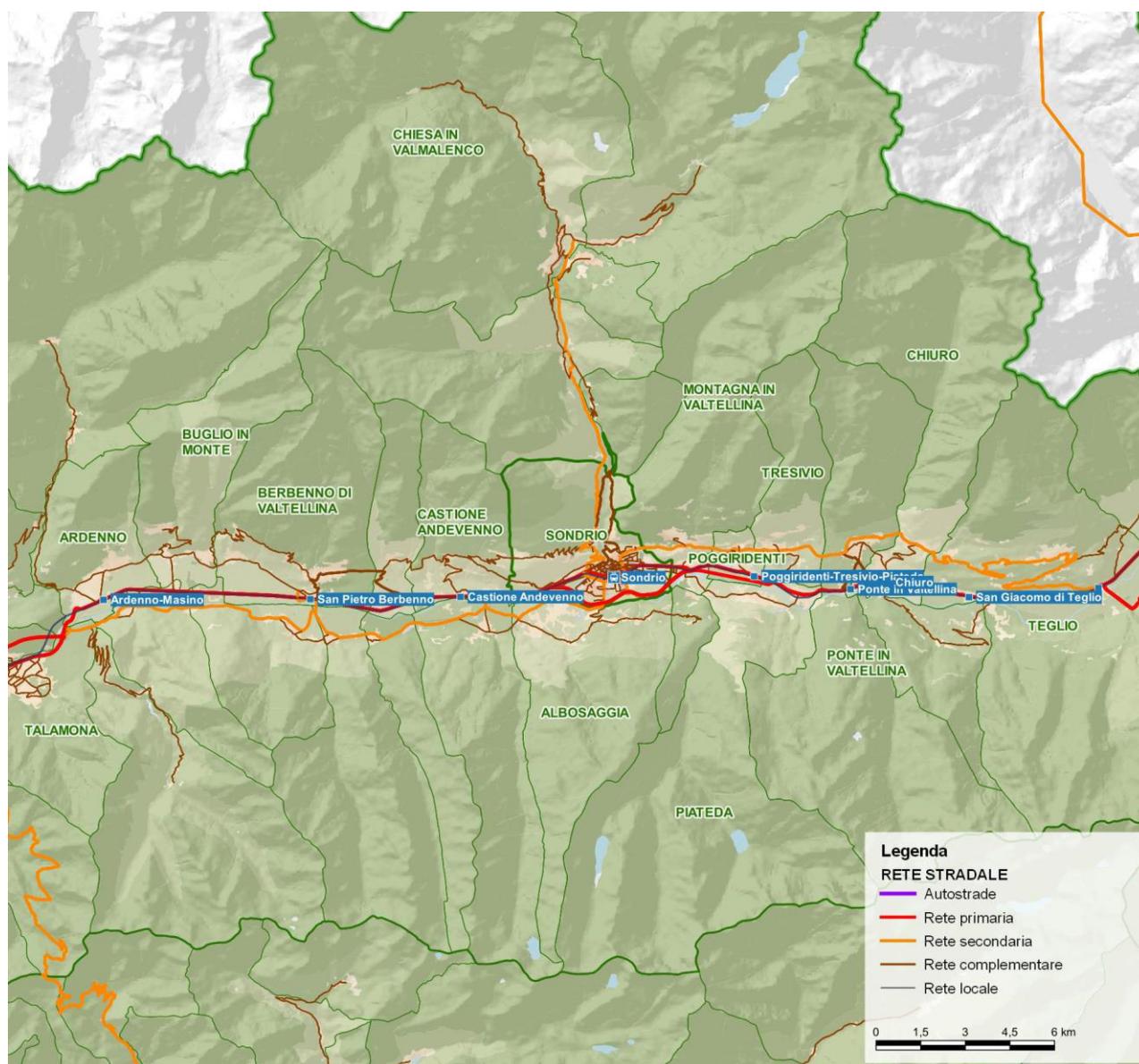
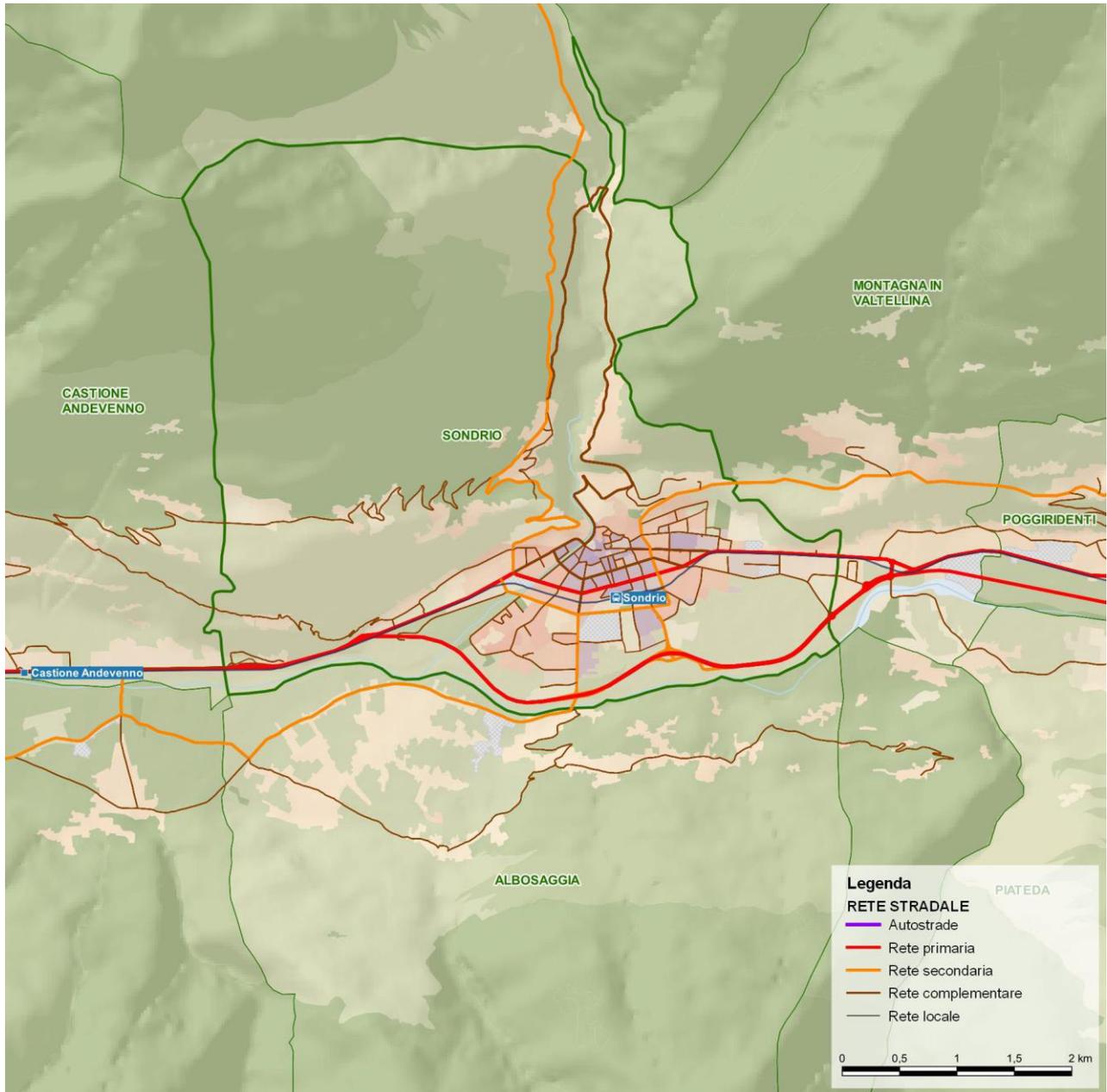


Fig. 2.iii – Grafo stradale – Area di studio  
Elaborazione META

**Studio di traffico**

Nell'ambito di studio e nell'area di intervento la rete è infittita fino al livello locale, a supporto della zonizzazione subcomunale adottata.



**Fig. 2.iv – Dettaglio del grafo stradale – Area di intervento**  
*Elaborazione*

## Studio di traffico

### Analisi della domanda di mobilità

Al fine di riprodurre gli spostamenti effettuati sulla rete stradale è necessario definire una **matrice origine / destinazione (O/D)** che descrive la **domanda di mobilità** caratteristica di una determinata area e riferita ad un intervallo temporale ben definito (ora di punta del mattino del giorno medio feriale). La matrice descrive ciascuno spostamento identificando la zona di traffico in cui esso inizia (origine), e quella in cui esso finisce (destinazione).

Nel caso specifico, la matrice utilizzata nasce dalla combinazione del dato sugli spostamenti derivato della matrice del modello regionale, ricondotta ad una zonizzazione più fine all'interno del comparto di analisi già descritto, e dall'espansione della domanda rilevata durante le interviste agli automobilisti svolte nei mesi di febbraio –marzo 2019 in occasione della campagna di indagine svolta per la redazione del PGU di Sondrio.

Tale matrice si compone delle seguenti componenti di domanda:

- gli spostamenti sistematici (casa-scuola/lavoro), desunti dalla matrice O/D Lombardia 2014;
- gli spostamenti occasionali, desunti sempre dalla matrice O/D Lombardia 2014;
- gli spostamenti leggeri di attraversamento del territorio regionale;
- gli spostamenti dei veicoli pesanti, ottenuti ripartendo la matrice europea ETIS/Transtools descrittiva degli scambi interprovinciali sulla base di opportuni descrittori territoriali rappresentativi delle principali categorie merceologiche.

Al fine di garantirne la confrontabilità reciproca, tutti i valori relativi ai flussi veicolari sono stati espressi in veicoli equivalenti<sup>1</sup>.

Per meglio comprendere le caratteristiche proprie della domanda di mobilità dell'area oggetto di studio, viene di seguito descritta brevemente la componente di domanda sistematica (spostamenti effettuati quotidianamente per motivi di studio o di lavoro). Pur riguardando una singola componente, risulta particolarmente significativa nel contesto analizzato.

Viene successivamente riassunto il quadro complessivo della domanda, sotto forma di matrice O/D sintetica dell'ambito di studio e delle direttrici esterne.

---

<sup>1</sup> La traduzione in veicoli equivalenti consiste nell'attribuire a una categoria veicolare (es: veicoli pesanti) un peso in veicoli leggeri, basandosi sull'ingombro dinamico determinato in carreggiata di un singolo veicolo di quella categoria. Sulla base anche della composizione dei flussi pesanti emersa dai rilievi di traffico, si è deciso nel caso specifico di considerare che, in media un veicolo pesante equivalga a 2 veicoli leggeri.

## Studio di traffico

### SPOSTAMENTI SISTEMATICI

Considerando la domanda di mobilità sistematica è possibile analizzare i bacini funzionali afferenti alle singole località Comunali o territori nazionali, basandosi sulla costruzione di uno specifico indicatore (influenza) finalizzato a misurare l'influenza esercitata da un polo attrattore A, sui territori circostanti, C.

$$INFL(A, c) = \frac{\text{Spostamenti generati da C e diretti verso A}}{\text{Totale spostamenti generati da C}}$$

Le caratteristiche di questo indicatore si prestano bene ad una rappresentazione di tipo cartografico, che consente di formarsi un'idea abbastanza precisa della capacità attrattiva delle singole polarità e, dunque, della forma dei bacini funzionali di traffico ad essa riferiti.

Come evidenziano le immagini seguenti, il bacino di influenza della città di Sondrio, esteso all'intera Valtellina, presenta una chiara intensificazione in corrispondenza del Terziere di Mezzo, ed ancor più nell'ambito ristretto comprendente i Comuni di Montagna, Spriana, Albosaggia, Caiolo e Castione Andevenno. Muovendosi in direzione di Morbegno e di Tirano, e più ancora di Chiavenna e Bormio, l'influenza del capoluogo tende invece ad indebolirsi per l'intervento di polarità alternative.

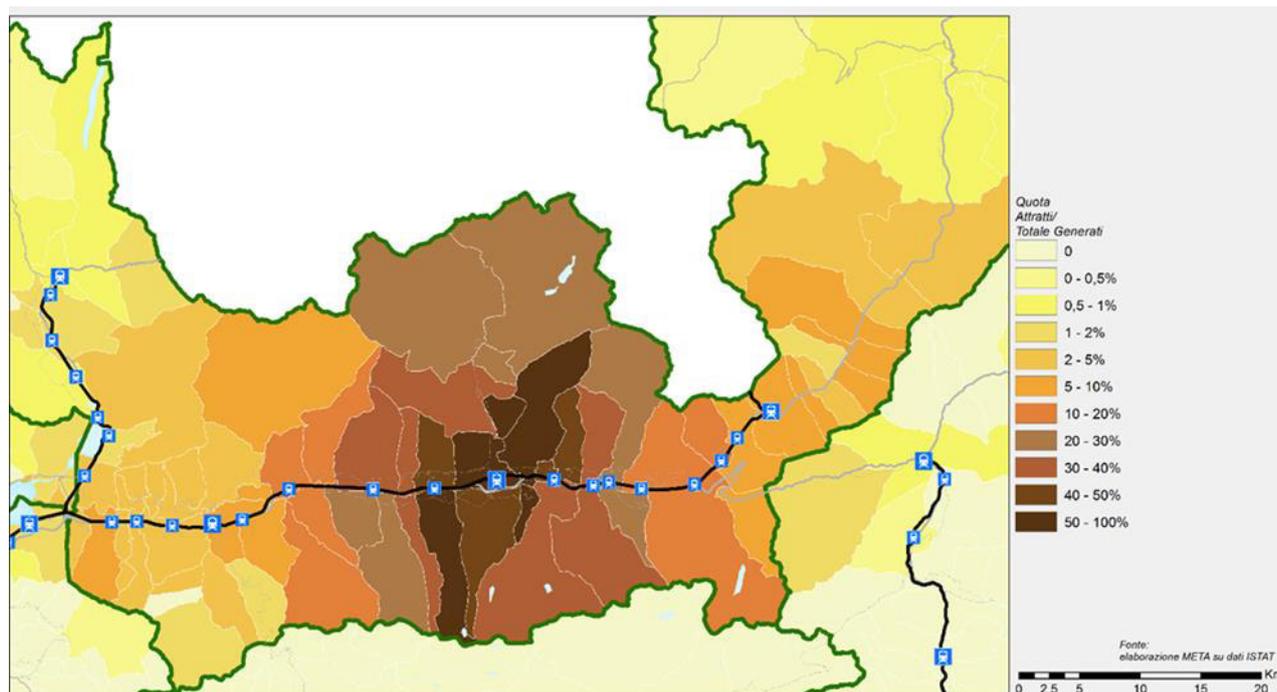


Fig. 2.v – Aree di influenza - Sondrio – spostamenti per tutti i motivi

Fonte: PGTU Città di Sondrio, elaborazione META su dati ISTAT 2011

Il confronto con l'analogo dato relativo agli anni 1991 e 2001 evidenzia che la capacità attrattiva di Sondrio, espressa in termini relativi, tende ad attenuarsi, soprattutto per gli spostamenti casa-lavoro. Tale effetto potrebbe essere dovuto, in parte, alla dinamica delle polarità urbane concorrenti di Tirano e, soprattutto, Morbegno, ma anche allo sviluppo di poli d'attività industriale nei Comuni contermini di fondovalle (Montagna Piano, Castione Andevenno, Berbenno di Valtellina).

Studio di traffico

Significative risultano anche le aree di influenza dei due vicini poli provinciali: Morbegno e Tirano. Si evidenzia come anche queste realtà urbane risultano avere bacini di influenza limitati ai comuni limitrofi senza particolare scambio reciproco, con l'unica possibile eccezione dell'area di Ardenno e Val Masino, in qualche misura "contesa" fra Sondrio e Morbegno.

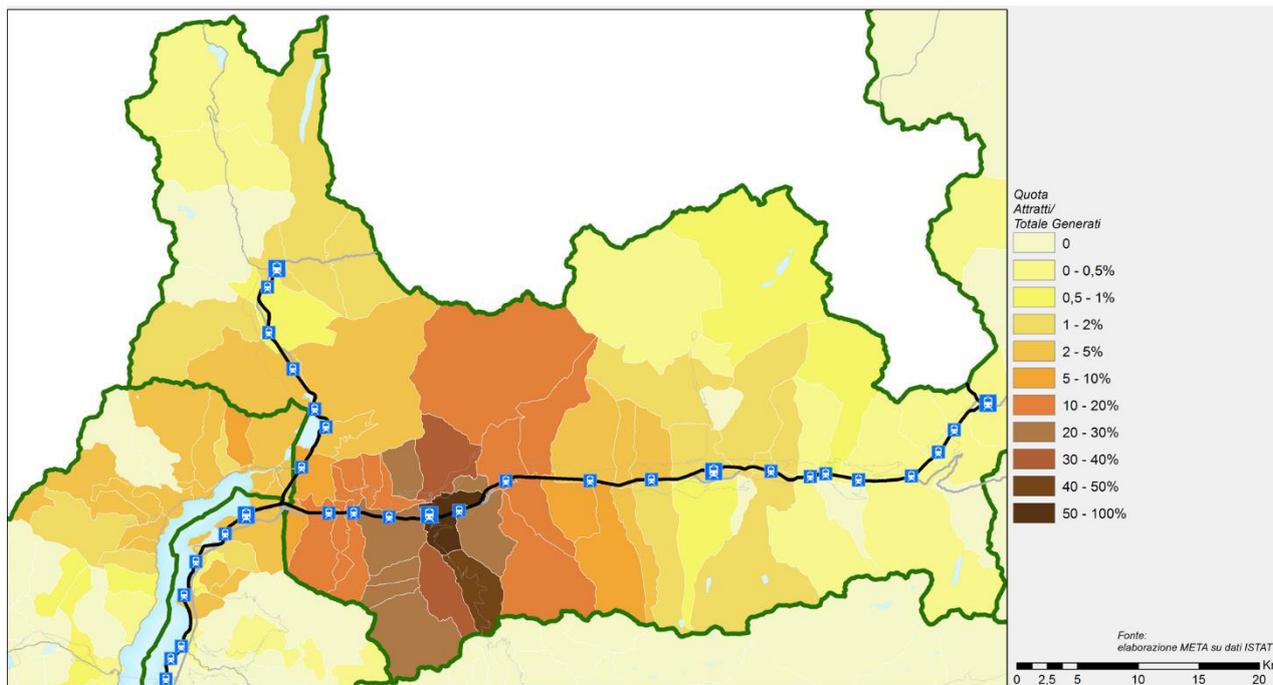


Fig. 2.vi – Aree di influenza - Morbegno

Fonte: PGTU Città di Sondrio, elaborazione META su dati ISTAT 2011

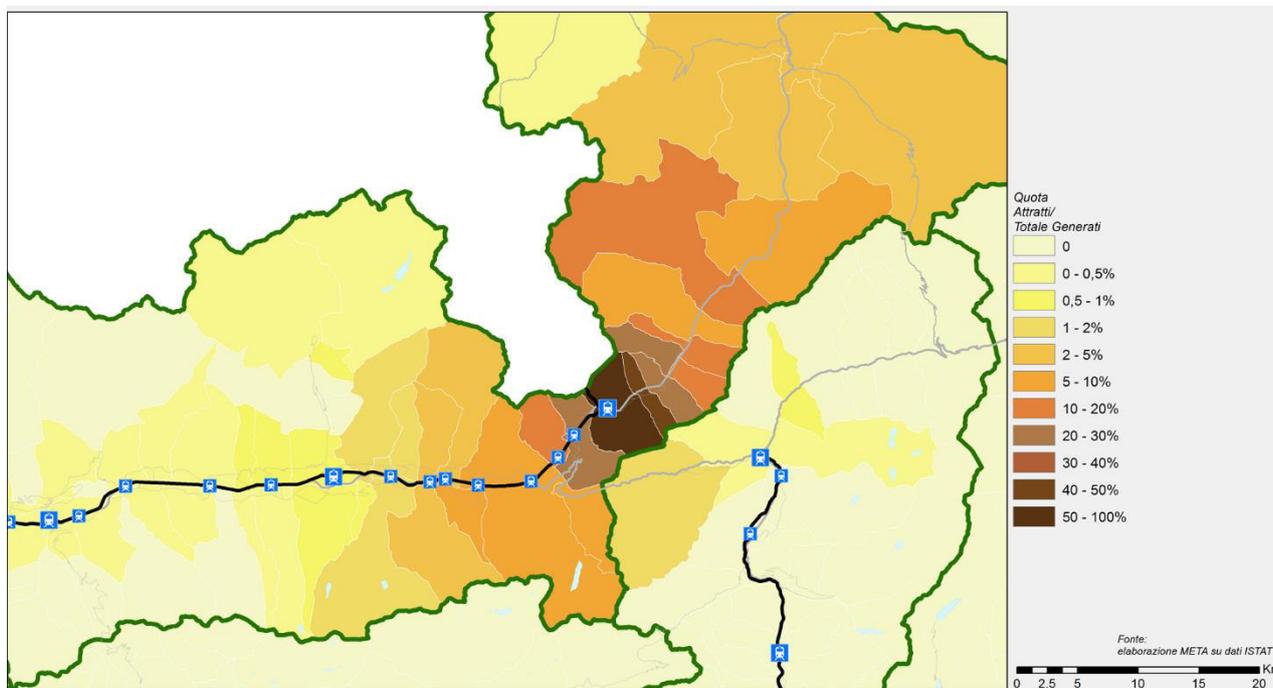


Fig. 2.vii – Aree di influenza - Tirano

Fonte: PGTU Città di Sondrio, elaborazione META su dati ISTAT

Studio di traffico

**MATRICE O/D SINTETICA**

La matrice O/D dell'ora di punta della mattina assegnata dal modello di traffico include **circa 33 mila movimenti veicolari/ora**. I movimenti interni all'area formata da Sondrio e dai comuni contermini sono circa 5,2 mila spostamenti. **Il polo principale dell'area risulta la città di Sondrio** che attrae 3.248 spostamenti – dei quali il 55% proveniente dai comuni di prima cintura – e genera 2.058 spostamenti – dei quali solo il 26% diretto verso i comuni di prima cintura: il 40% è diretto verso ovest mentre soltanto il 25% verso est. Per motivi di leggibilità, è stata esclusa la diagonale nella matrice sintetica riportata di seguito.

MATRICE SINTETICA DEGLI SPOSTAMENTI											
Giorno feriale medio - Ora di punta della mattina											
Veicoli equivalenti											
Orig./Dest.	Sondrio	Castione A	Montagna in V	Caiolo	Albosaggia	Piateda	Poggiridenti-Trevisio	dir Nord	dir Ovest	dir Est	TOTALE
Sondrio	2.223	109	3	62	85	83	201	179	812	523	4.280
Castione A	127	46	0	3	7	2	3	10	65	6	268
Montagna in V	466	13	68	0	5	15	14	15	41	73	709
Caiolo	99	26	0	47	4	1	1	24	111	4	319
Albosaggia	454	32	0	3	72	11	10	0	58	37	677
Piateda	205	11	20	1	8	101	9	0	33	41	431
Poggiridenti-Trevisio	434	17	27	2	11	15	83	14	55	102	760
dir Nord	85	3	2	0	1	5	0	-	3.441	1.287	4.825
dir Ovest	614	225	3	76	33	23	15	28	-	7.791	8.810
dir Est	765	41	38	3	74	35	39	0	10.456	-	11.452
<b>TOTALE</b>	<b>5.471</b>	<b>523</b>	<b>160</b>	<b>198</b>	<b>300</b>	<b>292</b>	<b>377</b>	<b>270</b>	<b>15.073</b>	<b>9.865</b>	<b>32.530</b>

Tab. 2.ii – Matrici OD degli spostamenti giornalieri espresse in veicoli equivalenti

Elaborazione META

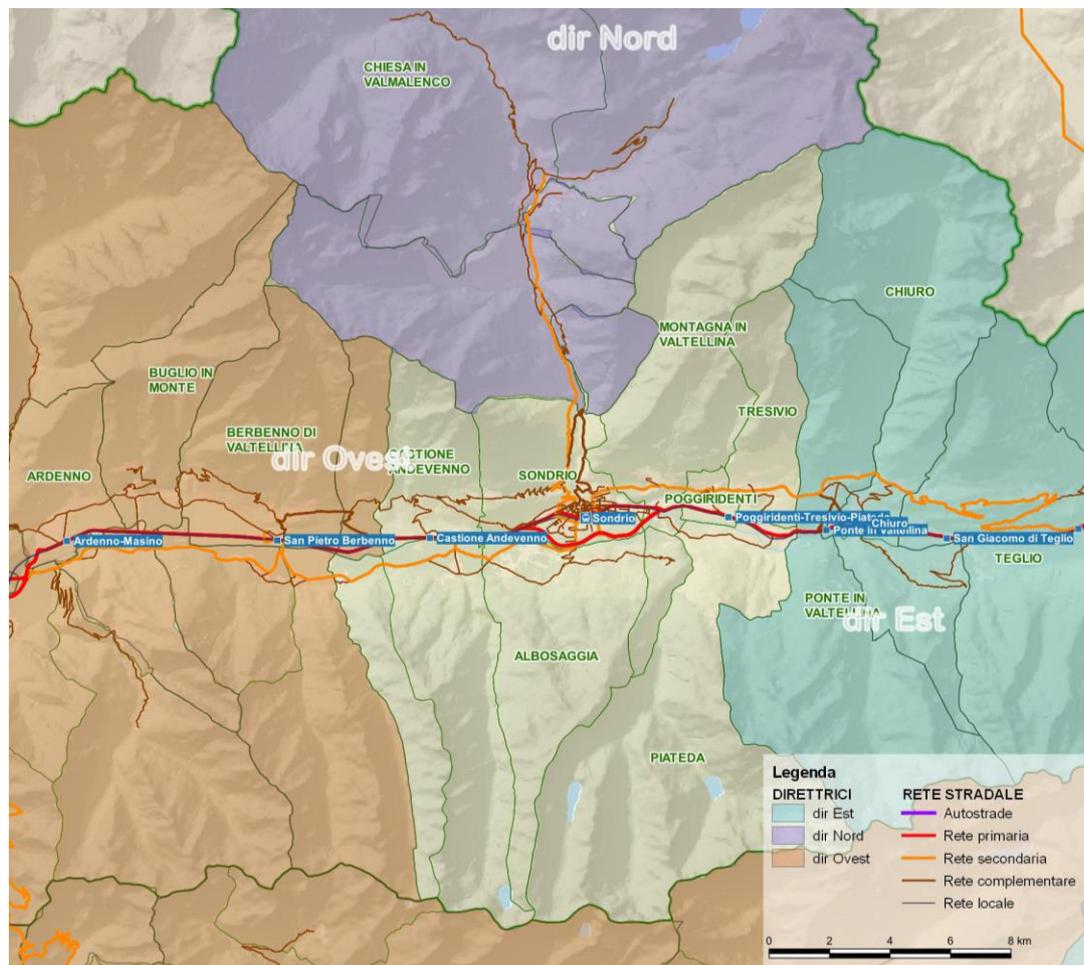


Fig. 2.viii – Direttrici di accesso all'area di studio

Elaborazione META

## Studio di traffico

### Validazione del modello

Il modello di traffico, preliminarmente alla fase di simulazione degli scenari previsionali, deve essere sottoposto ad una accurata fase di **calibrazione**, finalizzata alla “messa a punto” degli attributi del grafo e della matrice stimata, al fine di riprodurre con sufficiente approssimazione, i flussi veicolari rilevati sulla rete stradale.

Nel caso in esame, a causa delle limitazioni agli spostamenti attualmente in vigore per fronteggiare l'emergenza sanitaria da SARS-CoV-2 non è stato possibile effettuare campagne di rilievo ad hoc per la calibrazione del modello nel giorno medio feriale. Pertanto la validazione è stata effettuata sulla base dei dati relativi alla rete principale disponibili nella banca dati META e di quelli raccolti per la redazione del PGTU di Sondrio nei mesi di febbraio-marzo 2019, integrati puntualmente sulla SS38 grazie all'utilizzo di *Floating Car Data* e riferiti al medesimo intervallo temporale.

Si è giunti in questo modo alla validazione del modello in uno scenario “pre-COVID”, al fine di non introdurre elementi distorsivi in fase di calibrazione derivanti dagli effetti combinati di una differente struttura della domanda di mobilità – conseguente alle limitazioni degli spostamenti intercomunali, al ricorso allo *smart working* nonché alla forte contrazione degli spostamenti occasionali – e di una diversa ripartizione modale, i cui effetti di medio termine risultano tuttora di incerta lettura.

Studio di traffico

**DATI DI TRAFFICO STRADE STATALI E PROVINCIALI NELL'AREA DI STUDIO**

La distribuzione dei flussi di traffico sulla rete stradale principale nel territorio di Sondrio è desunta da un insieme di dati provenienti da diverse fonti, fra cui:

- i report sulla viabilità statale redatti da ANAS riguardanti la SS38 (anni 2017-2019);
- il censimento della circolazione effettuato sulla rete provinciale: SP15 – fonte Regione Lombardia, 2004 – SP16 e SP21 – fonte Provincia di Sondrio, 2011.

Come evidenziato nel grafico seguente, la SS38 presso Castione Andevenno presenta dei carichi bidirezionali che si attestano intorno ai 20.000 veicoli/giorno, dei quali il 5% (circa 1.100 veicoli/giorno) è relativo ai mezzi pesanti.

Per quanto riguarda le strade provinciali, la SP16 risulta essere quella più carica raggiungendo quasi i 6.900 veicoli/giorno, il 13% dei quali (863 veicoli/giorno) riguarda i mezzi pesanti; tale discreta percentuale è dovuta probabilmente alla presenza di alcune cave ubicate lungo l'Adda e alle quali si accede mediante la suddetta strada. La SP15 e la SP21 invece raggiungono rispettivamente i 2.290 e i 3.471 veicoli/giorno, con una percentuale di mezzi pesanti per entrambi del 9%.



**Fig. 2.ix – TGM bidirezionale sulla rete statale e provinciale**  
Elaborazione META su dati indagini e rilievi Anas, Regione Lombardia e Provincia di Sondrio

Per quanto riguarda la postazione sulla SS38 a Castione Andevenno sono riassunti di seguito i dati di traffico del giorno feriale medio bidirezionali classificati in leggeri e pesanti del triennio 2017/2019.

STRADA STATALE N38				
Postazione ANAS n. 421 km32+850 in Castione Andevenno				
Anno	Consistenza	Leggeri	Pesanti	Totale
2017	243	19.968	1.089	21.057
2018	305	19.674	1.072	20.746
<b>2019</b>	<b>323</b>	<b>19.916</b>	<b>1.098</b>	<b>21.014</b>

**Tab. 2.iii – TGM bidirezionale sulla SS38 – postazione Castione Andevenno**  
Elaborazione META su dati indagini e rilievi Anas

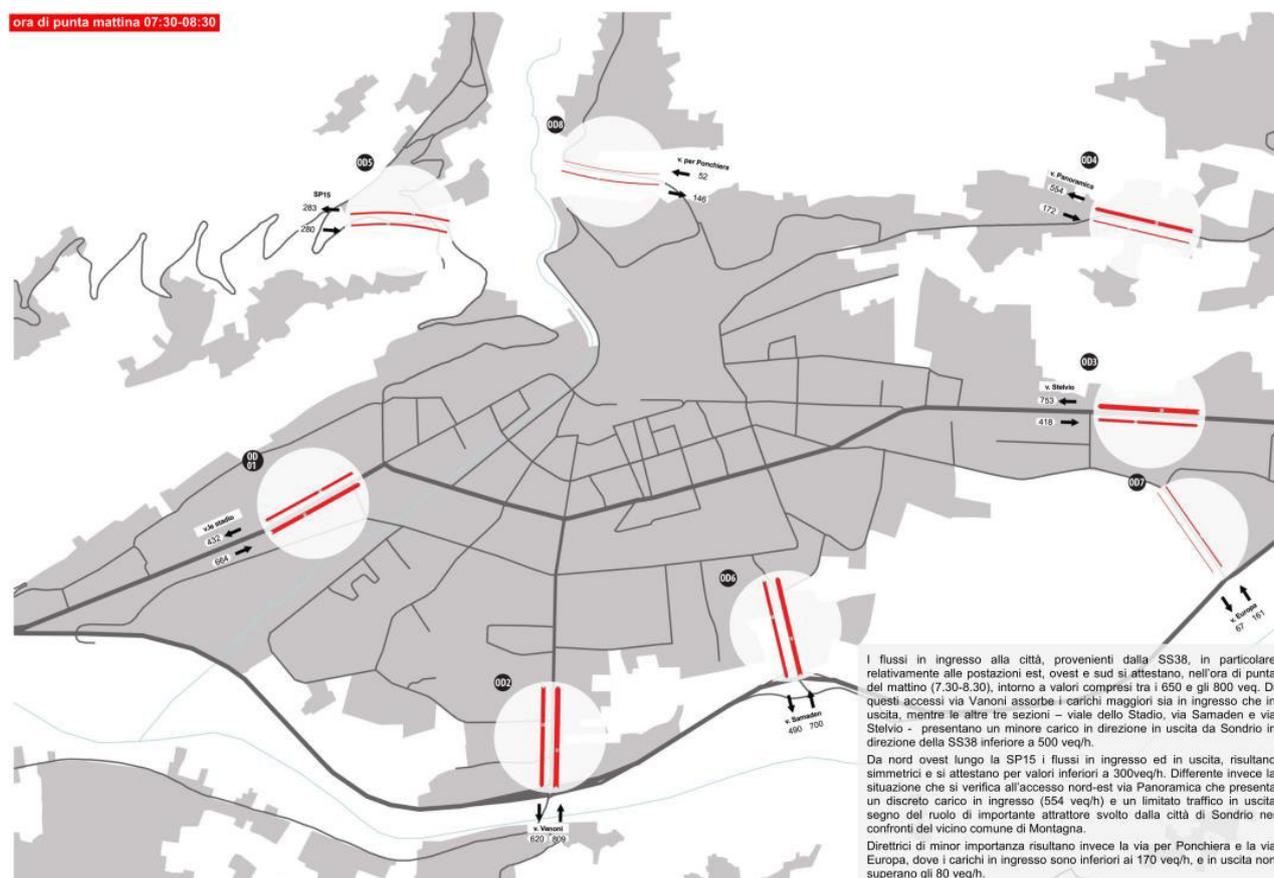
## Studio di traffico

### DATI DI TRAFFICO RETE STRADALE COMUNE DI SONDRIO – fonte PGTU

Un'altra fonte per la ricostruzione dei flussi di traffico è costituita dalla campagna di indagine condotta a supporto della redazione del presente piano nei mesi di febbraio e marzo 2019, comprendente sia le postazioni di controllo al cordone, sia le principali intersezioni urbane.

Il riepilogo dei risultati di tale campagna e quindi dei flussi rilevati nell'ora di punta del **mattino (07:30-08:30)** è riportato nelle figure seguenti.

Tutti i dati sono espressi in termini di veicoli equivalenti, ottenuti attribuendo a ciascuna categoria veicolare opportuni coefficienti di omogeneizzazione, rappresentativi della loro occupazione dinamica della carreggiata.



**Fig. 2.x – Flussi nell'ora di punta, postazioni cordone urbano di Sondrio**

Fonte: PGTU Città di Sondrio, elaborazione META

S.S.n.38 “DELLO STELVIO” - LOTTO 2 - NUOVO ATTRAVERSAMENTO IN VIADOTTO DELLA LINEA FERROVIARIA SONDRIO-TIRANO E NUOVE CONNESSIONI NEI COMUNI DI SONDRIO E MONTAGNA DI VALTELLINA

Studio di traffico



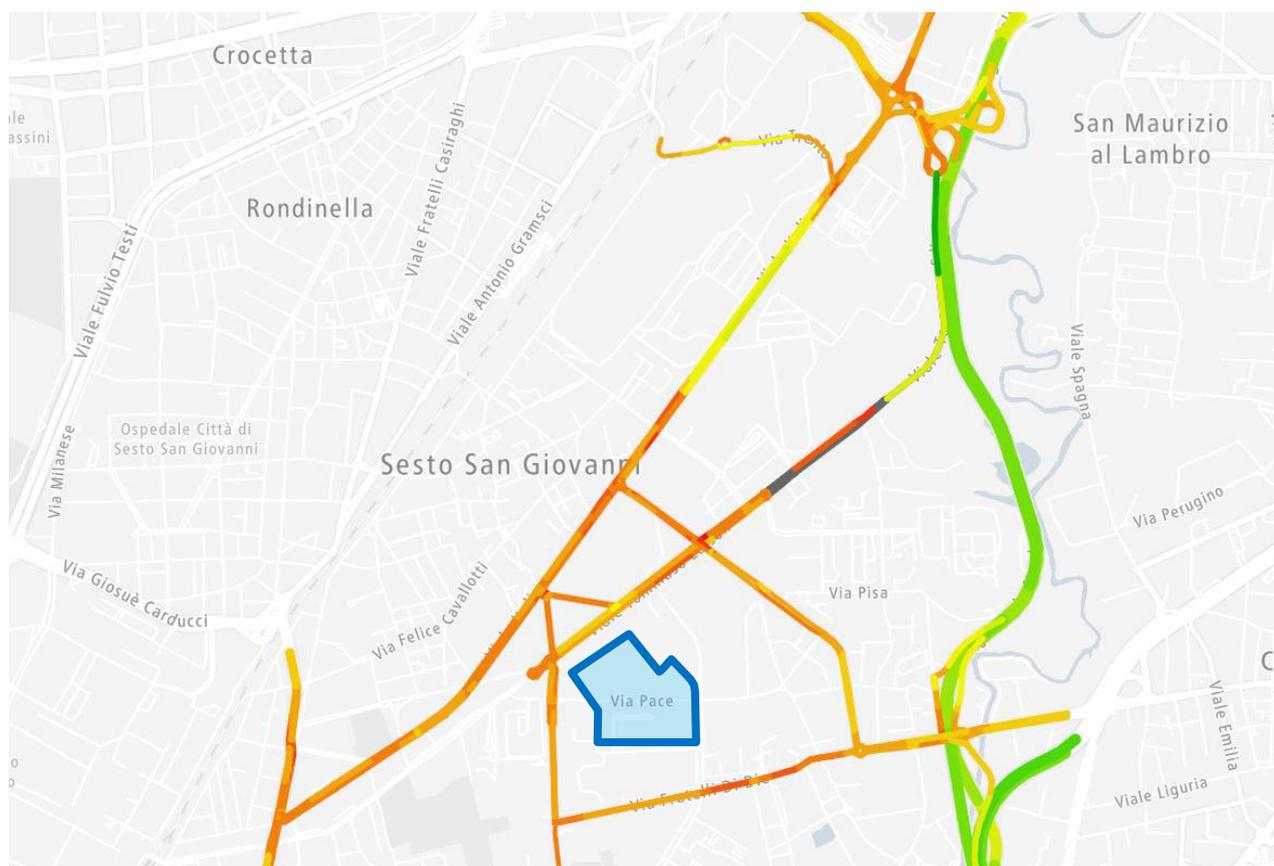
Fig. 2.xi – Flussi nell’ora di punta, principali intersezioni urbane di Sondrio  
Fonte: PGTU Città di Sondrio, elaborazione META

## Studio di traffico

### FLOATING CAR DATA

Da ultimo, il quadro di validazione è stato completato utilizzando i dati di tracciamento GPS di un campione di veicoli circolanti sulla rete (**Floating Car Data**), anonimizzati e **resi disponibili**, a titolo oneroso, **da una primaria azienda multinazionale**.

I *Floating Car Data* (FCD) sono ottenuti memorizzando le tracce puntiformi generate dalle connessioni satellitari presenti sui veicoli che aderiscono a servizi di tracciamento o dai dispositivi di telefonia mobile dotati di applicazioni connesse ai servizi di mappe online, ed associandole, tramite sistemi di *machine learning*, alla sottostante descrizione georiferita della rete stradale in esercizio al momento del tracciamento.



**Fig. 2.xii – Esempio di Floating Car Data: velocità media di avanzamento sugli assi principali di una rete stradale**  
Fonte: Floating Car Data Tom Tom

Come ben specificato dalla letteratura scientifica<sup>2</sup>, questi dati hanno natura campionaria e si prestano innanzi tutto alla stima di parametri poco influenzati dalla determinazione, sempre abbastanza complicata, degli effettivi tassi di campionamento sui singoli segmenti di rete (ad esempio, i tempi di percorrenza su determinati itinerari).

<sup>2</sup> A questo proposito, cfr. ad esempio Brouwer J. (2014) *Measuring real time traffic data quality based on Floating Car Data*; Ambühl L., Loder A., Menendez M., Axhausen K.W. (2016) *Empirical macroscopic fundamentals diagrams: New Insight from Loop Detector and Floating Car Data*; ETH Zürich.

### Studio di traffico

Più complesso risulta il loro impiego come base per la stima dei flussi veicolari complessivamente gravanti sulla rete, in quanto essi:

- riguardano soltanto una quota-parte dei veicoli tracciati, variabile a seconda della zona, del tipo di strada e del momento della giornata, e debbono dunque essere rielaborati in modo da restituire una stima probabilistica del flusso complessivo;
- si caratterizzano per una incidenza sul totale dei veicoli crescente nel tempo, e non consentono dunque di effettuare confronti storici precisi tra i flussi transitanti nella medesima sezione stradale in periodi differenti.

Nel contempo, i *Floating Car Data* presentano alcuni evidenti vantaggi. In particolare essi:

- sono disponibili per porzioni di rete molto ampie;
- permettono, in alcuni casi, di ricostruire la configurazione origine/destinazione dei movimenti veicolari;
- sono interrogabili a ritroso nel tempo.

Quest'ultima circostanza risulta dirimente in un periodo di crisi pandemica, soggetto ad intense perturbazioni repentinamente variabili di giorno in giorno, durante il quale ogni tentativo di rilevazione diretta dei carichi veicolari sulla rete dell'area di studio andrebbe incontro a rilevanti problematiche di significatività del dato.

A supporto del presente studio, si è pertanto ritenuto opportuno utilizzare la tecnologia FCD come fonte per la stima dei carichi veicolari sulla rete di studio, da utilizzare in fase di validazione del modello ad integrazione delle altre fonti esistenti, nonché per la validazione del modello di microsimulazione dei nodi.

Al fine di garantire l'affidabilità statistica della procedura di stima, si è proceduto dapprima confrontando il dato GPS relativo all'insieme dei giorni feriali del mese di ottobre 2019, con il dato disponibile per la postazione ANAS a Castione Andevenno riferita al giorno feriale medio, in modo da stimare coefficienti di espansione stratificati per fascia oraria e tipo di strada. L'andamento medio orario dei tassi di campionamento, sulla base di pregresse esperienze, evidenzia la ricorrenza di un piccolo insieme di dati disallineati in modo casuale ma, complessivamente, l'ampiezza delle bande di oscillazione corrispondenti ad un grado di attendibilità 2 (che include il 95,5% dei casi) risulta piuttosto limitata nelle ore diurne, consentendo di utilizzare gli FCD come *proxy* per la stima dei volumi di traffico totali sulla rete.

Successivamente, si è proceduto ad applicare tali coefficienti ai dati estratti in altre posizioni lungo la strada statale n.38 al fine di determinare ulteriori punti di validazione del modello.

Studio di traffico

Postazioni di rilievo traffico sulla strada SS38						
Curva andamento orario traffico giornaliero - ottobre 2019						
Postazione:	SON3315 Castione			SON3120 Poggiridenti		
Ora\Direzione	Morbegno	Tirano	Totale	Morbegno	Tirano	Totale
00:00	62	52	114	25	58	83
01:00	30	49	79	8	51	59
02:00	26	14	41	13	13	26
03:00	49	21	70	37	19	56
04:00	87	43	130	63	43	106
05:00	262	83	345	212	179	391
06:00	401	233	635	393	439	832
07:00	766	559	1.325	577	505	1.082
08:00	736	668	1.403	486	573	1.060
09:00	529	609	1.137	408	485	893
10:00	568	728	1.296	426	616	1.042
11:00	782	660	1.441	463	551	1.014
12:00	716	532	1.249	466	602	1.068
13:00	790	513	1.302	502	463	966
14:00	908	539	1.447	602	471	1.073
15:00	817	555	1.372	569	536	1.105
16:00	816	523	1.339	617	585	1.202
17:00	965	590	1.555	591	616	1.207
18:00	729	632	1.361	509	674	1.182
19:00	648	593	1.241	405	531	936
20:00	376	460	837	226	409	636
21:00	178	315	493	194	335	528
22:00	161	328	489	109	332	441
23:00	127	188	315	71	213	284
<b>Totale</b>	<b>11.528</b>	<b>9.486</b>	<b>21.014</b>	<b>7.973</b>	<b>9.299</b>	<b>17.272</b>

Fig. 2.xiii – Ricostruzione della curva oraria – postazioni SS38 (giorno feriale ottobre 2019)  
Elaborazione META su dati Tom Tom e dati ANAS

Studio di traffico

RISULTATO DELLA VALIDAZIONE

Il confronto fra i flussi rilevati con quelli simulati dal modello evidenzia il raggiungimento di un buon livello di correlazione, con parametro  $R^2$  pari a 0,9534 (il valore 1 indica la perfetta corrispondenza del flusso simulato a quello rilevato) e coefficiente angolare prossimo a 1.

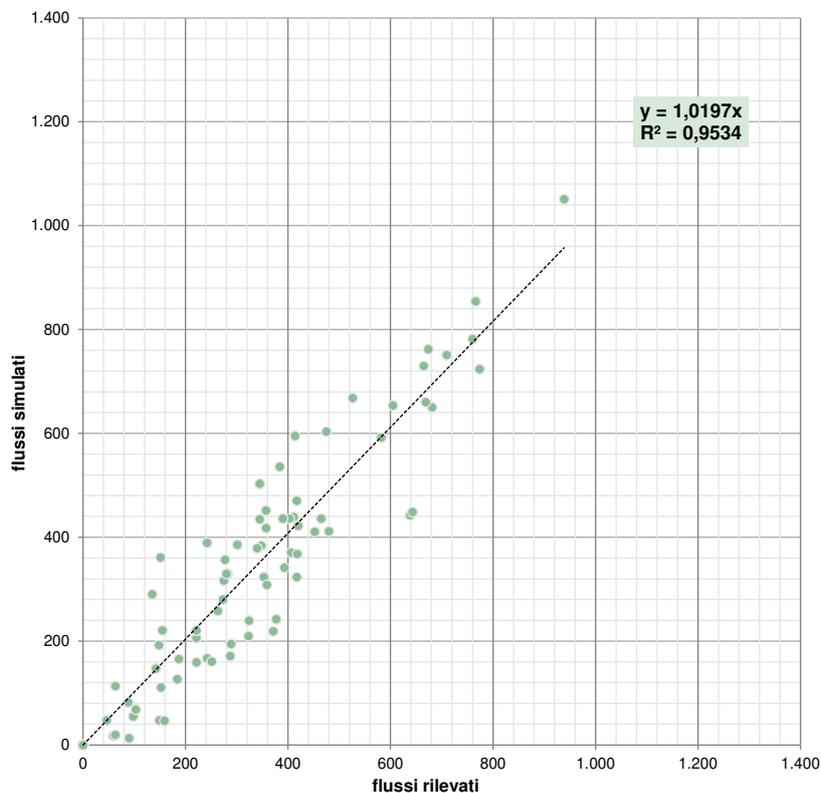


Fig. 2.xiv – Risultati della calibrazione: correlazione tra flussi rilevati e simulati – Intera rete e rete comunale  
Elaborazione META

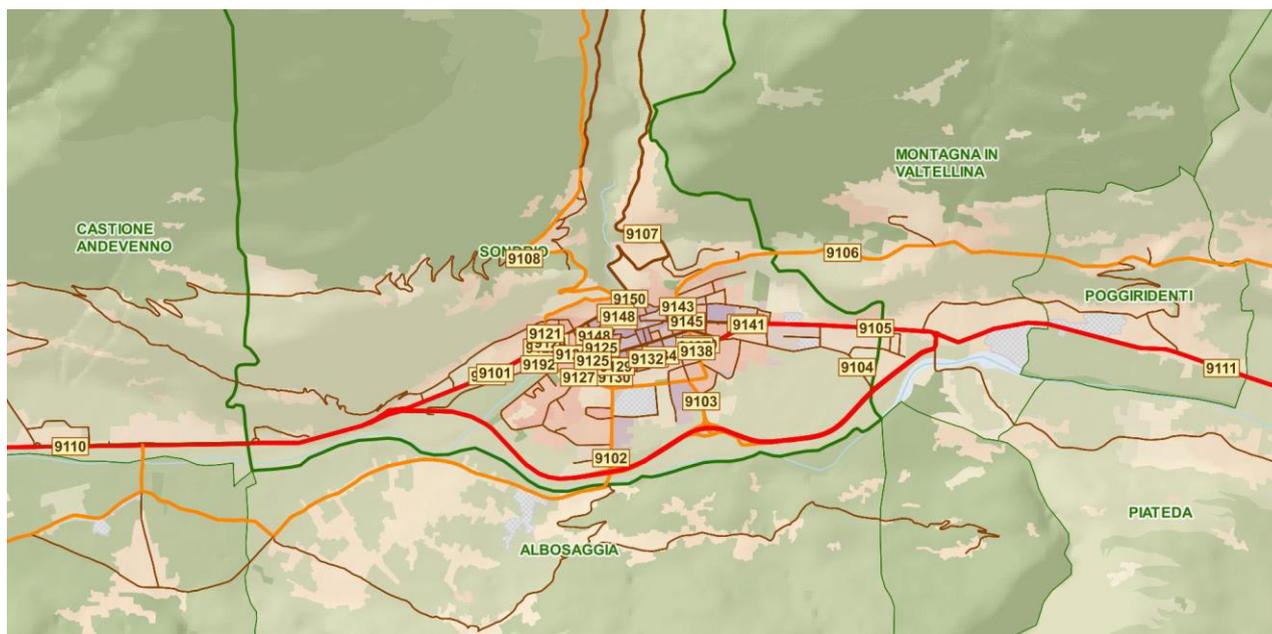


Fig. 2.xv – Postazioni di validazione nell'area di studio  
Elaborazione META

## Studio di traffico

### Risultati modellistici

Il modello di simulazione del traffico, opportunamente calibrato, descrive in modo ragionevolmente accurato i carichi veicolari nell'ora di punta della mattina nel giorno feriale medio, gravanti sulla rete viaria dell'area di studio.

Osservando il flussogramma dei carichi veicolari simulati, si evidenzia un **flusso bidirezionale** che raggiunge i **2.000 veicoli equivalenti** nei tratti della **SS38** a ridosso del confine comunale di Sondrio. Tali valori scendono fino a 1.300÷1.500 veicoli equivalenti/h lungo la tangenziale del capoluogo, a causa dell'attrazione del polo urbano che si manifesta nei flussi prevalentemente in accesso presso via allo Stadio e via Stelvio, rispettivamente a ovest e ad est di Sondrio.

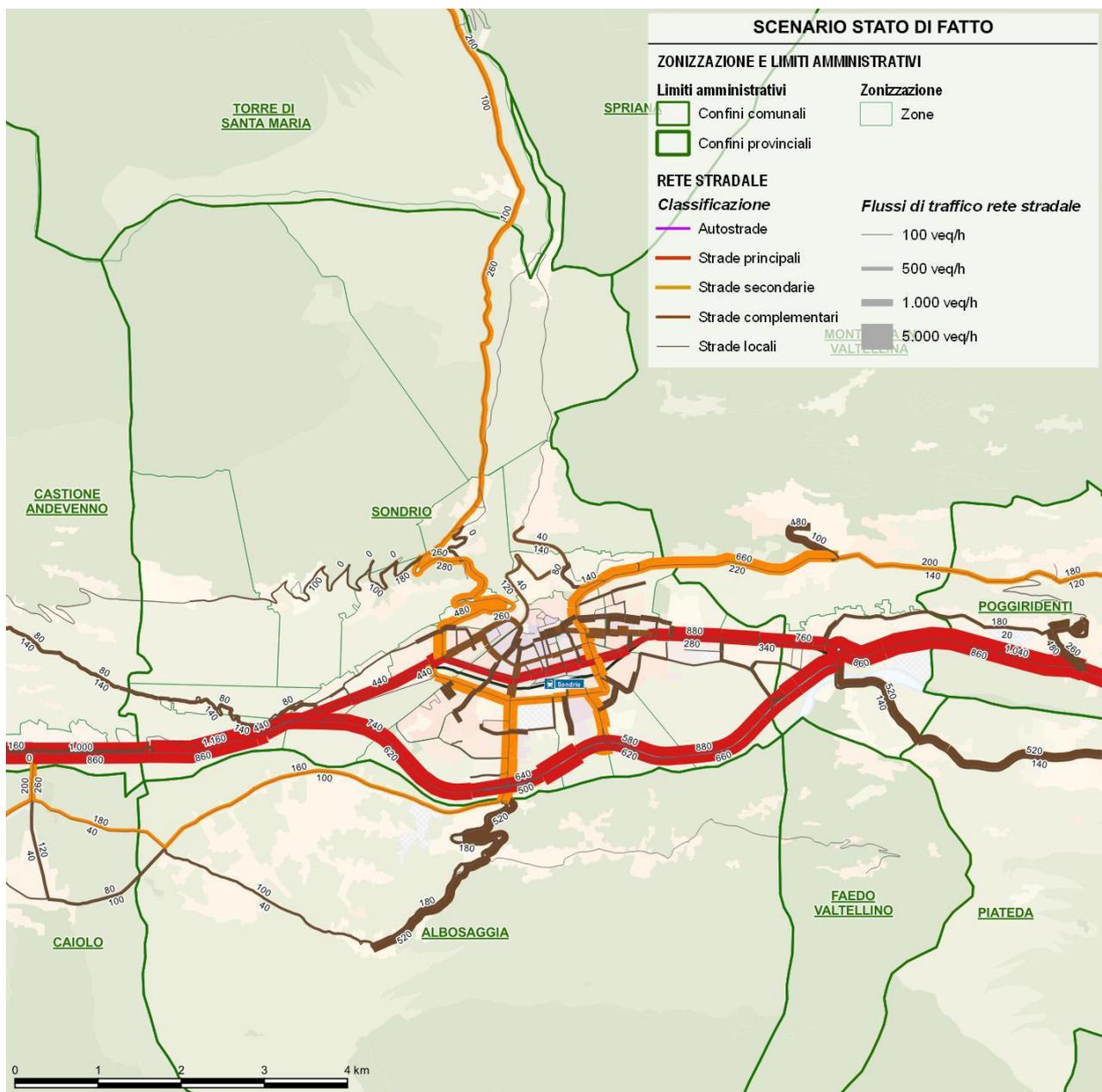


Fig. 2.xvi – Flussogramma Scenario attuale – ora di punta della mattina  
Elaborazione META

Studio di traffico

La direzionalità verso il capoluogo è riscontrabile anche nel tratto di statale presso Montagna in Valtellina, mentre spostandosi a ovest verso di Morbegno si evidenzia un maggior bilanciamento dei flussi. Sulla viabilità secondaria si registrano flussi significativi solo nei pressi di Sondrio, in particolare sulla strada provinciale della Valmalenco e sulla SP21 strada panoramica che attraversa gli abitati dei comuni della sponda retica.

Per quanto riguarda i livelli di servizio della rete stradale si osserva che nel tratto della SS38 che rappresenta la tangenziale di Sondrio, le caratteristiche della piattaforma stradale, l'organizzazione dei nodi a livelli sfalsati e i flussi di traffico determinano rapporti di flusso/capacità inferiori a 0,55 corrispondenti a livelli di servizio pari ad A e B. Diversamente i tratti prima e dopo la città di Sondrio raggiungono un rapporto flusso/capacità maggiori e in alcuni casi anche prossimi al livello di saturazione, con conseguenti livelli di servizio pari a D.

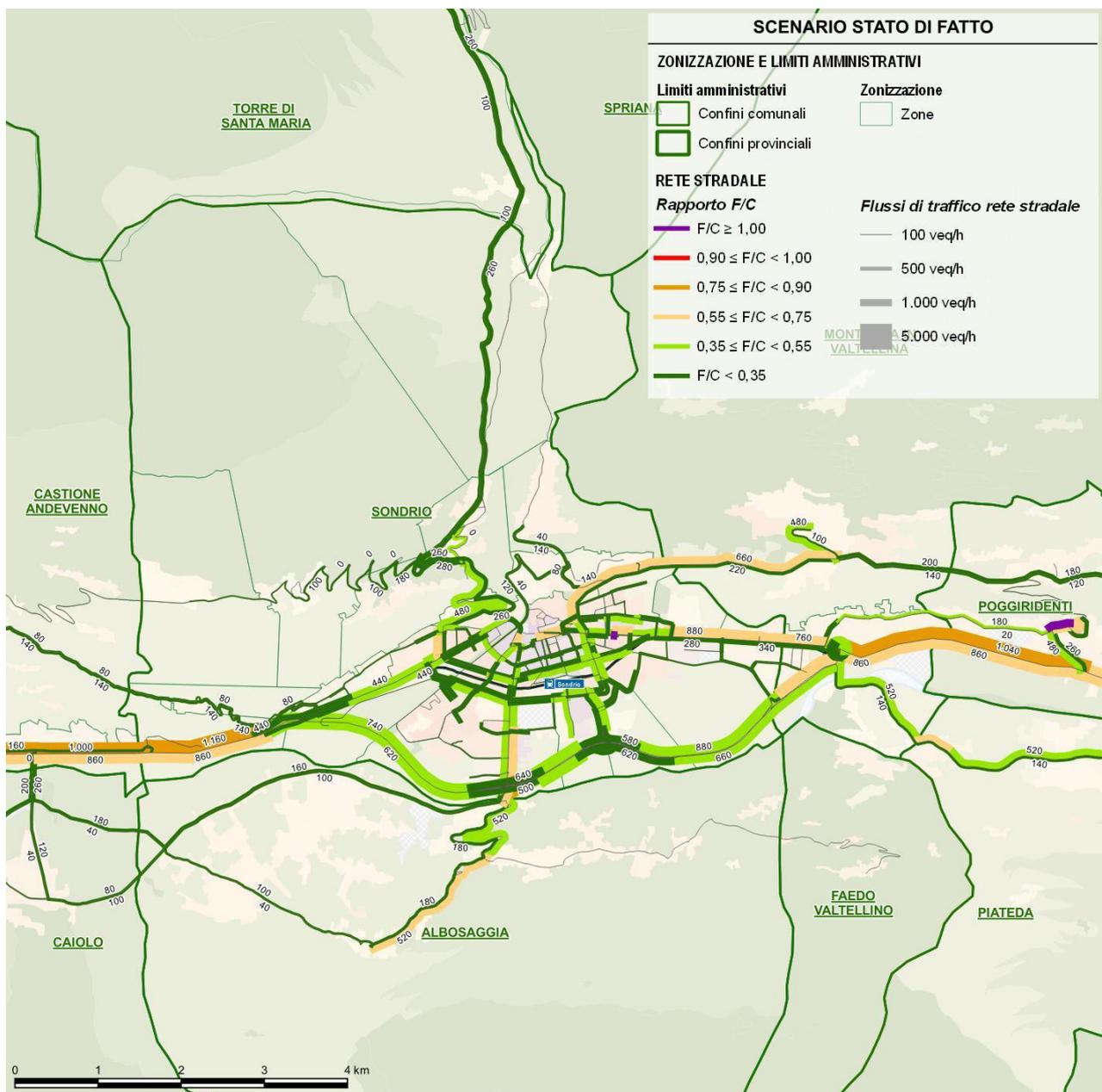


Fig. 2.xvii – Livelli di servizio sulla rete – Scenario attuale ora di punta della mattina  
Elaborazione META

### Studio di traffico

Il flussogramma seguente evidenzia come si distribuiscono sulla rete dell'ambito di intervento i veicoli in transito nella sezione di controllo posizionata sulla SS38 immediatamente a est della rotatoria con la tangenziale di Sondrio e con via Stelvio.

Emerge chiaramente che, nell'ora di punta della mattina, **la componente "di attraversamento" è minoritaria: il traffico in ingresso al capoluogo rappresenta l'80% del flusso stimato nella sezione di controllo e si ripartisce pressoché equamente tra via Stelvio e la tangenziale**; su questa prosegue oggi fino a via Samaden e via Vanoni. Analogo comportamento assume il traffico in uscita, seppur minore in termini assoluti.

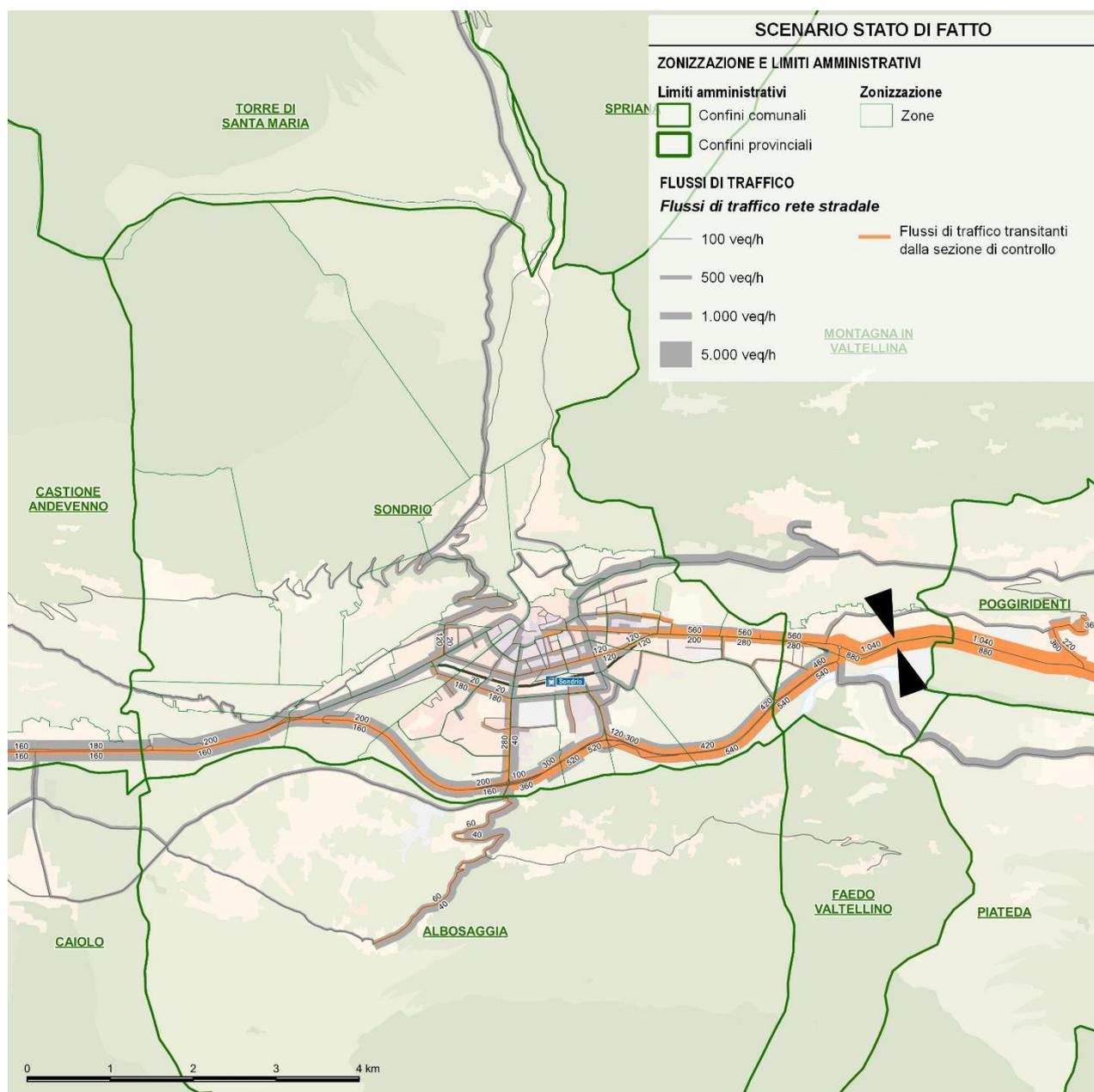


Fig. 2.xviii – Flussogramma scenario attuale – ora di punta della mattina – sezione di controllo SS38 dello Stelvio km 40+500  
Elaborazione META

## Studio di traffico

Il modello di simulazione permette l'estrazione di statistiche aggregate, che descrivono in modo sintetico la “quantità di traffico” presente e/o prevista nell'ambito di studio.

Tali statistiche sono espresse secondo due tipiche grandezze, così definite:

- **volume totale di traffico**, corrispondente alla somma delle distanze percorse da tutti i veicoli entro l'area di studio in un determinato periodo di tempo, espresso in veicoli x chilometro giornalieri (*vkm/giorno*);
- **tempo di percorrenza complessivo**, corrispondente alla somma dei tempi impiegati da ciascun veicolo per percorrere gli archi stradali, espresso in veicoli x ora, sempre giornalieri (*vh/giorno*).

Il rapporto tra questi due indicatori restituisce la velocità media di deflusso sul grafo, espressa in  $vkm : vh = km/h$ .

Tutte queste grandezze possono essere calcolate con riferimento a differenti porzioni della rete stradale: tipicamente, è possibile fare riferimento a diverse perimetrazioni territoriali, così come ai singoli ranghi funzionali della rete (autostrade, strade primarie, strade secondarie e strade locali).

Nel caso specifico le statistiche sono state restituite riferendole all'area di studio – i comuni della Valtellina Sondriese da Morbegno a Tirano esclusi – e l'area di intervento ovvero la porzione di rete compresa nei comuni di Castione Andevenno, Sondrio e Montagna in Valtellina.

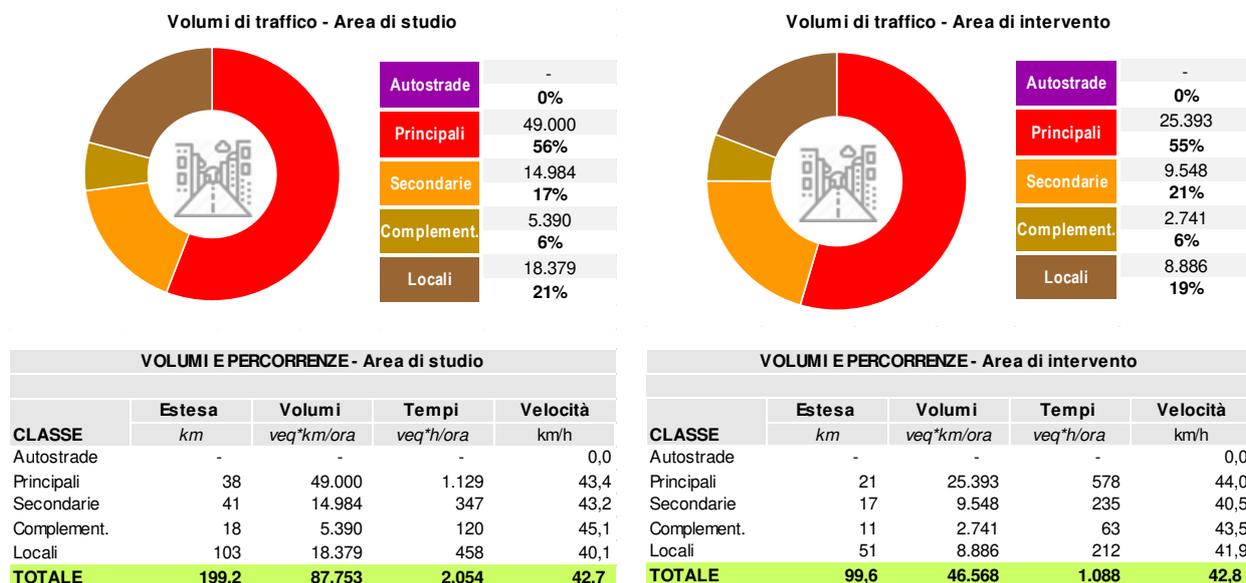
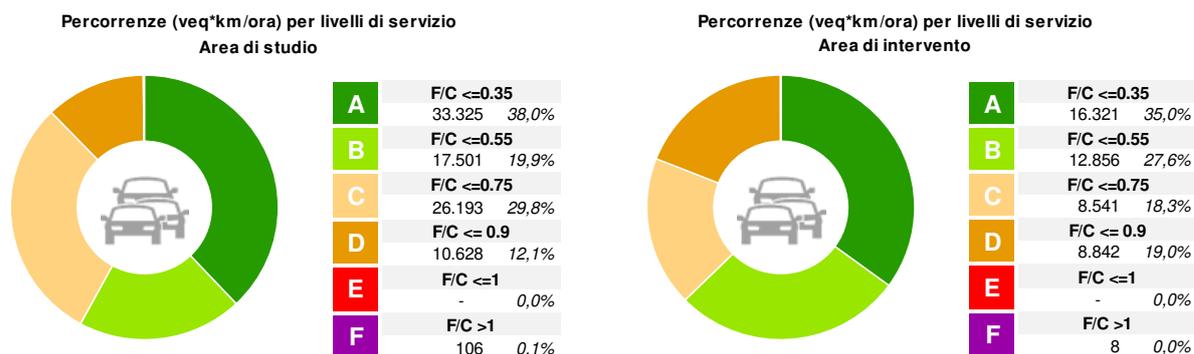


Fig. 2.xix – Volumi e percorrenze sulla rete – Scenario attuale ora di punta della mattina  
Elaborazione META

Studio di traffico

Le statistiche di rete riferite ai livelli di servizio evidenziano complessivamente buoni livelli di servizio per le strade locali, complementari e secondarie, mentre per quanto riguarda la rete principale, che praticamente riferisce le condizioni di circolazione sulla sola Strada Statale n.38, si registrano anche livelli di servizio D.

In particolare, focalizzando l'attenzione sulla rete principale, nell'area di studio il 20% dei volumi di traffico (pari a 10.600 veic\*km) si trova in livello di servizio D; tale percentuale cresce raggiungendo il 35% nell'area di intervento.



LIVELLI DI SERVIZIO - Area di studio							
LdS	Estesa rete km	Volumi di traffico veq*h/ora					TOTALE
		Principali	Secondarie	Complement. Locali			
A	158	4.746	10.238	4.858	13.483	<b>33.325</b>	
B	18	11.101	2.493	433	3.475	<b>17.501</b>	
C	17	22.541	2.238	99	1.315	<b>26.193</b>	
D	5	10.613	15	-	-	<b>10.628</b>	
E	-	-	-	-	-	-	
F	0	-	-	-	106	<b>106</b>	
<b>TOTALE</b>	<b>199</b>	<b>49.000</b>	<b>14.984</b>	<b>5.390</b>	<b>18.379</b>	<b>87.753</b>	

LIVELLI DI SERVIZIO - Area di intervento							
LdS	Estesa rete km	Volumi di traffico veq*h/ora					TOTALE
		Principali	Secondarie	Complement. Locali			
A	75	3.319	4.801	2.209	5.992	<b>16.321</b>	
B	14	7.374	2.493	433	2.556	<b>12.856</b>	
C	6	5.872	2.238	99	330	<b>8.541</b>	
D	4	8.827	15	-	-	<b>8.842</b>	
E	-	-	-	-	-	-	
F	0	-	-	-	8	<b>8</b>	
<b>TOTALE</b>	<b>100</b>	<b>25.393</b>	<b>9.548</b>	<b>2.741</b>	<b>8.886</b>	<b>46.568</b>	

Fig. 2.xx – Ripartizione delle percorrenze (vkm) per livello di servizio – Scenario attuale ora di punta della mattina  
Elaborazione META

## 3 SCENARIO DI PROGETTO

### Generalità

Lo scenario di progetto è derivato dallo scenario attuale mediante la modifica del grafo stradale per riprodurre la configurazione della rete attesa a seguito della realizzazione delle opere in progetto. Si considerano i volumi di traffico stabili nel tempo in linea con quanto deducibile dai dati storici di TGMA disponibili nell'area (dati ANAS TGMA (traffico giornaliero medio annuo) postazione Castione Andevenno anni 2013-2022).

Il confronto tra gli scenari consente quindi di evidenziare gli effetti indotti, mediante la valutazione delle differenze nella distribuzione dei flussi di traffico sulla rete e delle statistiche espresse in termini di percorrenze, velocità medie e livelli di servizio.

La simulazione dello scenario di progetto consente inoltre la stima delle matrici di nodo necessarie per la verifica di funzionalità nella situazione post operam.

### Opere in progetto

L'intervento oggetto di valutazione riguarda il tratto terminale della tangenziale di Sondrio, in modo particolare l'innesto sul preesistente tracciato della strada statale. Nel dettaglio sono previsti:

- la realizzazione di un nuovo viadotto per il superamento della linea ferroviaria Sondrio – Tirano, in sostituzione del passaggio a livello oggi esistente (km 2+521);
- una nuova configurazione dell'allacciamento con la viabilità locale in località Piano del comune di Montagna in Valtellina;
- la riqualificazione dell'intersezione tra SS38 e via Europa in comune di Sondrio.



Attualmente la tangenziale di Sondrio si innesta mediante intersezione a rotatoria sul tracciato storico della SS38, dopo aver attraversato a raso la linea ferroviaria Sondrio – Tirano. Immediatamente a sud del passaggio a livello si trova l'intersezione (regolata a semplice precedenza con corsie canalizzate) con la SP19 di Piateda.

Fig. 3.i – Intersezione SS38 / via Stelvio in località Piano

Fonte: Ortofoto 2018 AGEA, portale cartografico Regione Lombardia

Studio di traffico



**Fig. 3.ii – Passaggio a livello RFI km 2+521. In secondo piano l’innesto della SP19**  
*Fonte: Google street view*



**Fig. 3.iii – Rotatoria SS38 / via Stelvio. A sinistra l’innesto della tangenziale di Sondrio**  
*Fonte: Google street view*

### Studio di traffico

Proseguendo lungo la tangenziale di Sondrio in direzione sud-ovest verso Morbegno si trova l'intersezione con via Europa (km 40+050 circa), nella quale sono ammesse unicamente due manovre di svolta in destra:

- dalla corsia direzione Morbegno della tangenziale verso via Europa,
- da via Europa verso la medesima corsia della tangenziale.

Sono presenti rispettivamente le corsie di decelerazione e accelerazione.



**Fig. 3.iv – Intersezione tangenziale di Sondrio SS38 / via Europa**

*Fonte: Ortofoto 2018 AGEA, portale cartografico Regione Lombardia*



**Fig. 3.v – Intersezione tangenziale di Sondrio SS38 / via Europa**

*Fonte: Google street view*

## Studio di traffico

### SOLUZIONE DI PROGETTO

L'intervento ha origine alla progressiva km 39+970 della SS38, ove è prevista la realizzazione di una rotonda tra la strada statale e via Europa in sostituzione dell'esistente intersezione parzializzata.

Dopodiché la variante, mediante viadotto, consente di superare sia l'intersezione con la SP19 sia la linea ferroviaria Sondrio – Tirano. Dopo aver scavalcato con un ulteriore manufatto il torrente Davaglione, la variante si riconnette al tracciato esistente della SS38 al km 40+977 nel comune di Montagna in Valtellina.

Per quanto riguarda la connessione con la rete stradale esistente, oltre alla nuova rotonda per l'accesso a via Europa sono previste due rampe in ingresso/uscita dalla variante sono direttamente raccordate all'asse principale rispettivamente mediante un braccio di entrata regolato a precedenza (con obbligo di svolta in direzione Morbegno) e uno di uscita.

Le due rampe confluiscono in una rotonda situata sotto al viadotto di scavalco della linea ferroviaria e sulla quale si innestano:

- a sud: la SP19 di Piateda;
- a nord: il ramo verso via Stelvio sul quale permane l'attraversamento a raso della linea ferroviaria;
- a est: una strada poderale/progetto di RFI.

Inoltre in corrispondenza del manufatto di scavalco del torrente Davaglione una rampa di uscita in direzione Sondrio che dalla SS38 si innesta su via Stelvio e quindi fino alla rotonda esistente con la SP19 per Piateda. Tale rampa (cd uscita Trippi) si configura a senso unico fino ad incontrare via don Guanella e via Davaglione, da dove prosegue come strada a doppio senso di marcia con una corsia per direzione.

Studio di traffico

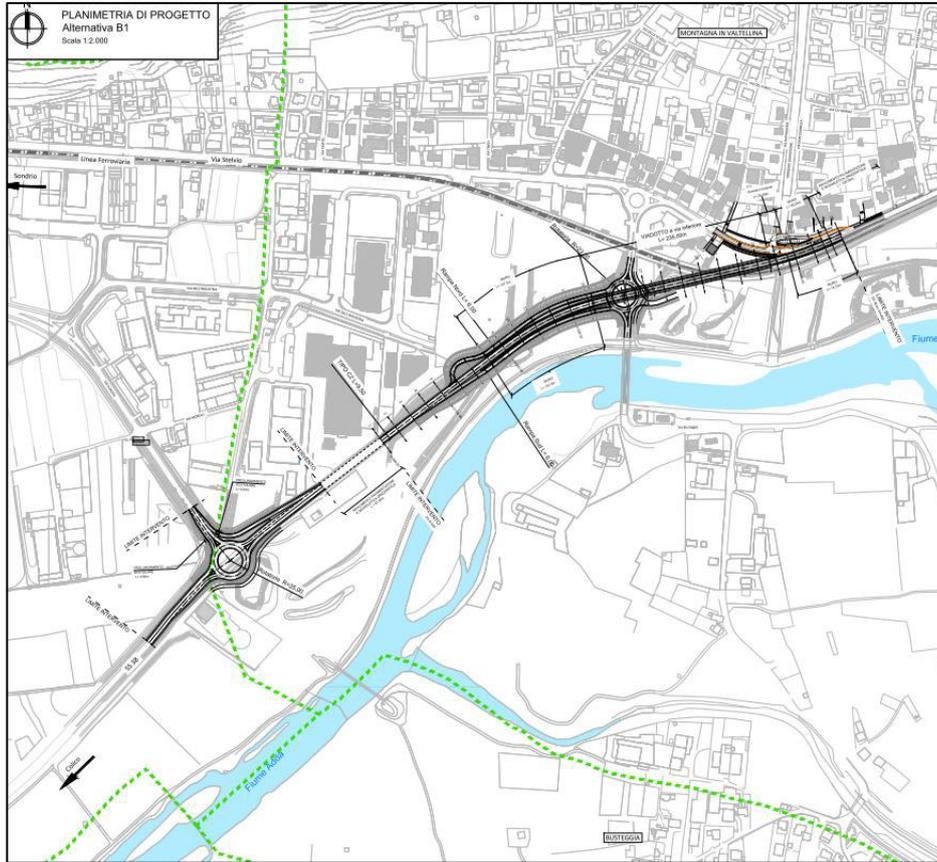


Fig. 3.vi – Stralcio planimetria di progetto opere stradali,

Risultati modellistici – Soluzione di Progetto

Di seguito si riporta il flussogramma relativo allo scenario di progetto.

L' intervento riconfigura il tratto della SS38 in comune di Montagna fino al confine con Sondrio.

Studio di traffico

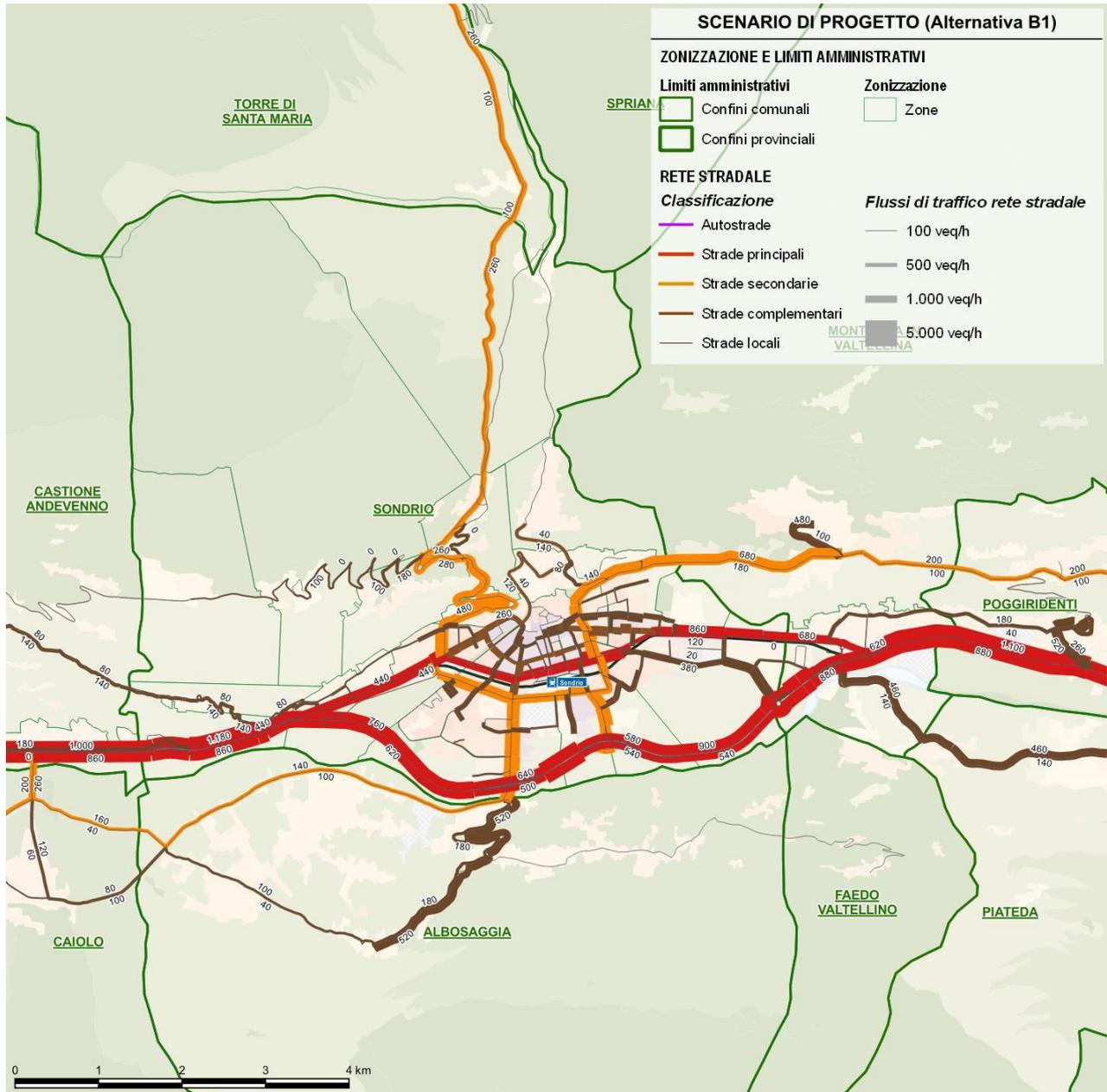


Fig. 3.vii – Flussogramma Scenario di progetto – ora di punta della mattina  
Elaborazione META



Studio di traffico

Nello scenario di progetto via Stelvio mantiene sostanzialmente invariata la sua vocazione di porta di accesso alla città di Sondrio per i veicoli provenienti da Tirano, senza registrare variazioni di flusso in direzione ovest rispetto allo scenario attuale.

Per quanto riguarda gli itinerari in uscita dalla città verso est, si segnala l'incremento di traffico che potrebbe verificarsi lungo l'itinerario Nani-Europa che con la realizzazione dell'intersezione a rotatoria sulla SS38, in sostituzione dell'attuale svincolo con le sole manovre in mano destra, si configura come percorso migliore in direzione Tirano. Per quanto riguarda via Germania, l'incremento di traffico risulta contenuto rispetto allo scenario attuale, con effetti limitati in relazione alla presenza del passaggio a livello.

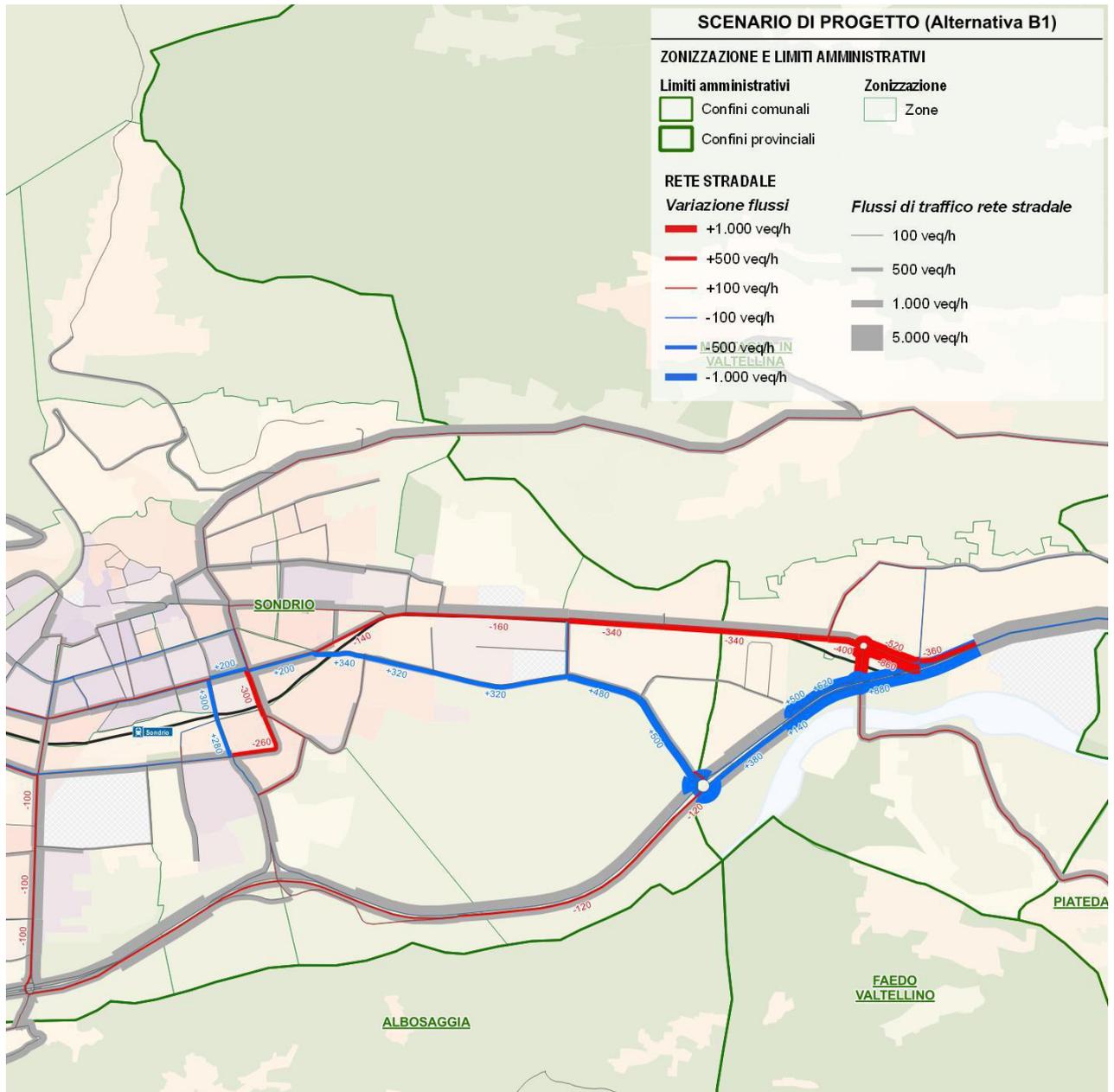


Fig. 3.ix – Flussogramma delle differenze rispetto allo Scenario attuale – ora di punta della mattina  
Elaborazione META

Studio di traffico

Per quanto riguarda l'indicatore del livello di congestione della rete (il rapporto Flusso/Capacità) e quindi delle condizioni di deflusso veicolare attese per lo scenario di progetto, si evidenzia in generale una sostanziale invarianza rispetto al precedente, con un miglioramento del livello di servizio sulla tangenziale e sulla rete locale, non sono rilevabili tratti di viabilità principale in condizioni di saturazione.

Nell'ambito di intervento si osserva un modesto aumento delle velocità medie dovuto essenzialmente all'incremento stimato sulla rete primaria (SS38).

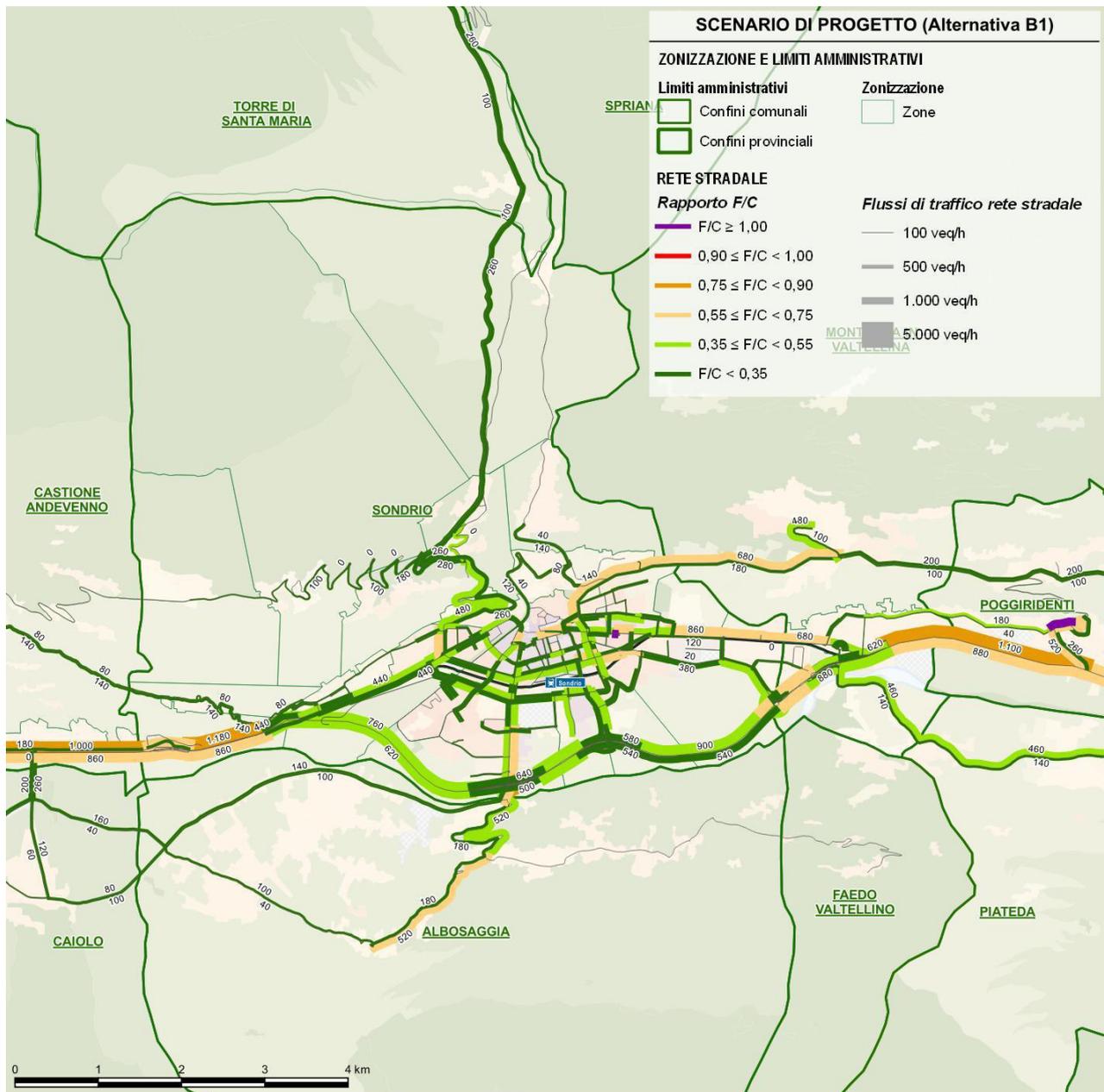


Fig. 3.x – Livelli di servizio sulla rete – Scenario di progetto – ora di punta della mattina  
Elaborazione META

Studio di traffico

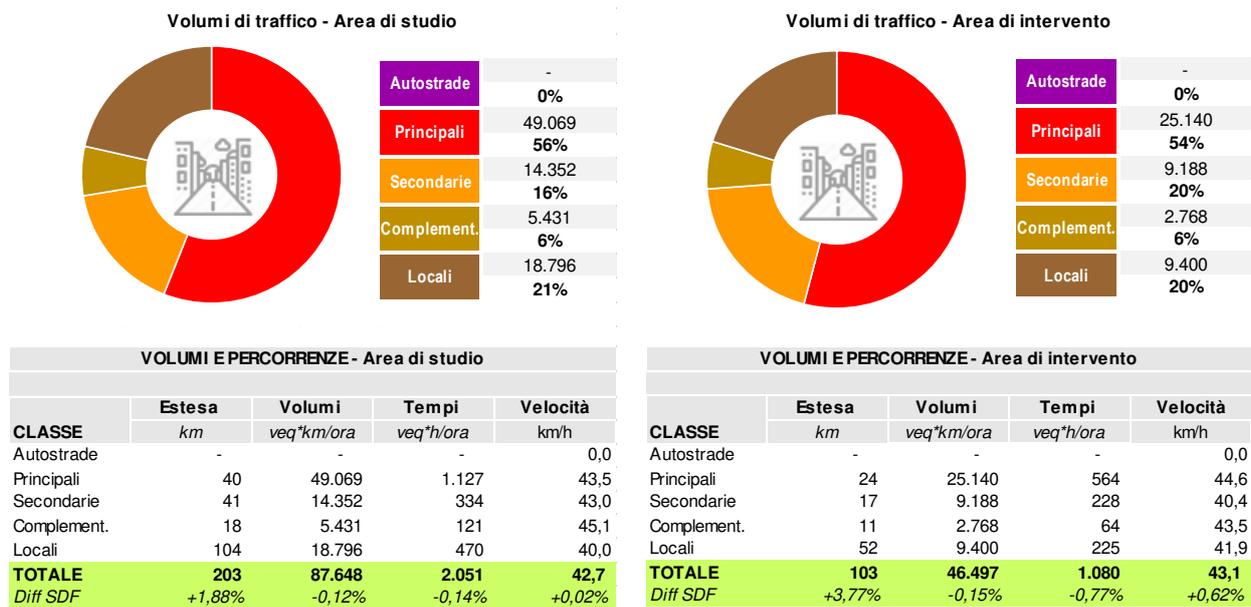


Fig. 3.xi – Volumi e percorrenze sulla rete – Scenario di progetto – ora di punta della mattina

Elaborazione META

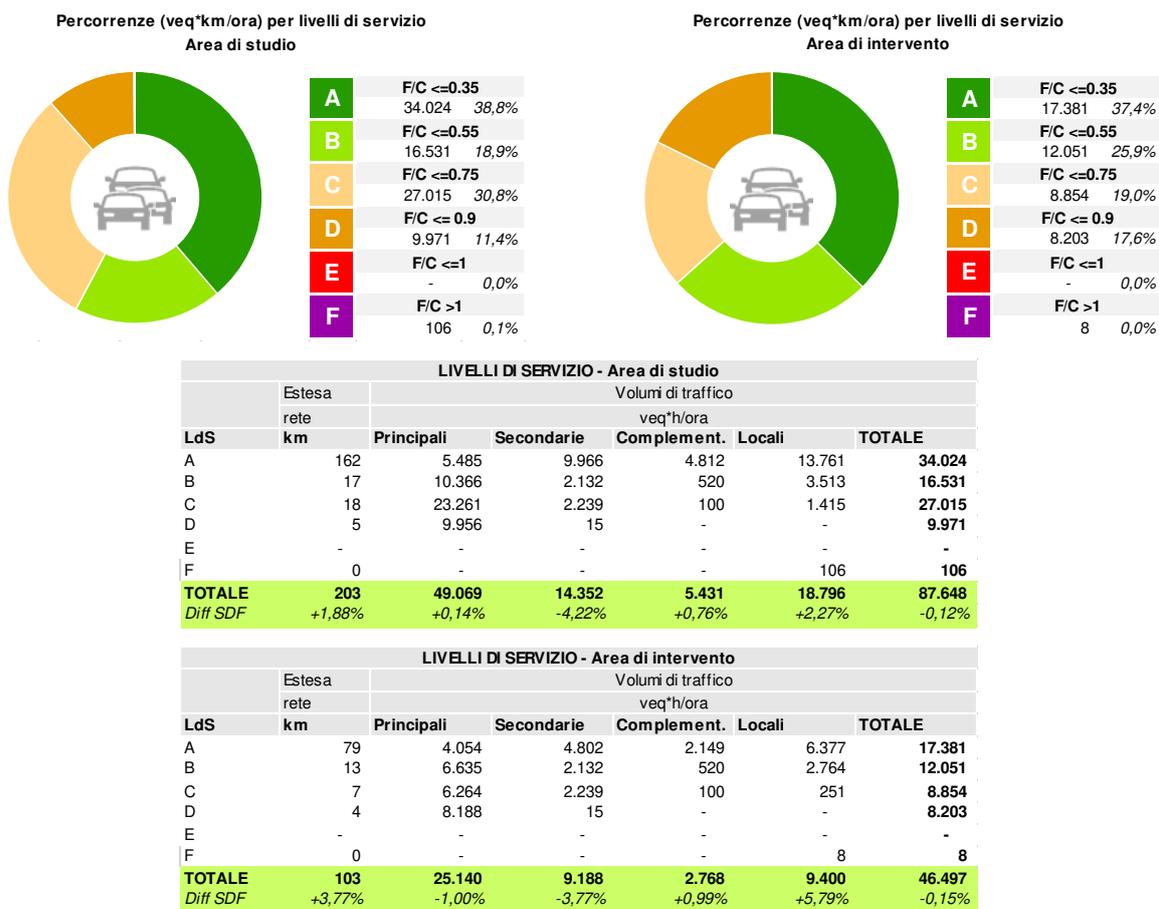


Fig. 3.xii – Ripartizione delle percorrenze (vkm) per livello di servizio – Scenario di progetto – ora di punta della mattina

Elaborazione META

## 4 VERIFICA DELLA FUNZIONALITÀ MEDIANTE METODI EMPIRICI

### Generalità

La stima dei flussi di traffico gravanti sul nodo oggetto di intervento, ottenuta grazie alle elaborazioni modellistiche illustrate nei capitoli precedenti, costituisce il dato di ingresso per la verifica della funzionalità delle intersezioni<sup>3</sup>.

In questo capitolo sono descritti metodologia e risultati per la stima della capacità e dei livelli di servizio dell'intersezione a rotatoria, sia nello scenario attuale sia in quelli di progetto, mediante procedure consolidate.

### Metodologia

La funzionalità del nodo è stata verificata facendo riferimento alla metodologia di stima della capacità delle rotatorie proposta dal **prof. Bovy** del Politecnico di Losanna<sup>4</sup> e a quella proposta dall'istituto francese **SETRA**<sup>5</sup>; la prima conduce ad una stima più prudentiale di capacità in termini di veicoli entranti, rendendola idonea a simulare rotatorie di piccole dimensioni (fino a 35 m) mentre la seconda si basa sull'osservazione di rotatorie con diametro esterno fino a 40 m.

Da tali valutazioni risulta possibile determinare, per ciascun ramo incidente su ogni singolo nodo, il livello di servizio offerto in ora di punta del mattino, riconducibile a sei classi decrescenti, contrassegnate con le lettere dalla A (flusso non interferito) alla F (condizioni critiche di congestione totale).

La verifica dei corrispondenti **livelli di servizio** (*level of service – LOS*) è stata effettuata secondo la metodologia indicata dall'*Highway Capacity Manual* (HCM) che come noto, per le intersezioni, si basa essenzialmente sul ritardo medio veicolare imposto ai singoli veicoli in transito<sup>6</sup>. Tale ritardo viene calcolato confrontando, per ciascun ramo entrante nell'intersezione, le due situazioni

---

<sup>3</sup> La matrice dei flussi nel nodo è infatti derivata dalle elaborazioni modellistiche, non essendo possibile ricostruire i carichi veicolari mediante rilievi diretti rappresentativi del giorno medio feriale, come argomentato nel capitolo dedicato alla validazione del modello.

<sup>4</sup> Vedi: Bovy Ph.H., Dietrich K., Harmann A. [1991] *Guide Suisse des Giratoires*; EPFL, Lausanne.

<sup>5</sup> Vedi: service d'Etude techniques des Routes et Autoroutes – SETRA; *Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales – carrefours plans*; Guide Technique, Bagnaux, décembre 1998.

<sup>6</sup> Questa soluzione, consigliata dagli stessi estensori dell'*Highway Capacity Manual*, comporta comunque un certo disallineamento tra i livelli di servizio comunemente associati al libero deflusso stradale, e quelli imputati alle singole intersezioni. Infatti, le leggi dei ritardi imposti ai veicoli in transito tendono a seguire un andamento esponenziale più accentuato di quelli del normale deflusso autostradale, con il risultato di una maggiore permanenza del flusso nelle condizioni stabili (livelli di servizio B-C-D), e di una più repentina transizione, all'avvicinarsi od al superarsi delle condizioni di saturazione, verso le condizioni instabili (livello di servizio E) o forzate (livello di servizio F).

Studio di traffico

corrispondenti ai perditempo a rete scarica ed a quelli a rete carica. La lunghezza degli accodamenti viene invece calcolata utilizzando usuali algoritmi tratti dalla teoria delle code.

DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI SERVIZIO PER INTERSEZIONI NON SEMAFORIZZATE		
PERDITEMPO [sec]	DESCRIZIONE	LOS
< 10	<i>Il ramo è interessato dall'ingresso di un limitato numero di veicoli, che riescono ad attraversarla senza interferenze con altre correnti di traffico. Il ritardo imposto è limitato e la riserva di capacità è superiore ai 400 veicoli eq./ora per corsia.</i>	<b>A</b>
10 – 15	<i>Il ramo è interessato da un flusso ancora ridotto, che tuttavia viene occasionalmente interferito dagli altri veicoli che stanno impegnando l'intersezione, con conseguente incremento del perditempo medio imposto; la riserva di capacità è compresa fra 300 e 400 veicoli eq./ora per corsia.</i>	<b>B</b>
15 – 25	<i>Il ramo è interessato da un flusso di una certa entità, che subisce di norma ritardi superiori ai 10 secondi; il numero di veicoli costretti a dare la precedenza è significativo sebbene molti di essi possano ancora impegnare l'intersezione senza conflitti.</i>	<b>C</b>
25 – 35	<i>Il ramo è interessato da un flusso significativo, che tende ad avvertire in modo sistematico gli effetti della congestione. Le riserve di capacità sono ridotte.</i>	<b>D</b>
35 – 50	<i>Il ramo è interessato da un flusso veicolare vicino alla sua capacità; praticamente tutti i veicoli in transito subiscono ritardi significativi.</i>	<b>E</b>
>50	<i>Il flusso veicolare entrante supera la capacità offerta dal nodo e si verificano notevoli ritardi ed accodamenti in grado di produrre condizioni di congestione critiche.</i>	<b>F</b>

Fig. 4.i – Livelli di servizio per intersezioni non semaforizzate

Fonte: Highway Capacity Manual

## Studio di traffico

### Verifica della funzionalità nello scenario stato di fatto

Allo stato attuale, l'intersezione è costituita da una rotatoria avente diametro esterno pari a 34 m, con isola centrale di diametro pari a 19 m circa, comprendenti 1,5÷2 m di corona semisormontabile.

Nel nodo confluiscono tre rami principali a doppio senso di circolazione; procedendo da est in senso antiorario si incontrano:

- via Stelvio (corrispondente al percorso declassato della SS38);
- il ramo da cui origina la tangenziale di Sondrio / SS38, lungo il quale – a circa 40 m dalla rotatoria – si trova il passaggio a livello km 2+521 della linea ferroviaria Sondrio – Tirano;
- il ramo est della SS38.

Nella rotatoria confluisce un ulteriore ramo, di minore importanza e privo di isola triangolare di separazione (via Piano).

I rami in ingresso presentano caratteristiche geometriche omogenee, con corsie da 3,5÷4 m; in uscita le corsie presentano una sezione di 4÷4,5 m.

Il risultato della verifica condotta è sintetizzato nella tabella seguente e, più in dettaglio, nella scheda riportata alla pagina successiva.

Complessivamente, il nodo non presenta gravi fenomeni di congestione nell'ora di punta della mattina, disponendo di una buona riserva di capacità.

Il ramo che presenta il maggior grado di saturazione è l'ingresso da est della SS38 (F/C 0,78): il livello di servizio è comunque buono, con ritardi medi stimati inferiori a 10s.

L'ingresso sud, corrispondente alla corrente veicolare in transito sulla tangenziale di Sondrio o proveniente dalla SP19 di Piateda presenta un grado di saturazione pari a 0,52: occorre tener presente che in questo caso il modello empirico non considera la formazione di plotoni di veicoli causati dalle fasi di chiusura e apertura del vicino passaggio a livello e, pertanto, il ritardo medio così calcolato deve essere considerato rappresentativo di una condizione a PL aperto. Ulteriori affinamenti sugli indicatori di funzionalità saranno possibili grazie alle verifiche mediante microsimulazione.

COMUNE DI SONDRIO (SO)								
VERIFICA DI CAPACITA' DEL NODO - VIA STELVIO/SS38								
	Flusso omog. progetto	Capacità ingresso	rapporto F/C ingresso	rapporto F/C anello	Ritardo medio sec	Rit.tot. / coda med vh/h	Coda media max. veic.	L d S
Braccio	v.eq./h	v.eq./h						
2 Stelvio	469	992	0,47	0,65	6,0	0,8	3,6	A
3 SS38 sud	543	1.046	0,52	0,66	6,0	0,9	4,0	A
4 SS38 est	1.005	1.282	0,78	0,82	9,0	2,5	8,9	A
<b>TOTALE</b>	<b>2.017</b>	<b>3.320</b>	<b>0,61</b>	<b>0,69</b>	<b>7,5</b>	<b>4,2</b>		

Tab. 4.ii – Verifica di capacità, sintesi dei risultati (stato di fatto)

Elaborazione META

Studio di traffico

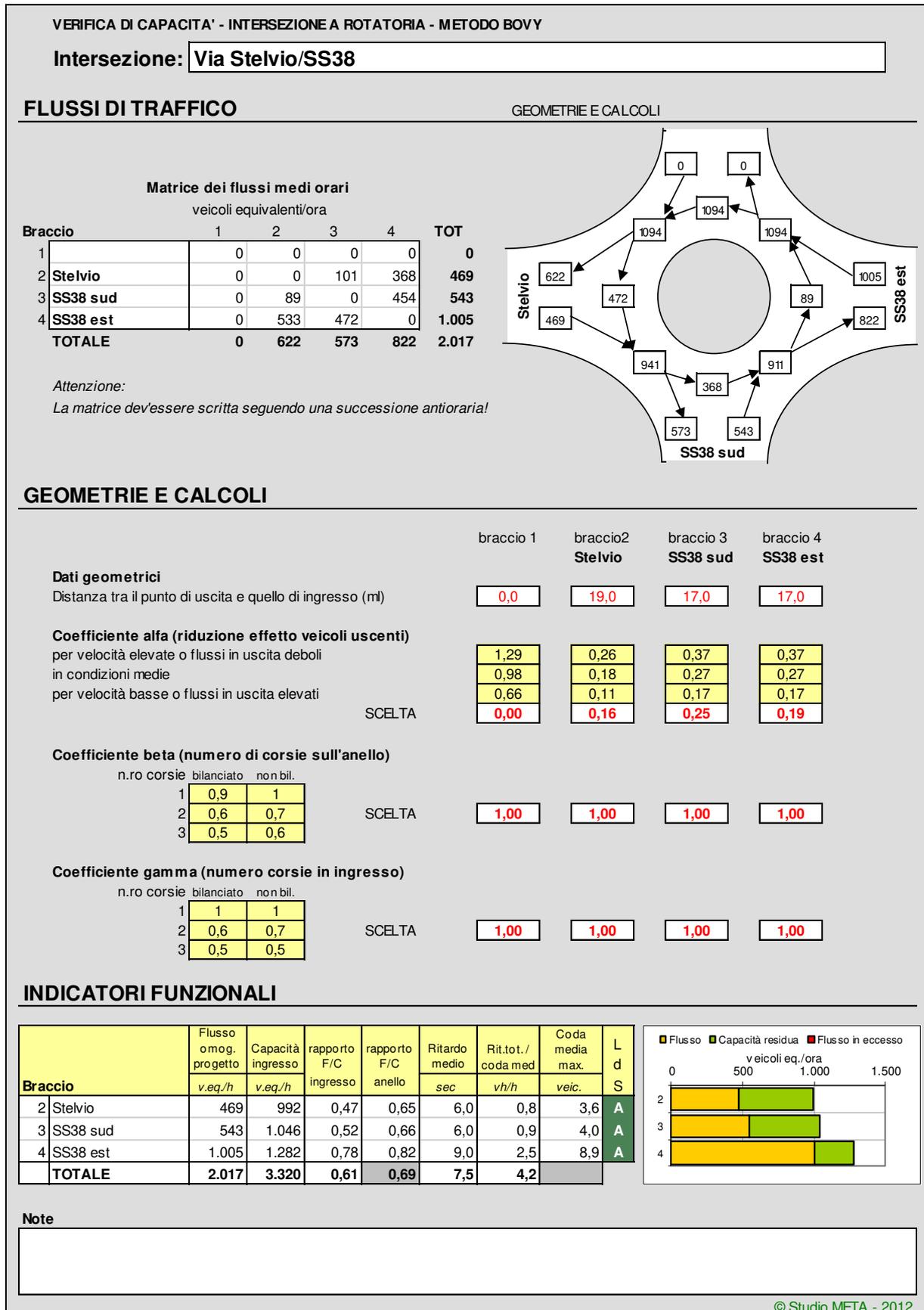


Fig. 4.iii – Verifica di capacità (stato di fatto)  
Elaborazione META

Studio di traffico

Nei grafici seguenti è rappresentato l’andamento orario della velocità di deflusso corrispondente all’85esimo percentile<sup>7</sup> in corrispondenza dei rami di accesso alla rotatoria, ottenuti dall’analisi dei dati di tracciamento GPS (*Floating Car Data*) rappresentativi di un campione di veicoli circolanti sulla rete.

Il ramo est della rotatoria oggetto di verifica, caratterizzato dal più alto valore del rapporto flusso/capacità, presenta un minimo in corrispondenza dell’ora di punta della mattina pari a 12 km/h e valore medio nel corso della giornata intorno ai 20 km/h. Occorre segnalare, però, che il dato disponibile – in questo caso – risente del rallentamento dei veicoli in corrispondenza della linea di precedenza.

Il ramo ovest (via Stelvio, in uscita da Sondrio) non evidenzia problemi di accodamento nell’ora di punta della mattina, con velocità medie uguali o superiori a 20 km/h e un minimo di 15 km/h nella fascia di punta serale, caratterizzata da un aumento dei flussi provenienti dal capoluogo.

Il ramo sud è invece influenzato dalla presenza del passaggio a livello, con valori medi orari pressoché costanti attorno ai 10÷12 km/h.

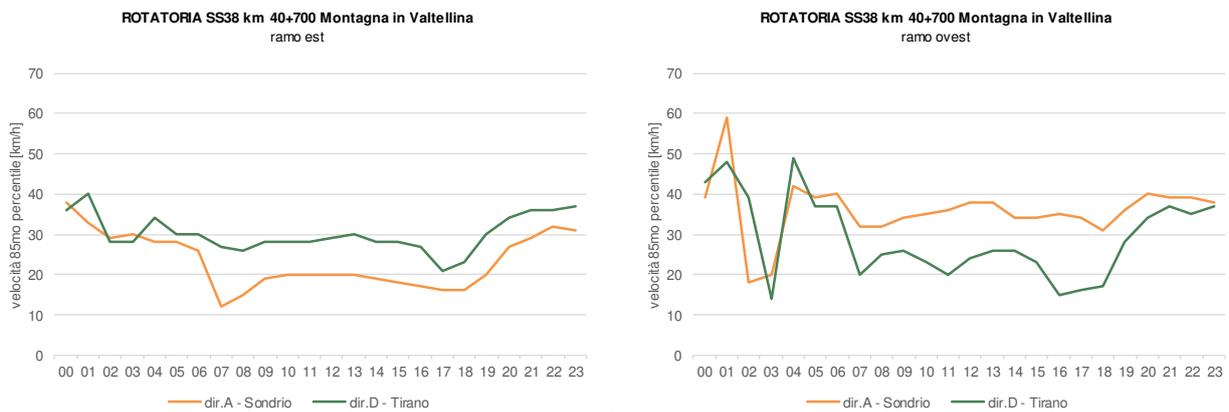


Fig. 4.iv – Andamento velocità rilevate, ramo est rotatoria (a sinistra) e ovest (a destra)  
Elaborazione META

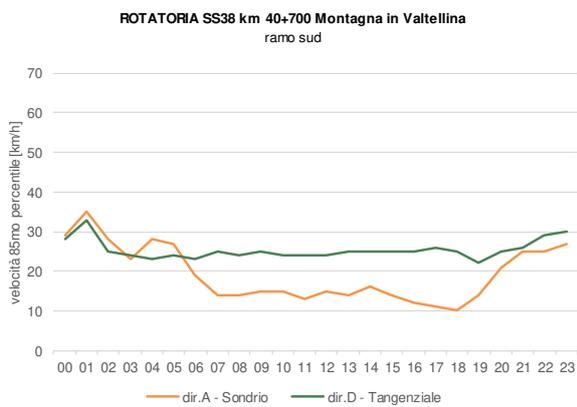


Fig. 4.v – Andamento velocità rilevate, ramo est rotatoria (a sinistra) e ovest (a destra)  
Elaborazione META

<sup>7</sup> Si definisce velocità dell’i-esimo percentile quella velocità che non viene superata dalla corrispondente percentuale di veicoli in transito sulla rete stradale. È utilizzata normalmente in luogo della velocità media, poiché meno sensibile ai valori “estremi” rilevabili dall’osservazione della distribuzione della velocità presso una sezione stradale.

Studio di traffico

Verifica della funzionalità nello scenario di progetto

La verifica di funzionalità del nodo viene ripetuta nello scenario di progetto, utilizzando la medesima metodologia, al fine di rendere confrontabili i risultati.

La configurazione di progetto vede la realizzazione di una rotatoria in cui confluiscono le rampe di accesso/uscita dalla SS38 e la SP19, svincolando mediante un cavalcavia l'asse principale della strada statale.

La rotatoria presenta un diametro esterno di 46 m con anello giratorio da 7,50 m (incluse le banchine pavimentate). Le rampe presentano una corsia da 4,0 m di larghezza mentre i rami della SP19 e del tronco verso via Stelvio hanno larghezza pari a 3,5 m.

Le verifiche condotte con i metodi Bovy e SETRA conducono ad una stima di perditempo molto piccoli, corrispondenti ad un livello di servizio ottimale (A) con ampia riserva di capacità su tutti i rami.

COMUNE DI SONDRIO (SO)								
VERIFICA DI CAPACITA' DEL NODO - SS38/SP19								
Braccio	Flusso omog. progetto v.eq./h	Capacità ingresso v.eq./h	rapporto F/C ingresso	rapporto F/C anello	Ritardo medio sec	Rit.tot./ coda med vh/h	Coda media max. veic.	L d S
1 nord	19	1.134	0,02	0,26	2,5	0,0	0,7	A
2 SS38 ovest	141	1.470	0,10	0,11	1,6	0,1	1,0	A
3 SP19	464	1.457	0,32	0,34	2,1	0,3	1,9	A
<b>TOTALE</b>	<b>624</b>	<b>4.062</b>	<b>0,15</b>	<b>0,25</b>	<b>2,0</b>	<b>0,3</b>		

COMUNE DI SONDRIO (SO)								
VERIFICA DI CAPACITA' DEL NODO - SS38/SP19								
Braccio	Flusso omog. progetto v.eq./h	Capacità ingresso v.eq./h	rapporto F/C ingresso	Capacità massima v.eq./h	Ritardo medio sec	Rit.tot./ coda med vh/h	Coda media max. veic.	L d S
1 nord	19	1.042	0,02	579	2,7	0,0	0,7	A
2 SS38 ovest	141	1.385	0,10	1.368	1,6	0,1	1,1	A
3 SP19	464	1.284	0,36	1.210	2,5	0,3	2,1	A
<b>TOTALE</b>	<b>624</b>	<b>4.705</b>	<b>0,13</b>	<b>3.610</b>	<b>2,3</b>	<b>0,4</b>		

Tab. 4.vi – Verifica di capacità, sintesi dei risultati (rotatoria SS38/SP19), metodi Bovy (sopra) e SETRA (sotto)  
Elaborazione META

Studio di traffico

La seconda rotatoria è prevista all'intersezione con **via Europa**; presenta diametro esterno pari a 50 m con rami di entrata e uscita a doppia corsia di larghezza pari a 3,75 m (3,5m su via Europa) e una corona giratoria da 8 m di larghezza più banchine.

La presenza di due corsie in ingresso alla rotatoria su via Europa contribuisce inoltre a migliorare la funzionalità del nodo nell'ora di punta serale, in presenza di importati volumi di traffico in svolta a sinistra.

Le verifiche effettuate in questa configurazione del nodo mostra, secondo entrambe le metodologie Bovy e SETRA, buoni livelli di servizio per tutti i rami di approccio con perditempo molto limitati e ampie riserve di capacità.

COMUNE DI SONDRIO (SO)								
VERIFICA DI CAPACITA' DEL NODO - SS38 / VIA EUROPA								
Braccio	Flusso omog. progetto	Capacità ingresso	rapporto F/C ingresso	rapporto F/C anello	Ritardo medio	Rit.tot. / coda med	Coda media max.	L d S
	v.eq./h	v.eq./h			sec	vh/h	veic.	
1 Europa	521	1.219	0,43	0,67	4,9	0,7	3,4	A
2 SS38 ovest	539	1.325	0,41	0,63	4,2	0,6	3,1	A
4 SS38 est	1.111	1.773	0,63	0,69	3,9	1,2	5,0	A
<b>TOTALE</b>	<b>2.171</b>	<b>4.318</b>	<b>0,50</b>	<b>0,65</b>	<b>4,2</b>	<b>2,5</b>		

COMUNE DI SONDRIO (SO)								
VERIFICA DI CAPACITA' DEL NODO - SS38 / VIA EUROPA								
Braccio	Flusso omog. progetto	Capacità ingresso	rapporto F/C ingresso	Capacità massima	Ritardo medio	Rit.tot. / coda med	Coda media max.	L d S
	v.eq./h	v.eq./h		v.eq./h	sec	vh/h	veic.	
1 Europa	521	861	0,61	642	11,1	1,6	6,2	B
2 SS38 ovest	539	991	0,54	788	6,7	1,0	4,3	A
4 SS38 est	1.111	1.485	0,75	1.397	5,4	1,7	6,4	A
<b>TOTALE</b>	<b>2.171</b>	<b>3.337</b>	<b>0,65</b>	<b>2.828</b>	<b>7,1</b>	<b>4,3</b>		

Tab. 4.vii – Verifica di capacità, sintesi dei risultati (rotatoria SS38/Europa), metodi Bovy (sopra) e SETRA (sotto)  
Elaborazione META

Elaborazione META

Studio di traffico

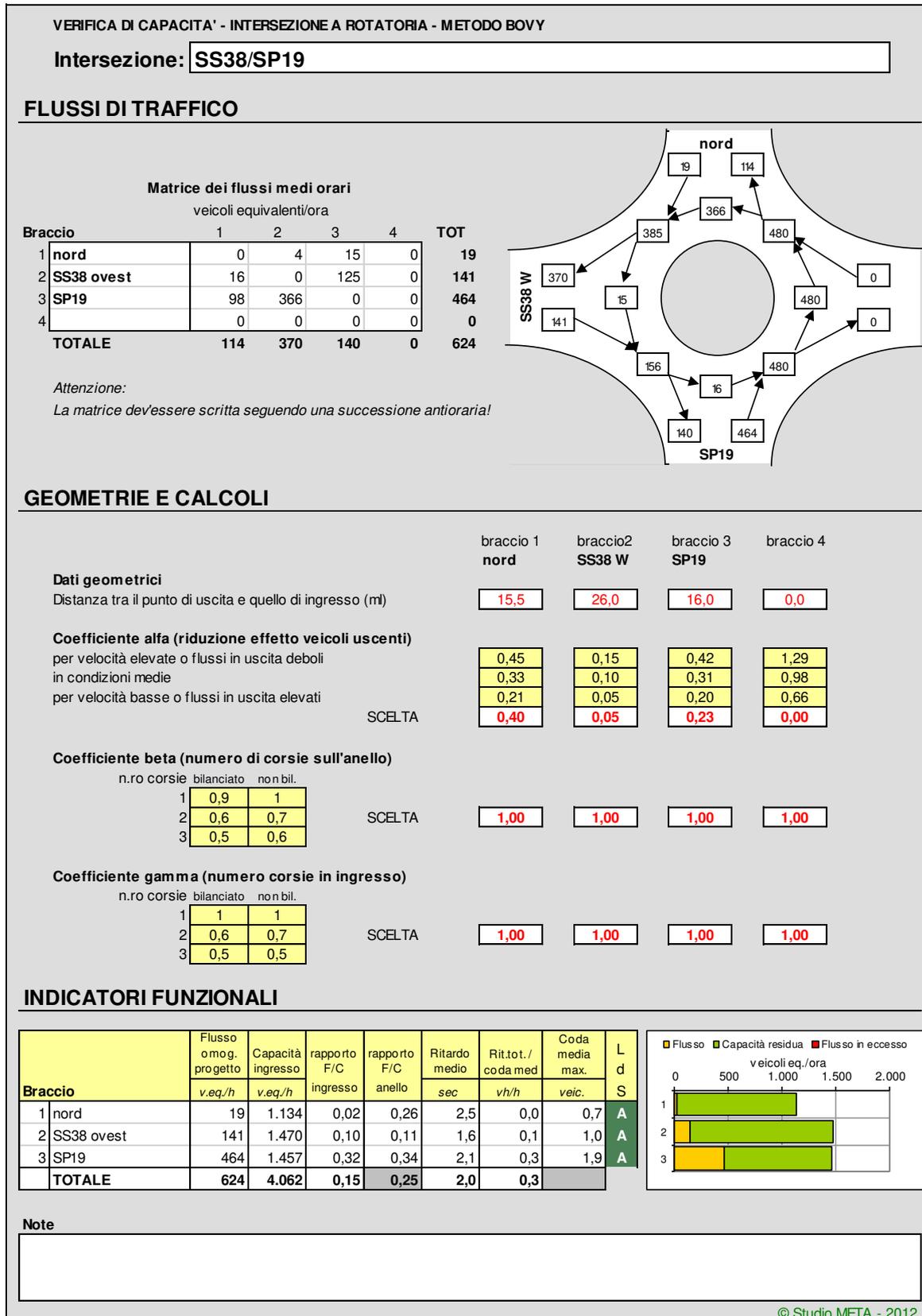


Fig. 4.viii – Verifica di capacità metodo Bovy (rotatoria SS38/SP19)

Elaborazione META

Studio di traffico

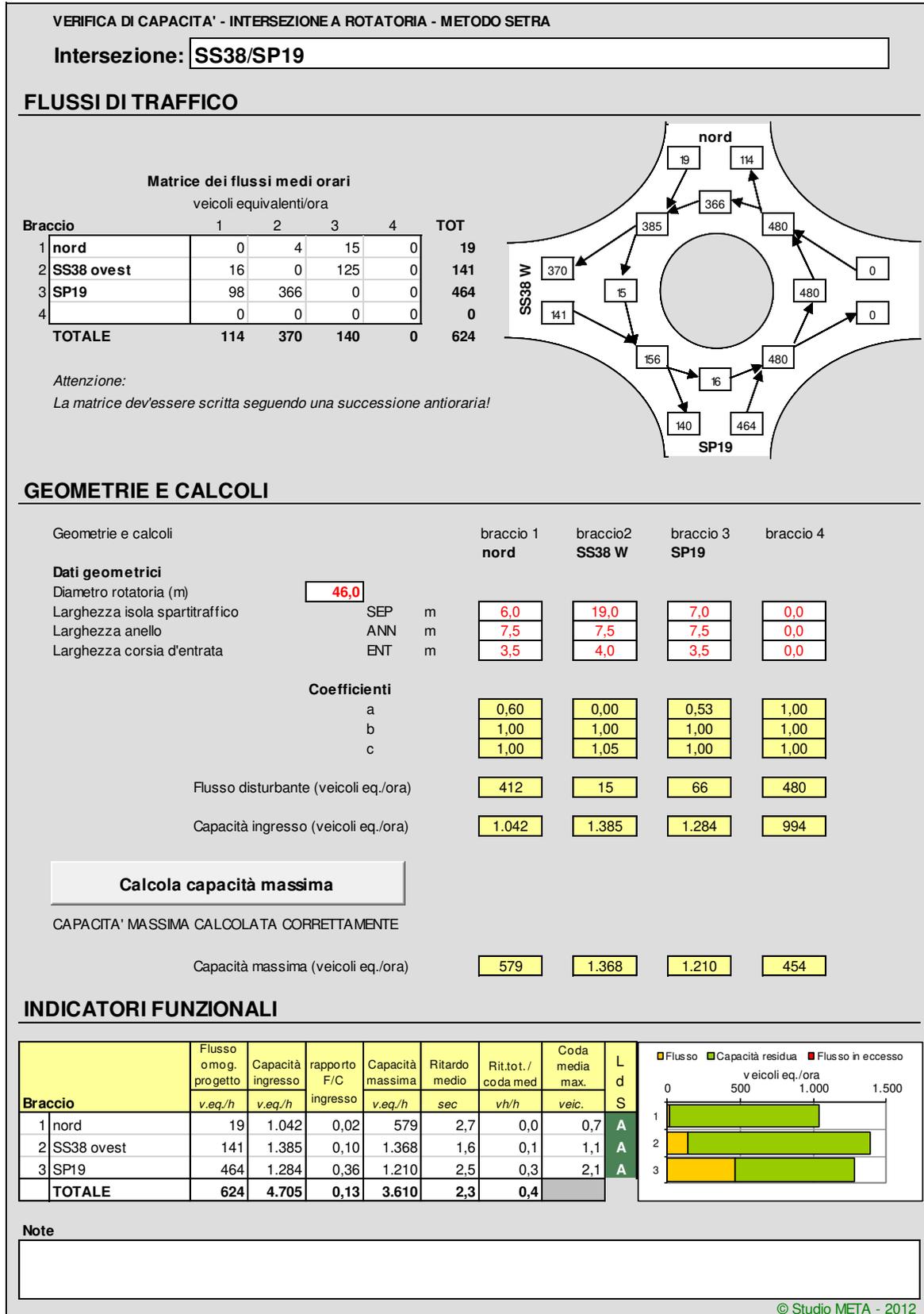


Fig. 4.ix – Verifica di capacità metodo SETRA (rotatoria SS38/SP19)

Elaborazione META

Studio di traffico

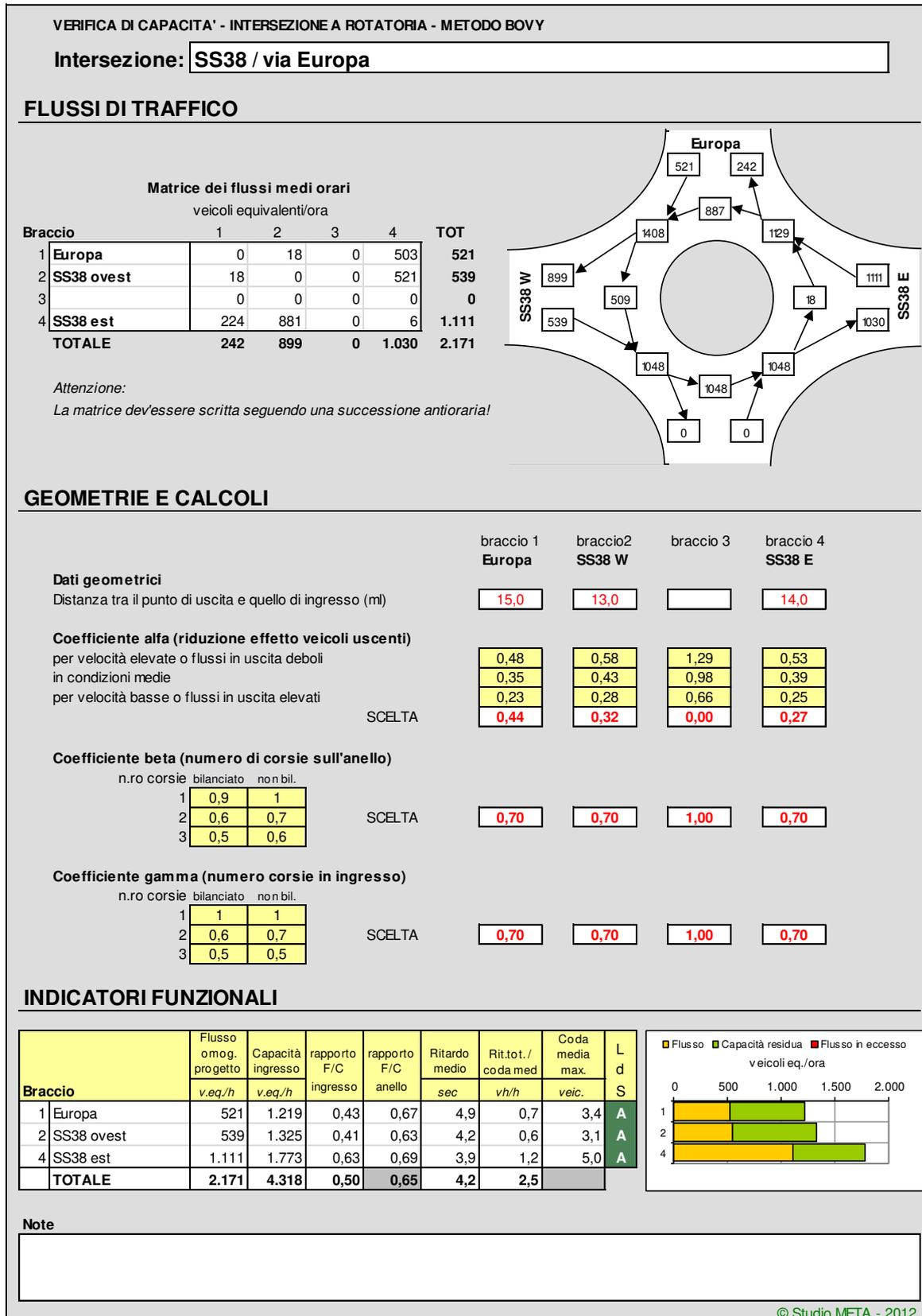


Fig. 4.x – Verifica di capacità metodo Bovy (soluzione B1 (con rampa di immissione su via Stelvio da Tirano), rotatoria SS38/via Europa)

Elaborazione META

Studio di traffico

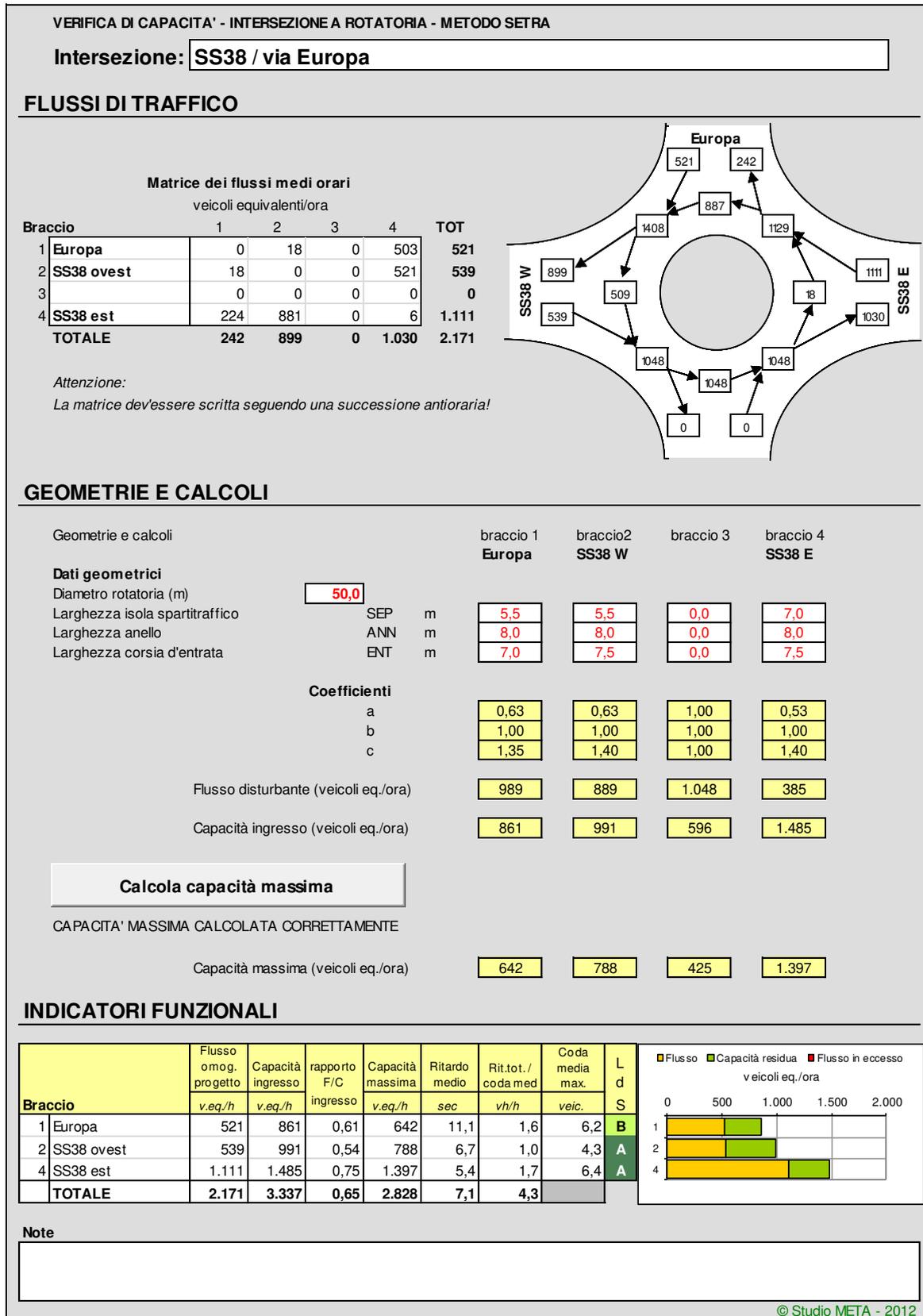


Fig. 4.xi – Verifica di capacità metodo SETRA (rotatoria SS38/via Europa)

Elaborazione META

Studio di traffico

Verifica degli accodamenti dovuti ai tempi di chiusura del passaggio a livello

Nella soluzione di progetto viene previsto il mantenimento in esercizio del passaggio a livello situato al km 2+521 della linea ferroviaria Sondrio – Tirano, attualmente utilizzato dai veicoli in transito sulla tangenziale di Sondrio provenienti o diretti verso est lungo la SS38.

Nella situazione attuale, con riferimento all’ora di punta del mattino, il passaggio a livello è interessato dal transito di un significativo volume di traffico, stimabile in circa 580 v.eq/h in direzione Morbegno e 550 v.eq/h in direzione Tirano<sup>8</sup>.

Nella configurazione di progetto il flusso in corrispondenza del passaggio a livello viene sensibilmente ridotto, poiché i flussi in transito sulla tangenziale trovano prosecuzione verso la SS38 sul nuovo viadotto. Di conseguenza, come evidenziato nelle pagine precedenti, si può stimare un flusso di circa 50 v.eq/h in direzione sud (Morbegno/Piateda) e 120 in direzione nord (Sondrio/Montagna), con minime differenze tra i due scenari analizzati.

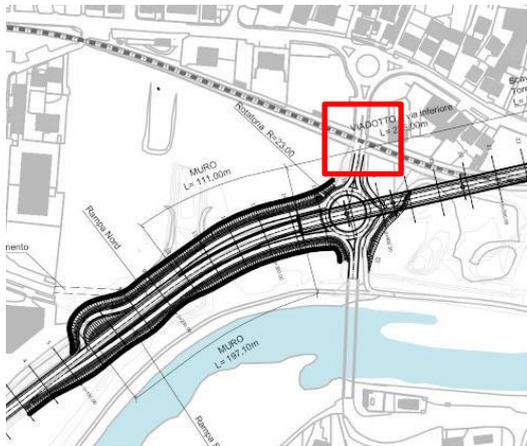


Fig. 4.xii – Individuazione del PL ferroviario, soluzione progettuale B1 (senza rampa di immissione su via Stelvio da Tirano)  
Elaborazione META

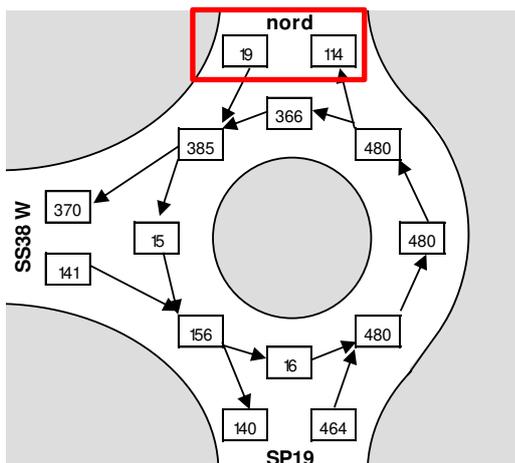


Fig. 4.xiii – Flussi stimati nell’ora di punta del mattino nel nodo SS38/SP19, soluzione progettuale B1 (senza rampa di immissione su via Stelvio da Tirano)  
Elaborazione META

<sup>8</sup> Si veda in proposito il capitolo dedicato alla verifica di funzionalità della rotatoria tra SS38 e via Stelvio.

## Studio di traffico

Per la stima del perditempo e degli accodamenti dovuti alla chiusura del passaggio a livello è possibile procedere seguendo la metodologia normalmente adottata nel caso della verifica delle intersezioni semaforizzate<sup>9</sup>. È dunque necessario determinare:

- il **tempo di chiusura** del PL, che dipende dalla tecnologia adottata per l’azionamento e dalle caratteristiche proprie dell’infrastruttura ferroviaria;
- la **frequenza di chiusura** del PL, definita dall’orario di servizio.

Sulla base delle informazioni pubblicate dal gestore dell’infrastruttura ferroviaria, si può ipotizzare un tempo medio di chiusura del passaggio a livello pari a 60 s, comprendente: il tempo di manovra in chiusura<sup>10</sup>, il tempo di transito del convoglio e il tempo di manovra in apertura.

La frequenza di chiusura del PL è invece determinata dall’orario di servizio della linea ferroviaria Sondrio – Tirano, che nell’ora di punta adottata per le simulazioni di traffico (7.30-8.30) del giorno feriale medio prevede il transito di due treni da Tirano verso di Sondrio/Milano e uno in direzione opposta, con intervalli compresi tra 17 e 23 minuti. Pertanto, nelle successive verifiche si adotta un intervallo medio di 20 minuti.

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli indicatori di funzionalità negli scenari stato di fatto e di progetto.

PASSAGGIO A LIVELLO km 2+521						
stima degli accodamenti - direzione Sondrio/via Stelvio						
	flusso	rapporto	rit. medio	rit. tot.	lunghezza coda	
	v.eq/h	F/C	s	vh/h	n.veic.	m
SDF	543	0,31	2,40	0,36	14	84
PRG_B1 (no Trippi)	114	0,06	1,82	0,06	3	18
PRG_B1 (si Trippi)	58	0,03	1,76	0,03	2	12
PRG_B1_2	103	0,06	1,81	0,05	2	12
PRG_C1	11	0,01	1,72	0,01	1	6
PRG_C1_2	124	0,07	1,83	0,06	3	18

PASSAGGIO A LIVELLO km 2+521						
stima degli accodamenti - direzione SP19/svincolo						
	flusso	rapporto	rit. medio	rit. tot.	lunghezza coda	
	v.eq/h	F/C	s	vh/h	n.veic.	m
SDF	573	0,32	2,46	0,39	15	90
PRG_B1 (no Trippi)	19	0,01	1,72	0,01	1	6
PRG_B1 (si Trippi)	21	0,01	1,73	0,01	1	6
PRG_B1_2	48	0,03	1,75	0,02	1	6
PRG_C1	101	0,06	1,80	0,05	2	12
PRG_C1_2	111	0,06	1,81	0,06	3	18

**Tab. 4.xiv – Stima della lunghezza della coda al passaggio a livello (SP19-via Stelvio)**

Elaborazione META

<sup>9</sup> Il calcolo della funzionalità è stato effettuato con la metodologia semplificata esposta in *Operation, Analysis, and Design of Signalized Intersection* (M.Kyte, M.Tribelhorn; 2014), che ipotizza arrivi uniformi. Risultati simili, meno cautelativi, si ottengono mediante la tradizionale trattazione di Webster (1961).

<sup>10</sup> Il passaggio a livello è azionato in chiusura da dispositivo posizionato a distanza di circa 800 m dal PL.

### Studio di traffico

La lunghezza media della coda è compresa tra i 90 m dello scenario stato di fatto, caratterizzato da elevati flussi in transito, e i 20 m degli scenari di progetto nei quali, come detto poc’anzi, il tronco di strada dove è situato il PL è interessato da un minor flusso di traffico.

Come descritto nel capitolo relativo all’analisi dei risultati modellistici, infatti, la configurazione del nuovo svincolo in progetto sulla tangenziale di Sondrio conduce ad un sensibile sgravio dell’asse di via Stelvio dai flussi in entrata a Sondrio e, di conseguenza, non si prevede una risalita di coda dal passaggio a livello tale da raggiungere la rampa di uscita dalla tangenziale.

La lunghezza di coda stimata per gli scenari di progetto suggerisce inoltre la corretta funzionalità della rotatoria di svincolo anche in caso di chiusura del PL.

In tutti i casi analizzati non si evidenziano situazioni di superamento della capacità offerta, ovvero la coda creatasi nel momento di abbassamento delle sbarre viene smaltita interamente prima della successiva manovra di chiusura del passaggio a livello.

Analogamente, è possibile effettuare la verifica degli accodamenti<sup>11</sup> al **passaggio a livello di via Germania** nei differenti scenari di progetto analizzati. In questo caso il tempo di chiusura è stimato in 95 s, oltre al tempo di manovra pari a 35 s in chiusura e 15 s in apertura. La verifica è eseguita con riferimento alla direzione S-N (in accesso a Sondrio) poiché maggiormente critica in caso di risalita di coda fino all’intersezione con via Europa.

PASSAGGIO A LIVELLO km 1+525						
stima degli accodamenti - direzione Sondrio/via Stelvio						
	flusso	rapporto	rit. medio	rit. tot.	lunghezza coda	
	v.eq/h	F/C	s	vh/h	n.veic.	m
SDF	165	0,10	6,76	0,31	8	48
PRG_B1 (no Trippi)	512	0,30	8,48	1,21	30	180
PRG_B1 (si Trippi)	125	0,07	6,61	0,23	6	36
PRG_B1_2	32	0,02	6,27	0,06	2	12
PRG_C1	134	0,08	6,64	0,25	6	36
PRG_C1_2	33	0,02	6,28	0,06	2	12

Tab. 4.xv – Stima della lunghezza della coda al passaggio a livello (via Germania)

Elaborazione META

Nello scebnario di progetto il flusso su via Germania è inferiore a quello attuale e gli accodamenti sono limitati.

<sup>11</sup> Si ipotizza che nella fase di PL aperto l’intersezione con via Stelvio sia in grado di smaltire la coda accumulatasi.

## 5 RIEPILOGO DEI RISULTATI

Il presente studio di traffico è stato redatto per valutare la funzionalità del progetto di variante della SS38 nei comuni di Sondrio e Montagna in Valtellina che prevede:

- un nuovo attraversamento mediante viadotto della linea ferroviaria Sondrio – Tirano,
- modifica delle connessioni con la rete locale.

La metodologia adottata attua la *valutazione dei livelli di servizio e della capacità delle infrastrutture e della rete, sia allo stato attuale, sia nello scenario di progetto, con ipotesi estese alla viabilità contermine in maniera coerente con le soluzioni progettuali individuate, mediante l'utilizzo di modelli di macro e micro simulazione.*

In particolare, il **modello di simulazione esteso all'intera Valtellina Sondriese** e zonizzazione fine di livello subcomunale nell'area di intervento ha consentito di valutare gli effetti di redistribuzione del traffico sulla rete indotti dalle opere in progetto.

La soluzione di progetto è stata esaminata confrontandola con lo scenario calibrato nello stato di fatto con riferimento all'**ora di punta del mattino del giorno medio feriale.**

Le **soluzione progettuale** mostra ottimi risultati nelle verifiche funzionali, in particolare condotte sul nodo SS38/via Europa, evidenziando livelli di servizio elevati per tutti i rami di approccio, perditempo limitati e buoni valori di riserva di capacità residua nell'intersezione.