

Provincia di Cuneo
S.S. 28 del Colle di Nava
Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir – 564 e al casello A6 "Torino–Savona" – III Lotto (Variante di Mondovì)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. TO08

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	MANDATARIA: 	MANDANTI:  
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: <i>Ing. Andrea Renso – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413</i>	IL PROGETTISTA: <i>Ing. Andrea Renso Ordine ingegneri Provincia di Verona n. A2413</i>	
IL GEOLOGO: <i>Geol. Emanuele Fresia – TECHNITAL Ordine Geologi Veneto n. A501</i>	GRUPPO DI PROGETTAZIONE: COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E PROGETTAZIONE STRADALE: <i>Ing. Carlo Vittorio Matildi – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. 6457/A</i> COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E COORDINATORE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: <i>Ing. Edoardo Piccoli – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A3381</i>	
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: <i>Ing. Paolo Barrasso – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A9513</i>	OPERE D'ARTE MAGGIORI GALLERIA: <i>Ing. Corrado Pesce – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984</i> OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI E MINORI: <i>Ing. Stefano Isani – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A4550</i>	
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO: <i>Ing. Giuseppe Danilo Malgeri</i>	GEOTECNICA: <i>Ing. Alessandro Rizzo – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A19598</i> IDROLOGIA ED IDRAULICA: <i>Ing. Simone Venturini – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2515</i>	
PROTOCOLLO:	DATA:	

01 – INQUADRAMENTO GENERALE
Studio del traffico – Relazione

CODICE PROGETTO	NOME FILE	PROGR. ELAB.	REV.	SCALA:
DPT000008D16	01.06_P00_EG00_GEN_RE03_B	01.06	B	–
	CODICE ELAB.			
	P00EG00GENRE03			
D				
C				
B	Istruttoria ANAS	Mag. 2020	Technital	Rossi Rosin Renso
A	EMISSIONE	Mar. 2020	Technital	Rossi Rosin Renso
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

SOMMARIO

1	LO STUDIO DI TRAFFICO	1
1.1	METODOLOGIA.....	2
1.2	NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	2
2	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO	4
2.1	OFFERTA DI INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ – IL GRAFO STRADALE.....	4
2.2	LA ZONIZZAZIONE DELL’AREA DI STUDIO	7
2.3	LA DOMANDA DI MOBILITÀ - LE MATRICI ORIGINE / DESTINAZIONE (O/D) DEGLI SPOSTAMENTI VEICOLARI	9
2.3.1	La matrice dei veicoli leggeri	9
2.3.2	La matrice dei mezzi pesanti	10
2.4	L’ASSEGNAZIONE DELLA DOMANDA DI TRAFFICO AL GRAFO DELLA RETE	11
2.4.1	La matrice calibrata origine / destinazione (O/D) dello scenario attuale	14
3	GLI SCENARI DI SIMULAZIONE	17
4	VERIFICA DEI LIVELLI DI FUNZIONALITÀ DEL PROGETTO.....	31
4.1	VERIFICA DEL LIVELLO DI SERVIZIO DEGLI ASSI DI PROGETTO	31
4.2	VERIFICA DEL LIVELLO DI FUNZIONALITÀ DEGLI SVINCOLI DI PROGETTO	34
5	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI ECONOMICI DELL’INVESTIMENTO	39
5.1	COSTI DI REALIZZAZIONE E COSTI DI GESTIONE	40
5.2	BENEFICI TRASPORTISTICI.....	42
5.3	BENEFICI RELATIVI AL MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA E ALLA RIDUZIONE DELL’INCIDENTALITÀ	45
5.3.1	Definizione e caratterizzazione del fenomeno incidentale	45
5.4	BENEFICI AMBIENTALI -VARIAZIONE INQUINAMENTO ATMOSFERICO ACUSTICO.....	48
5.5	ANALISI DI FATTIBILITÀ ECONOMICA.....	52
6	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	54

1 LO STUDIO DI TRAFFICO

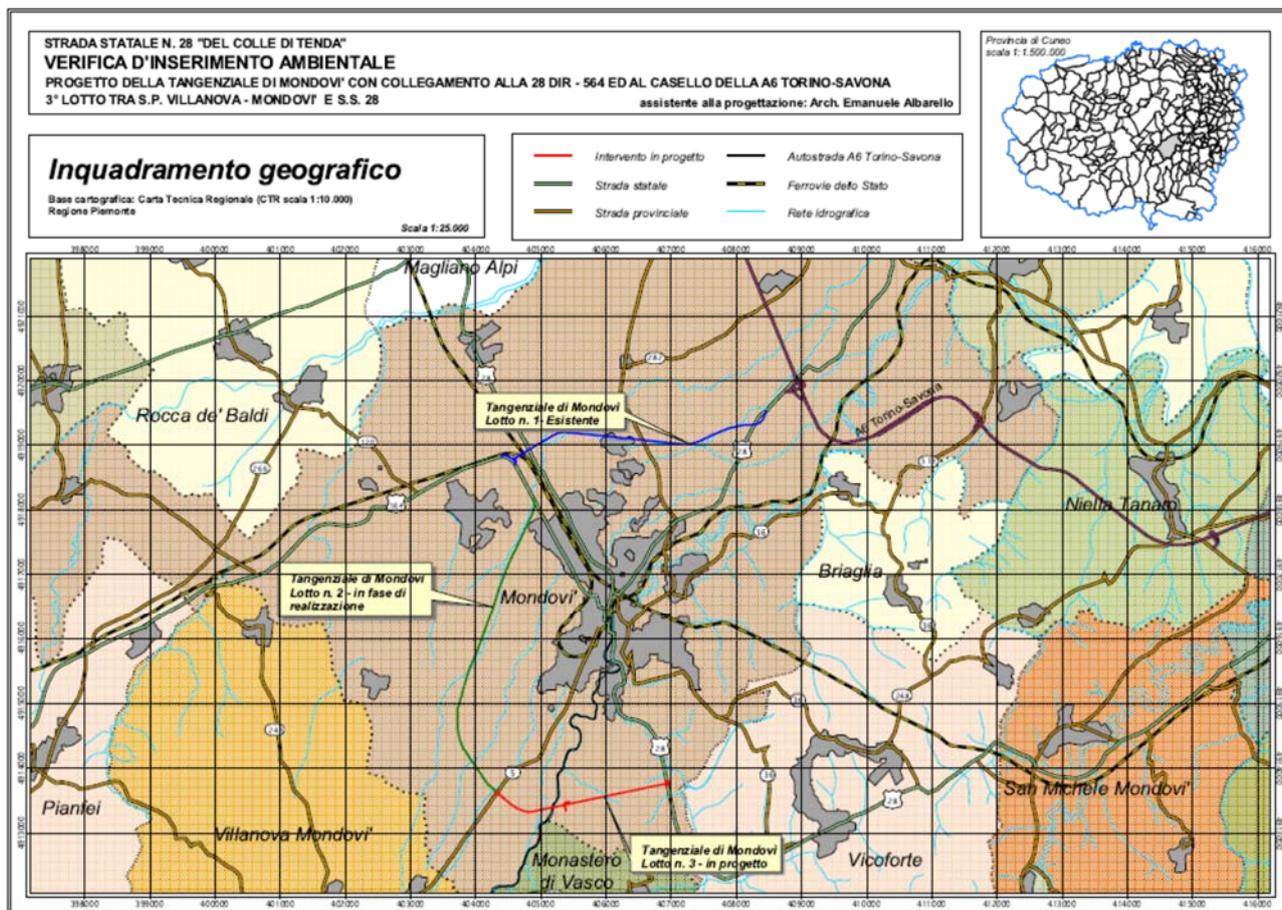
Il presente studio si configura come strumento di approfondimento settoriale a supporto del progetto definitivo dei lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir - 564 ed al casello A6 "Torino-Savona" - III Lotto (Variante di Mondovì) del S.S. 28 del Colle di Nava.

Obiettivo dello studio è determinare il traffico atteso sulla nuova infrastruttura e delle eventuali criticità indotte sulla rete stradale, verificandone la compatibilità con il sistema insediativo e con le condizioni della viabilità esistente, anche a fini propedeutici alle valutazioni ambientali.

Si tratta, in particolare, di individuare lo stato della circolazione della viabilità in essere nello scenario attuale e quello dello scenario futuro di progetto che prevede la realizzazione del terzo lotto della Tangenziale di Mondovì, nell'orizzonte temporale del 2040.

L'intervento prevede la realizzazione di un nuovo asse stradale di categoria C1 (singola carreggiata a doppio senso di marcia) di connessione tra la SP5 e la SS28, in continuità con il tratto della variante di Mondovì già realizzato. È stato inoltre introdotto nello scenario di progetto un collegamento più a nord tra i medesimi assi stradali, realizzato con un ponte in Rione Borgato (Sezione C2).

La figura seguente mostra l'inquadramento geografico dell'intervento.



1.1 METODOLOGIA

Lo studio in oggetto si propone di analizzare lo stato di fatto confrontandolo con lo scenario di progetto al fine di stimare gli impatti in termini di traffico veicolare sulla nuova infrastruttura e sul sistema della viabilità afferente secondo la metodologia di seguito riportata:

1. **Rilievo del traffico veicolare dello stato di fatto:** l'indagine è stata realizzata nel periodo compreso tra il 03/06/2019 e l'11/06/2019 ed ha interessato complessivamente 16 sezioni stradali monodirezionali e 1 nodo appartenenti alla rete viaria afferente al nuovo asse stradale in progetto. I rilievi sono stati realizzati in continuo per una settimana con l'utilizzo di apparecchiature radar e con l'utilizzo di videocamere nella fascia oraria di punta del mattino tra le 7.00 e le 9.00. Si rimanda alla documentazione allegata per maggiore dettaglio delle fasi del lavoro.
2. **Rilievi per la ricostruzione della struttura distributiva della domanda (matrici OD):** l'indagine, finalizzata alla ricostruzione della struttura principale delle relazioni di traffico che impegnano il sistema in esame è stato eseguito mediante rilievo con telecamere per identificare ciascun veicolo transitante in corrispondenza di sezioni significative con la lettura parziale (per ragioni di privacy) della targa. L'incrocio tra i diversi passaggi ha consentito di ricostruire una matrice OD per quattro componenti veicolari (ciclomotori e motocicli, autovetture, veicoli commerciali leggeri e veicoli commerciali pesanti). Si rimanda alla documentazione allegata per maggiore dettaglio.
3. **Analisi dei tracciati rilevati dai dispositivi antifurto GPS sui veicoli leggeri.**
4. **Analisi dei dati Istat 2011 sui pendolarismi casa - scuola casa - lavoro:** è stata analizzata la domanda di mobilità intercomunale per motivi di studio e lavoro dei residenti nel Comune di Mondovì e nei comuni contermini che potrebbe interessare il nuovo tracciato di progetto.
5. **Implementazione di un modello di simulazione del traffico veicolare:** È stato implementato un modello di macrosimulazione di traffico in ambiente Cube Citilabs per rappresentare il carico veicolare sulla rete stradale esistente e di progetto nell'ora di punta del mattino.
6. **Confronto tra stato di fatto e di progetto:** calcolo di indicatori sintetici e di dettaglio del flusso veicolare di mezzi leggeri e pesanti e stima del Traffico Giornaliero Medio al 2040.
7. **Analisi funzionale degli svincoli della nuova infrastruttura.**

1.2 NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato redatto in conformità e nel rispetto dei seguenti riferimenti normativi:

- Decreto Ministeriale del 26/09/1994 (pubblicato sulla G.U. n. 237 del 10/10/1994) contenente l'elenco dei comuni interessati dall'obbligo di adozione del PUT.

- Ministero dei Lavori Pubblici 8 agosto 1986, n.2575 “Disciplina della circolazione stradale nelle zone urbane ad elevata congestione del traffico veicolare”;
- Decreto legislativo 30 aprile 1992, n.285 e successive Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico, emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici nel 1995;
- D.M. LL.PP. del 5.11.2001 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” e successiva modifica con D.M. 22.4.2004.
- D.M. Infrastrutture e Trasporti del 19.04.2006 - “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”.
- D.M. Infrastrutture e Trasporti n. 300/2017 – Adozione delle: “Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche nei settori di competenza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti”, in attuazione dell’articolo del decreto legislativo 29 dicembre 2011, n 228.

Oltre alla normativa sopra citata, il presente studio è stato redatto nel rispetto dei più recenti criteri della “Pianificazione e Ingegneria dei Sistemi di Trasporto”, e della “Teoria e Tecnica della Circolazione”, si è fatto quindi specifico riferimento alle seguenti fonti bibliografiche fondamentali:

- E. Cascetta - Teoria e metodi dell'ingegneria dei sistemi di trasporto, UTET, 1998;
- Manuali per l'utente Vissim, PTV – TPS;
- Manuali per l'utente Cube, Citilabs;
- Ortuzar , Willumsen – Modelling Transport, WILEY, 2011;
- De Luca, Astarita – I Piani Urbani del Traffico, Franco Angeli collana trasporti 1998;
- “Highway Capacity Manual – HCM 2000”, Special Report n° 209, T.R.B. Washington D.C. 2000;
- “Highway Capacity Manual – HCM 2010”, T.R.B. Washington D.C. 2010;
- “Highway Capacity Manual – HCM 6”, T.R.B. Washington D.C. 2016;
- “Trip generation - ITE”, 8th – 9th, ITE;
- “Fondamenti di Infrastrutture viarie – vol 1 e 2”, T. Esposito, R. Mauro, Hevelius edizioni, Benevento 2003;
- “Progettare le intersezioni. Tecniche per la progettazione e la verifica delle intersezioni stradali in ambito urbano ed extraurbano secondo il DM 19/04/2006”, S. Canale, N. Distefano, S. Leonardi, G. Pappalardo ed. EPC Libri – 2006.

2 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO

La stima del carico veicolare sulla rete è stata sviluppata mediante lo sviluppo di un modello di macrosimulazione sviluppato in ambiente Cube Citilabs.

2.1 OFFERTA DI INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ – IL GRAFO STRADALE

L'offerta di infrastrutture viarie è definita dalle caratteristiche della rete esistente. La conoscenza del sistema di offerta ha come scopo primario la costruzione del grafo della rete viaria dell'area, ovvero schematizzare la rete in un insieme di archi e nodi.

Queste operazioni vanno eseguite usando opportuni codici, omogenei con quelli usati nella zonizzazione e nell'analisi della domanda, di modo che il grafo sia riproducibile al calcolatore e quindi utilizzabile nell'ambito dei modelli di simulazione. Nel caso della rete viaria, gli archi rappresentano tratti di strada non interessati da intersezioni di particolare rilievo; tutti gli archi sono delimitati da due nodi, che, in generale, rappresentano il punto in cui due o più archi si incrociano.

Il problema della schematizzazione di un sistema viabile, mediante un grafo, consiste nell'individuazione dei nodi e dei collegamenti da nodo a nodo, ritenuti significativi ai fini dell'analisi del sistema viabile attuale e per il quale si vogliono conoscere i flussi veicolari. I nodi e gli archi rappresentano realtà fisiche ben distinte.

I primi individuano punti del territorio aventi coordinate spaziali e temporali definite.

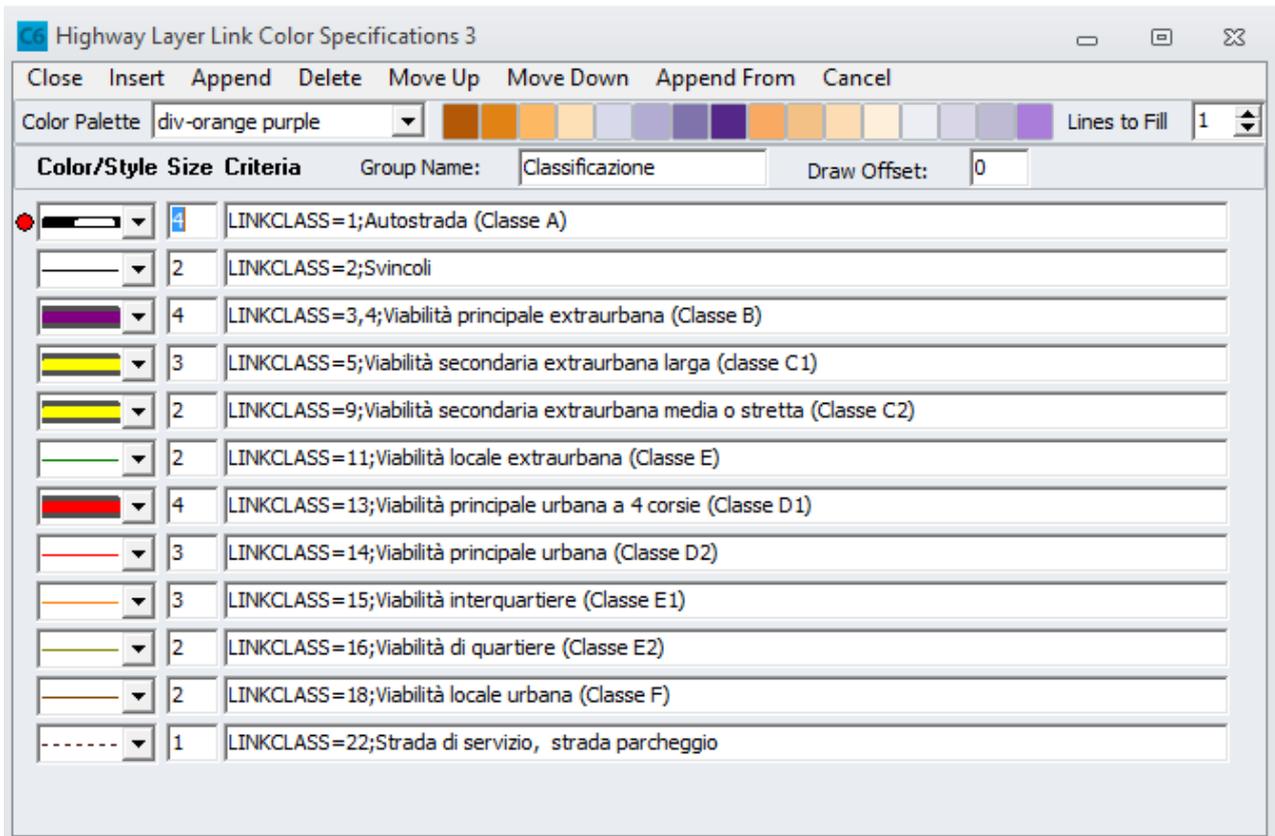
I secondi rappresentano i legami fisici che legano due diversi punti (nodi) del territorio in esame ai quali è associato un costo di trasferimento. Al fine di ottenere una corretta modellizzazione del sistema viabile, ogni arco è stato caratterizzato con il proprio costo generalizzato di trasporto. In pratica, ogni arco è stato descritto attraverso la lunghezza, la velocità di percorrenza, la capacità a vuoto, la tipologia dell'arco ed una particolare curva di deflusso che esprime il costo di trasporto in relazione al volume di traffico presente sull'arco (calcolati dalle caratteristiche geometriche e morfologiche della strada).

Il grafo rappresenta la rete veicolare dell'area di studio è stato ottenuto a partire dalle basi disponibili Open Street Map da una semplificazione della rete viaria esistente, eliminando le strade interpoderali non pavimentate.

Per effettuare un'adeguata modellizzazione della rete viaria, tale da consentire di conoscerne nel dettaglio le caratteristiche capacitive dei singoli archi stradali, sono state individuate attraverso Google Earth e Street View le caratteristiche funzionali e morfologiche delle strade presenti sul territorio intercomunale di Mondovì e delle principali direttrici intercomunali, introdotte nel grafo per connettere i percorsi alla rete sovraordinata.

Operativamente, il grafo è stato implementato attribuendo alla viabilità una serie di codici (linkclass) tali da distinguere la viabilità esistente nelle classi che fanno riferimento alla funzione principale svolta dall'arco stradale, ai sensi del D.M. 11/05/2001 (Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade), oltre che distinguere la rete esistente dalle varie infrastrutture di progetto.

La tabella seguente riporta l'elenco delle classi attribuite agli archi durante l'implementazione del grafo del trasporto privato (linkclass).



Color/Style	Size	Criteria
[Solid black line]	4	LINKCLASS=1;Autostrada (Classe A)
[Solid black line]	2	LINKCLASS=2;Svincoli
[Solid purple line]	4	LINKCLASS=3,4;Viabilità principale extraurbana (Classe B)
[Solid yellow line]	3	LINKCLASS=5;Viabilità secondaria extraurbana larga (classe C1)
[Solid yellow line]	2	LINKCLASS=9;Viabilità secondaria extraurbana media o stretta (Classe C2)
[Solid green line]	2	LINKCLASS=11;Viabilità locale extraurbana (Classe E)
[Solid red line]	4	LINKCLASS=13;Viabilità principale urbana a 4 corsie (Classe D1)
[Solid red line]	3	LINKCLASS=14;Viabilità principale urbana (Classe D2)
[Solid orange line]	3	LINKCLASS=15;Viabilità interquartiere (Classe E1)
[Solid light green line]	2	LINKCLASS=16;Viabilità di quartiere (Classe E2)
[Solid brown line]	2	LINKCLASS=18;Viabilità locale urbana (Classe F)
[Dashed black line]	1	LINKCLASS=22;Strada di servizio, strada parcheggio

Tabella 1: Classificazione delle rete viaria

Con i parametri raccolti sono state successivamente attribuite le capacità di ciascun tipo di tronco stradale per ognuno dei sensi di marcia, ossia il volume massimo di traffico che può transitare sull'arco nell'unità di tempo. Ciascun arco del grafo, impiegato per rappresentare il sistema viabile, è anche caratterizzato da un tempo di percorrenza e/o da altri oneri sopportati dall'utente del sistema stesso per spostarsi da un nodo iniziale ad uno finale. Il costo di trasporto è una grandezza che sintetizza le diverse voci di costo sopportate dagli utenti nella misura in cui questi le percepiscono. Il costo si riferisce al costo generalizzato, che rappresenta il peso relativo attribuito dal guidatore al tempo, alla distanza o ad entrambi su differenti percorsi.

La funzione del costo generalizzato può essere assunta secondo la seguente formulazione:

$$a_{totale} = a_t + a_d$$

Con a_t = coefficiente di peso del tempo
 a_d = coefficiente di peso della distanza

Questi pesi variano, in linea di principio, in accordo con fattori quali: lo scopo del viaggio (i viaggiatori tendono ad attribuire più peso al tempo che non alla distanza); la lunghezza del viaggio (i guidatori stimano la distanza in maniera più diretta e sono da essa influenzati maggiormente su viaggi a lunga percorrenza). I costi associati a ciascun arco della rete sono riferiti ad un utente medio, perciò il costo su ciascun arco del grafo può essere ritenuto costante per tutti gli utenti che lo interessano.

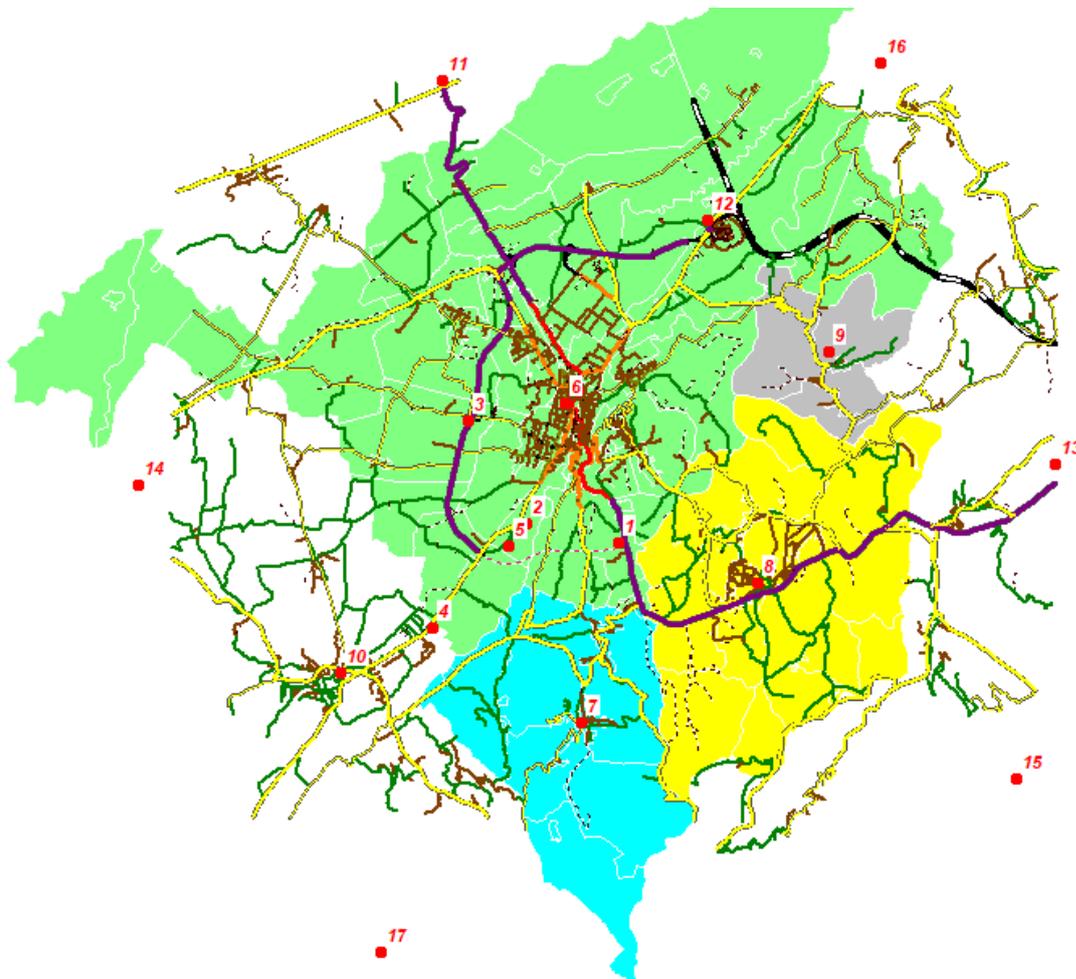


Figura 1: grafo della rete relativo all'area studio

Un importante sotto insieme di nodi è rappresentato dai cosiddetti nodi "centroidi", i quali individuano i soli punti del territorio da cui si origina e verso cui è destinata la domanda di mobilità, ovvero rappresentano le zone di Origine e/o di Destinazione dei viaggi.

Questi nodi centroidi possono essere connessi sia direttamente ad un nodo (intersezione) reale oppure ad un nodo fittizio. Nell'ambito della predisposizione del modello di traffico dell'area intercomunale di Mondovì i centroidi sono rappresentati dalle 17 zone derivanti dalla zonizzazione del territorio descritta in seguito. I nodi regolari sono, invece, rappresentati dalle intersezioni tra due o più strade della rete.

Per consentire la connessione fisica tra le zone, materializzate nel centroide di zona, e la viabilità ordinaria, è stato necessario inserire nel grafo originale degli archi connettori "fittizi", ai quali corrisponde lo spostamento fra il centroide di zona ed un nodo reale o fittizio della rete.

Il grafo del trasporto privato così predisposto risulta formato da 7.318 archi monodirezionali e 3.402 nodi, per un'estensione complessiva della rete di 1.211 km.

2.2 LA ZONIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

La zonizzazione del territorio, insieme all'analisi dei flussi di traffico ed ai dati raccolti dalle diverse fonti informative e di rilievo, costituisce la base di riferimento su cui impostare la modellizzazione degli scenari di traffico. La suddivisione in zone dell'area di studio, della quale s'intende modellare il sistema della mobilità, è operazione di primaria importanza perché una scelta adeguata del perimetro della zona permette di identificare nel "polo" del territorio tutta la domanda di mobilità generata in origine e in destinazione dalla zona stessa. Si tratta di un'operazione di lettura semplificata del territorio, necessaria per la schematizzazione della struttura della mobilità e della rete di trasporti e infrastrutture viarie. Di conseguenza, la dimensione delle zone è condizionata dalla possibilità di rappresentare in questo modo le funzioni territoriali che generano la domanda di mobilità e dal grado di dettaglio che si vuole raggiungere con l'analisi e le successive elaborazioni di "costruzione" delle matrici Origine/Destinazione.

L'area geografica nella quale si trova il sistema di mobilità oggetto del presente studio, è definita come l'ambito territoriale nel quale si ritiene che si esauriscano la maggior parte degli interventi previsti. Tutto ciò che ricade al di fuori del cordone ideale che delimita l'area di studio è considerato come ambiente esterno: di questo interessano solo le interconnessioni con il sistema viario del territorio comunale.

In termini reali, gli spostamenti che si effettuano all'interno dell'area possono, in generale, iniziare e terminare in qualunque punto del territorio. Ciò nonostante, la schematizzazione modellistica del sistema della mobilità impone necessariamente una rappresentazione discreta del problema, ossia una suddivisione dell'area di studio interessata in zone, fra le quali si suppone nascano le relazioni tali da generare la mobilità. In tal modo, la domanda di mobilità può collocarsi su due livelli:

- un livello interzonale, riguardante gli spostamenti che hanno origine e destinazione collocate rispettivamente in zone diverse;
- un livello intrazonale, relativo a spostamenti che hanno origine e destinazione all'interno della medesima zona.

Dato che l'obiettivo della zonizzazione è quello di approssimare tutti i punti di inizio e termine dei viaggi interzonali con un unico punto (centroide), il criterio seguito per la zonizzazione coincide con l'individuazione di porzioni dell'area in esame per le quali l'accorpamento di punti fisici del territorio in un unico centroide di zona possa essere

ritenuta un'ipotesi accettabile, ovverosia che le diverse approssimazioni sui centroidi possano essere ritenute sufficientemente omogenee, relativamente alle principali caratteristiche territoriali ed insediative (ripartizione relativa tra le presenze di residenze, attività produttive, terziarie, agricole, dimensione del reticolo stradale interno, confini naturali ed artificiali).

Il modello di traffico predisposto assegna infatti alla rete stradale unicamente la domanda di mobilità interzonale. Secondo il criterio sopra esposto, considerando la vocazione prevalentemente intercomunale dell'opera in progetto, sono state individuate per il modello dell'area di studio 17 zone generatrici e/o attrattrici di traffico, di cui 10 interne al territorio intercomunale e 8 esterne all'area di studio; queste ultime rappresentano essenzialmente le "zone direttrici" verso o dalle quali si compiono gli spostamenti di relazione con l'esterno in origine o destinazione (sezioni di ingresso e uscita dal cordone ideale che delimita l'area di studio, dette anche portali).

Zona	Direzione
1	SS28 (cordone indagini della infrastruttura di progetto)
2	SP5 nord (cordone indagini della infrastruttura di progetto)
3	SS704 tangenziale Mondovì (cordone della infrastruttura di progetto)
4	SP5 sud (cordone della infrastruttura di progetto)
5	Attestamento tangenziale (cordone della infrastruttura di progetto)
6	Mondovì
7	Monastero di Vasco
8	Vicoforte
9	Briaglia
10	Villanova Mondovì
11	Direttrice Nord (Fossano, Saluzzo, Savigliano)
12	Direttrice autostrada (casello di Mondovì)
13	Direttrice Sud Est (San Michele Mondovì, Niella Tanaro, Ceva, Albenga)
14	Direttrice Ovest (Cuneo, Pianfei, Borgo San Dalmazzo)
15	Direttrice Sud (Montaldo di Mondovì, Pamparato)
16	Direttrice Nord Est (Bastia Mondovì, Carrù, Alba)
17	Direttrice Sud Ovest (Roccaforte M., Frabosa Soprana, Frabosa Soprana)

Tabella 2.: Zonizzazione dell'area di studio

2.3 LA DOMANDA DI MOBILITÀ - LE MATRICI ORIGINE / DESTINAZIONE (O/D) DEGLI SPOSTAMENTI VEICOLARI

La rappresentazione modellistica della mobilità avviene attraverso l'interazione tra la domanda di spostamento (espressa dalle persone che si devono muovere) e il sistema di offerta (costituito dalle infrastrutture viarie destinate a soddisfare tale domanda).

Per rendere possibile l'indipendenza degli spostamenti dai tragitti effettuati dai mezzi, l'area di studio viene rappresentata da un numero finito di zone e gli spostamenti vengono individuati per zona di origine e zona di destinazione del viaggio: questo affinché al variare delle opzioni di percorso (offerta di tragitti alternativi) sia possibile da parte del conducente l'impiego di diversi cammini alternativi per effettuare lo spostamento dal luogo di partenza al luogo di destinazione.

Tali rappresentazioni delle esigenze di mobilità sono denominate matrici di origine e destinazione (O/D) e sono riferite ad un determinato periodo temporale di riferimento, nella fattispecie, sono rappresentative della domanda di mobilità dei veicoli leggeri e di quelli pesanti, entrambe espresse in veicoli equivalenti nell'ora di punta del mattino (tra le 7.30 e le 8.30) del giorno feriale medio, coerentemente con le indicazioni emerse dalle indagini di traffico.

Le matrici O/D consentono, in pratica, di conoscere l'intensità delle singole relazioni interzonali, dette anche "linee di desiderio", fornendo un'informazione più completa, strutturata e totalmente indipendente dagli attuali flussi di traffico sulla rete e adatta, quindi, allo studio di sistemi di offerta infrastrutturale alternativi all'attuale, con cui individuare la scelta ritenuta migliore.

Occorre segnalare, infine, che a prescindere dal periodo temporale di riferimento, l'informazione relativa ai rilievi dei flussi di traffico risulta definita attraverso l'indicazione della sola sezione di rilevamento, mentre le linee di desiderio rimangono descritte dalle coppie origine/destinazione dello spostamento.

2.3.1 La matrice dei veicoli leggeri

I dati impiegati per la costruzione della matrice dei mezzi leggeri fanno sostanzialmente riferimento a quattro fonti, opportunamente combinate tra loro con differenti coefficienti di omogeneizzazione al fine di ottenere una base dati unitaria:

1. Rilievi per la ricostruzione della struttura distributiva della domanda effettuata attraverso il riconoscimento delle targhe (moto+auto+commerciali leggeri) effettuata al cordone della nuova infrastruttura di progetto, il cui dettaglio è riportato nel documento "01.07_P00_EG00_GEN_RE04_A", allegato al PD;
2. Tracciati rilevati dai dispositivi antifurto GPS sui veicoli leggeri, opportunamente ricodificati rispetto alla zonizzazione del modello;
3. Dati Istat 2011 sui pendolarismi casa - scuola casa - lavoro: è stata introdotta la domanda di mobilità intercomunale che utilizzano l'auto privata come conducente per motivi di studio / lavoro dei residenti nel

Comune di Mondovì e nei comuni contermini (Briaglia, Magliano Alpi, Monastero Vasco, Niella Tanaro, Pianfei, Rocca dè Baldi, San Michele Mondovì, Vicoforte, Villanova Mondovì). Sono stati selezionati 2010 record tutti ricodificati;

4. Flussi di traffico conteggiati nelle medesime postazioni, utilizzati per proporzionare il campione all'universo dei transiti.

I dati di cui al punto 3 sono stati utilizzati per stimare una ulteriore quota di spostamenti di rilevanza sovracomunale, non intercettata attraverso l'analisi delle targhe e compatibili con i rilievi, che potrebbero interessare il nuovo tracciato di progetto.

La domanda di mobilità che interessa l'area di studio, identificata tramite i conteggi di traffico e le indagini campionarie, espressa in veicoli equivalenti, è stata successivamente depurata al fine di eliminare le doppie intercettazioni tra postazioni al contorno dell'infrastruttura di progetto e quelle esterne.

Attraverso l'applicazione della procedura di matrix estimation è stata infine calibrata la domanda di mobilità al fine di fornire la massima verosimiglianza tra flussi assegnati dal modello e flussi effettivamente misurati su strada.

Dopo tale operazione è stato possibile costruire la matrice origine/destinazione degli spostamenti auto. La matrice è composta da un totale di 7.564 spostamenti. Il dato, riferito all'ora di punta del mattino (7.30-8.30) è espresso in veicoli equivalenti, ovvero attribuendo un peso ad ogni singolo veicolo in ragione della lunghezza, in modo da armonizzarli tutti ad automobili.

2.3.2 La matrice dei mezzi pesanti

La matrice dei mezzi pesanti è stata costruita mediante le fonti di input descritte di seguito:

1. Rilievi per la ricostruzione della struttura distributiva della domanda effettuata attraverso il riconoscimento delle targhe (commerciali pesanti) effettuata al cordone della nuova infrastruttura di progetto, il cui dettaglio è riportato nel documento "01.07_P00_EG00_GEN_RE04_A", allegato al PD;
2. Flussi di traffico di mezzi pesanti conteggiati nelle medesime postazioni, utilizzati per proporzionare il campione all'universo dei transiti.

La matrice così generata risulta essere composta da 137 veicoli equivalenti. Il dato, riferito all'ora di punta del mattino (7.30-8.30), è espresso in veicoli equivalenti, ovvero attribuendo un peso ad ogni singolo veicolo in ragione della lunghezza, in modo da armonizzarli tutti ad automobili. In particolare, per i mezzi commerciali pesanti è stato assunto un coefficiente pari a 2.

2.4 L'ASSEGNAZIONE DELLA DOMANDA DI TRAFFICO AL GRAFO DELLA RETE

Definita la domanda di mobilità e costruito il modello di rete viaria sulla quale si manifesta la maggior parte della mobilità che interessa la zona di studio, si è proceduto nell'analisi delle interrelazioni tra domanda di mobilità e offerta di infrastrutture viarie nelle condizioni operative esistenti, implementando un modello di traffico informatizzato. La procedura seguita prevede l'assegnazione della matrice al grafo viario mediante il package di simulazioni Cube prodotto da Citilabs.

La procedura di assegnazione dei flussi di traffico alla rete è stata effettuata con l'ausilio del software di simulazione delle reti di trasporto denominato CUBE – Voyager. Essa consiste inizialmente nella determinazione dei percorsi di minimo costo tra tutte le coppie di zone O/D e, quindi, nella successiva assegnazione dei viaggi per ogni coppia O/D, desunti dalla matrice O/D fornita, ai percorsi calcolati nel passo precedente.

Il criterio utilizzato per l'assegnazione dei viaggi ai percorsi tra una singola coppia è il metodo del percorso di minor costo generalizzato. Si è tenuto altresì conto delle condizioni di congestione della circolazione stradale attraverso l'impiego del "Vincolo di Capacità Ristretta" (Capacity Restraints Method) applicato secondo il metodo del volume medio.

Applicando la procedura il vincolo della capacità ristretta, si interviene a valle dell'assegnazione per rendere conto degli effetti conseguenti alla presenza dei carichi appena introdotti sulla fluidità della circolazione nella rete.

Questa tecnica è stata scelta poiché particolarmente indicata nello studio delle reti congestionate, in cui le limitazioni imposte dalla capacità degli archi influenzano notevolmente la velocità di percorrenza degli stessi. In un'assegnazione successiva alla prima, su una rete con archi già caricati, per una medesima coppia O/D l'utenza avverte, infatti, l'esistenza di un "nuovo" percorso di minimo costo, diverso da quello individuato in precedenza. Questo consente di assegnare i viaggi tra una medesima di origine e destinazione su più percorsi, a seconda delle progressive condizioni di congestione sulla rete.

Il programma associa ad ogni arco una serie di parametri che ne descrivono caratteristiche e prestazioni, i più importanti dei quali sono: lunghezza, tipologia (linkclass), capacità, velocità di percorrenza, tipo di curva di deflusso. In particolare la curva di deflusso esprime la relazione tra flusso presente sull'arco e velocità dei veicoli in transito secondo una relazione del tipo rappresentato in figura nella pagina seguente.

Le curve di deflusso hanno in generale un andamento cui corrispondono diverse condizioni di traffico sull'arco:

- 1° stadio: condizioni di flusso libero, in cui l'entità del flusso non condiziona la velocità di percorrenza dell'arco;
- 2° stadio: condizioni congestionate, in cui la velocità diminuisce all'aumentare del flusso;
- 3° stadio: condizioni sovracongestionate, con una velocità bassa e generalmente costante.

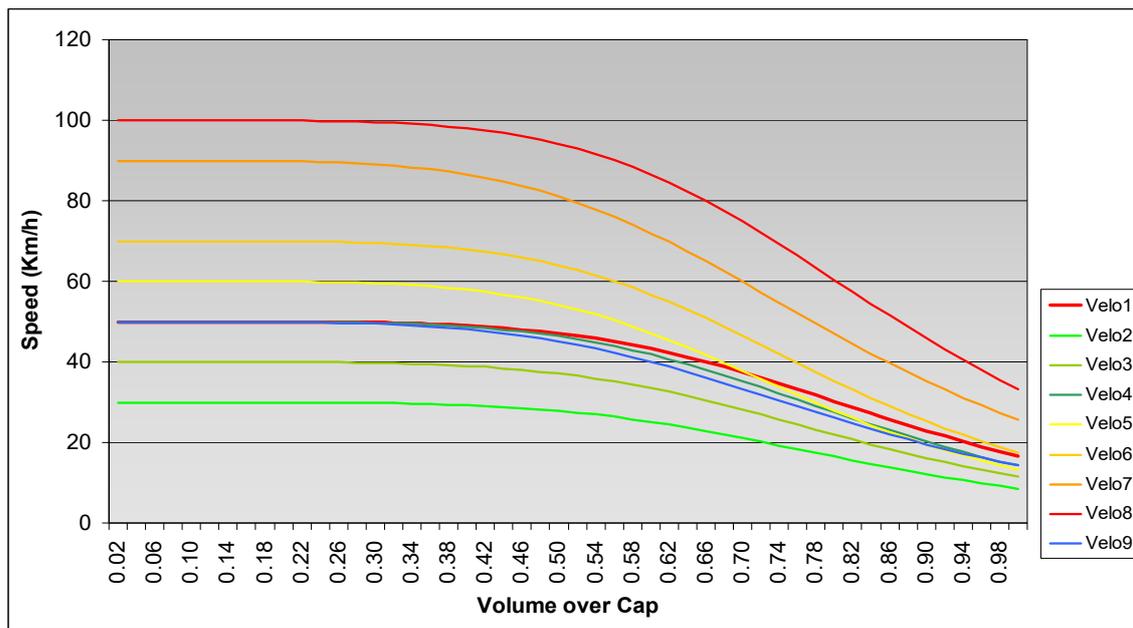


Figura 2: Curve di deflusso stradale

Nel corso dell'elaborazione sono state utilizzate curve di deflusso del tipo BRP, che seguono una relazione del tipo:

$$t = t_o \left[1 + \alpha \left(\frac{f}{C} \right)^B \right]$$

Il vincolo di capacità ristretta introduce quindi nella modellizzazione questa circostanza, consentendo una rappresentazione più fedele del fenomeno della mobilità veicolare privata. Questo è un metodo iterativo che interagisce nel processo di assegnazione secondo i due passi seguenti:

1. assegnazione degli spostamenti ai percorsi di minimo costo;
2. modifica dei costi degli archi (velocità di percorrenza degli archi) in funzione dei flussi caricati sulla rete al passo precedente.

La seconda iterazione del procedimento ripete l'assegnazione degli spostamenti, tenendo conto dell'insorgenza dei nuovi percorsi di minimo costo. Il procedimento viene ripetuto più volte fino ad arrestarsi alla convergenza delle velocità di percorrenza degli archi tra due iterazioni successive, ossia quando le velocità della rete modificate da una successiva iterazione (esprese da un coefficiente mediato su tutta la rete) non manifestano significative variazioni.

Nelle nostre elaborazioni la convergenza è stata ottenuta applicando il metodo del Volume Medio, con cui ad ogni iterazione vengono aggiornati i costi degli archi caricando la rete con un flusso corrispondente alla media dei flussi assegnati nelle iterazioni precedenti.

L'algoritmo di assegnazione utilizzato procede nel modo seguente:

1. alla prima iterazione calcola il percorso di minimo costo e ad esso assegna il 100% degli spostamenti; entra quindi nella curva di deflusso di ogni arco col volume di traffico ad esso assegnato, ricavando in tal modo la velocità di percorrenza dell'arco stesso;
2. alla seconda iterazione calcola nuovamente il percorso di minimo costo sulla base dei nuovi costi degli archi ed assegna il 50% degli spostamenti a questo nuovo itinerario, mentre continua ad assegnare il restante 50% del flusso al percorso individuato in precedenza;
3. in generale, all' n -esima iterazione ogni percorso di minimo costo individuato fino a quel momento assorbirà una quota del flusso pari ad $1/n$, con una progressiva diminuzione del peso della singola operazione di assegnazione.

Il pregio della ripartizione dei flussi con la tecnica del Volume Medio risiede nel fatto che esso riduce l'influenza delle variazioni inconsuete dei flussi che possono presentarsi a una data iterazione del procedimento di assegnazione. Nelle nostre elaborazioni, per le elevate dimensioni della rete, si è assunto un numero massimo di iterazioni pari a 50 che hanno portato in generale ad una differenza tra le velocità convergenti, espresse dal parametro GAP, inferiore allo 0,00001%.

La tabella riportata nella pagina seguente mostra il Valore Monetario del Tempo ed il Costo Chilometrico che contribuiscono al costo generalizzato del trasporto utilizzato in assegnazione, leggermente differenziato per le diverse categorie di strada (più elevato per autostrade e strade di servizio).

tempo (minuti)	distanza (KM)	funzione	€ costo orario	€ costo distanza
time_cost1=0.33	distance_cost1=0.325	cost[1]=time*time_cost1+li.distance*distance_cost1 ; cost function for autostrada linkclass1	€ 19.50	€ 0.33
time_cost2=0.25	distance_cost2=0.25	cost[2]=time*time_cost2+li.distance*distance_cost2 ; cost function for svincolo linkclass2	€ 15.00	€ 0.25
time_cost3=0.25	distance_cost3=0.25	cost[3]=time*time_cost3+li.distance*distance_cost3 ; cost function for superstrada linkclass3	€ 15.00	€ 0.25
time_cost4=0.25	distance_cost4=0.25	cost[4]=time*time_cost4+li.distance*distance_cost4 ; cost function for strada di grande comunicazione linkclass4	€ 15.00	€ 0.25
time_cost5=0.25	distance_cost5=0.25	cost[5]=time*time_cost5+li.distance*distance_cost5 ; cost function for strada di grande comunicazione linkclass5	€ 15.00	€ 0.25
time_cost6=0.25	distance_cost6=0.25	cost[6]=time*time_cost6+li.distance*distance_cost6 ; cost function for strada di grande comunicazione linkclass6	€ 15.00	€ 0.25
time_cost9=0.25	distance_cost9=0.25	cost[9]=time*time_cost9+li.distance*distance_cost9 ; cost function for provinciali C1 linkclass9	€ 15.00	€ 0.25
time_cost11=0.25	distance_cost11=0.25	cost[11]=time*time_cost11+li.distance*distance_cost11 ; cost function for locali extraurbane linkclass11	€ 15.00	€ 0.25
time_cost12=0.25	distance_cost12=0.25	cost[12]=time*time_cost12+li.distance*distance_cost12 ; cost function for svincolo linkclass12	€ 15.00	€ 0.25
time_cost13=0.25	distance_cost13=0.25	cost[13]=time*time_cost13+li.distance*distance_cost13 ; cost function for strada scorrimento urbano linkclass13	€ 15.00	€ 0.25
time_cost14=0.25	distance_cost14=0.25	cost[14]=time*time_cost14+li.distance*distance_cost14 ; cost function for strada scorrimento urbano linkclass14	€ 15.00	€ 0.25
time_cost15=0.25	distance_cost15=0.25	cost[15]=time*time_cost15+li.distance*distance_cost15 ; cost function for strada interquartiere linkclass15	€ 15.00	€ 0.25
time_cost16=0.25	distance_cost16=0.25	cost[16]=time*time_cost16+li.distance*distance_cost16 ; cost function for strada quartiere linkclass16	€ 15.00	€ 0.25
time_cost17=0.25	distance_cost17=0.25	cost[17]=time*time_cost17+li.distance*distance_cost17 ; cost function for strada locale urbana linkclass17	€ 15.00	€ 0.25
time_cost18=0.25	distance_cost18=0.25	cost[18]=time*time_cost18+li.distance*distance_cost18 ; cost function for strada locale urbana linkclass18	€ 15.00	€ 0.25
time_cost20=0.25	distance_cost20=0.25	cost[20]=time*time_cost20+li.distance*distance_cost20 ; cost function for strada di grande comunicazione linkclass20	€ 15.00	€ 0.25
time_cost21=0.25	distance_cost21=0.25	cost[21]=time*time_cost21+li.distance*distance_cost21 ; cost function for strada di grande comunicazione linkclass21	€ 15.00	€ 0.25
time_cost22=0.50	distance_cost22=0.50	cost[22]=time*time_cost22+li.distance*distance_cost22 ; cost function for strada di servizio linkclass22	€ 30.00	€ 0.50

Tabella 3:: Valori di Costo tempo e distanza utilizzati in assegnazione

2.4.1 La matrice calibrata origine / destinazione (O/D) dello scenario attuale

La stima delle matrici è un procedura che permette di correggere, modificare, o al limite anche ricostruire, per mezzo di diversi possibili input, una matrice origine-destinazione (O/D) che risulta essere incompleta o non particolarmente attendibile per il modello di traffico che si sta implementando.

Il software CUBE ha un modulo di calcolo che implementa detta procedura che prende il nome di Matrix Estimation (ME); questo è noto anche come "Stima delle matrici da conteggi di traffico (veicolare o passeggeri)" in quanto proprio i conteggi di traffico sono la principale informazione che viene utilizzata per il processo.

Nel processo di calibrazione del modello predisposto per il presente studio è stata impiegata questa procedura per migliorare la corrispondenza tra simulazione dello stato attuale e conteggi di traffico sul campo. Nel caso specifico di questo modello, sono state utilizzate le 8 postazioni direzionali appositamente rilevate nel 2019.

La procedura di stima della matrice ha consentito di giungere ad un ottimo livello di correlazione tra i flussi rilevati e quelli stimati, come mostrato dalla tabella e dai diagrammi seguenti.

SEZ	DIREZ	Leggeri Rilevati	Leggeri Assegnati	Pesanti Rilevati	Pesanti Assegnati	Equivalenti Rilevati	Equivalenti Assegnati	diff %
1	A	420	415	17	14	436	430	-2%
1	B	190	179	21	21	211	199	-5%
2	A	214	215	12	12	226	227	1%
2	B	388	389	25	21	413	410	-1%
3	A	147	147	37	32	184	179	-3%
3	B	267	274	40	36	307	310	1%
4	A	660	662	48	49	709	711	0%
4	B	322	322	35	39	356	360	1%
	totale	2607	2603	234	224	2842	2826	-1%

Tabella 4: Corrispondenza tra flussi assegnati dal modello e flussi rilevati sulla rete

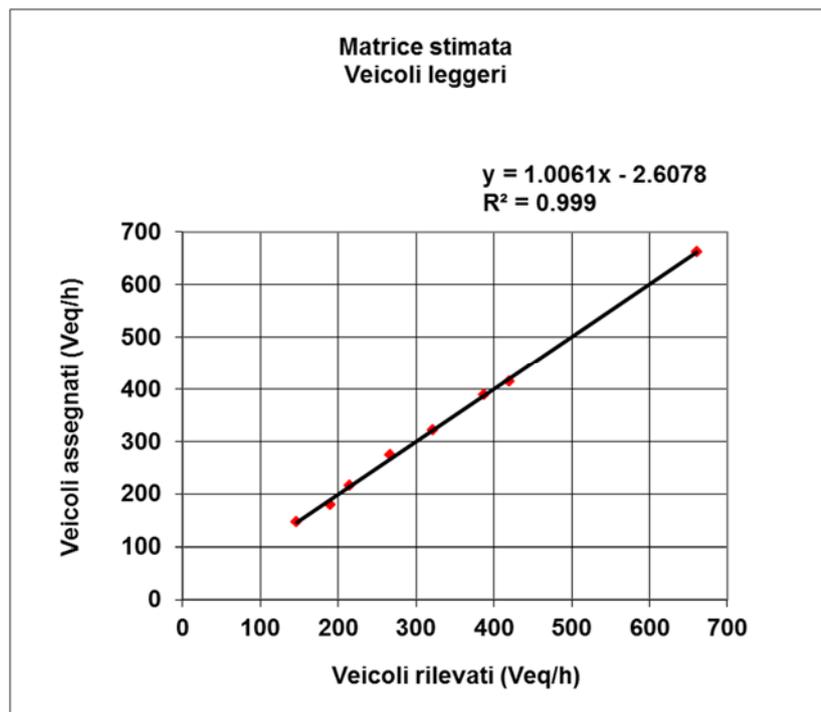


Figura 3: Correlazione tra flusso rilevato e flusso stimato dopo la procedura di calibrazione (Veicoli leggeri nell'ora di punta)

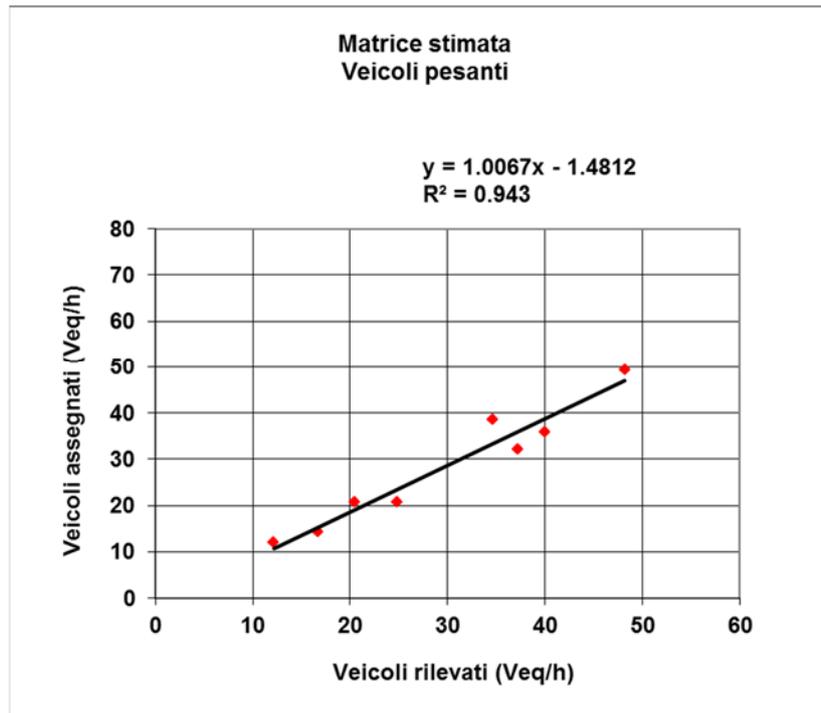


Figura 4: Correlazione tra flusso rilevato e flusso stimato dopo la procedura di calibrazione (Veicoli pesanti nell'ora di punta)

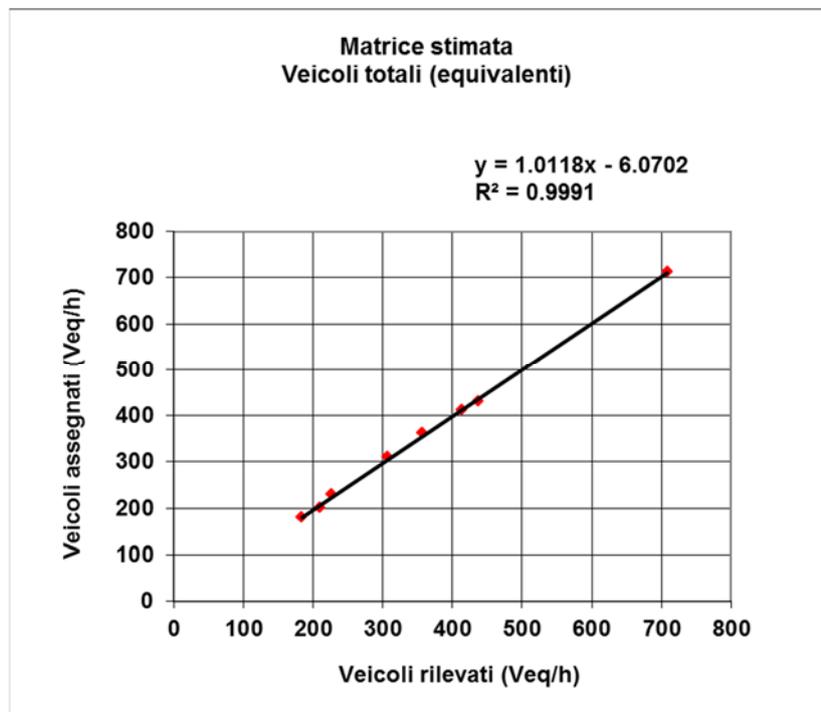


Figura 5: Correlazione tra flusso rilevato e flusso stimato dopo la procedura di calibrazione (Veicoli equivalenti totali nell'ora di punta)

3 GLI SCENARI DI SIMULAZIONE

Il modello di interazione domanda offerta (modello di assegnazione) ha consentito di stimare i flussi in transito nell'ora di punta del mattino (distinti tra mezzi leggeri e mezzi pesanti) in tutti gli archi della rete ed eseguire il calcolo dei livelli di servizio e la verifica di capacità sugli archi e sui nodi per stimarne gli impatti trasportistici. I volumi di traffico sono sempre espressi in termini di veicoli equivalenti. Negli archi stradali è stata inoltre effettuata la proiezione anche con riferimento al traffico giornaliero medio (feriale).

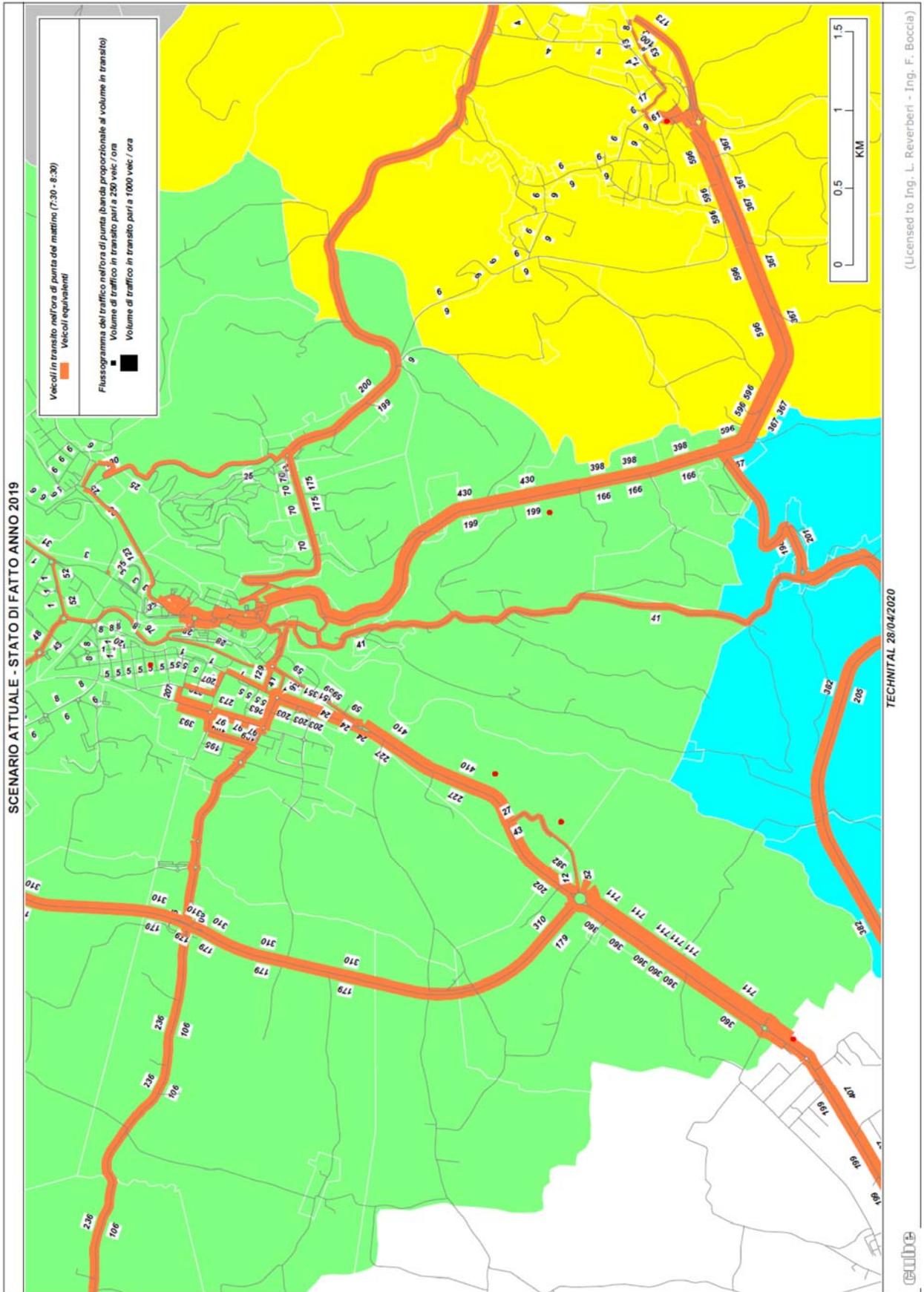
L'intero processo di macrosimulazione può essere riassunto nelle seguenti fasi principali:

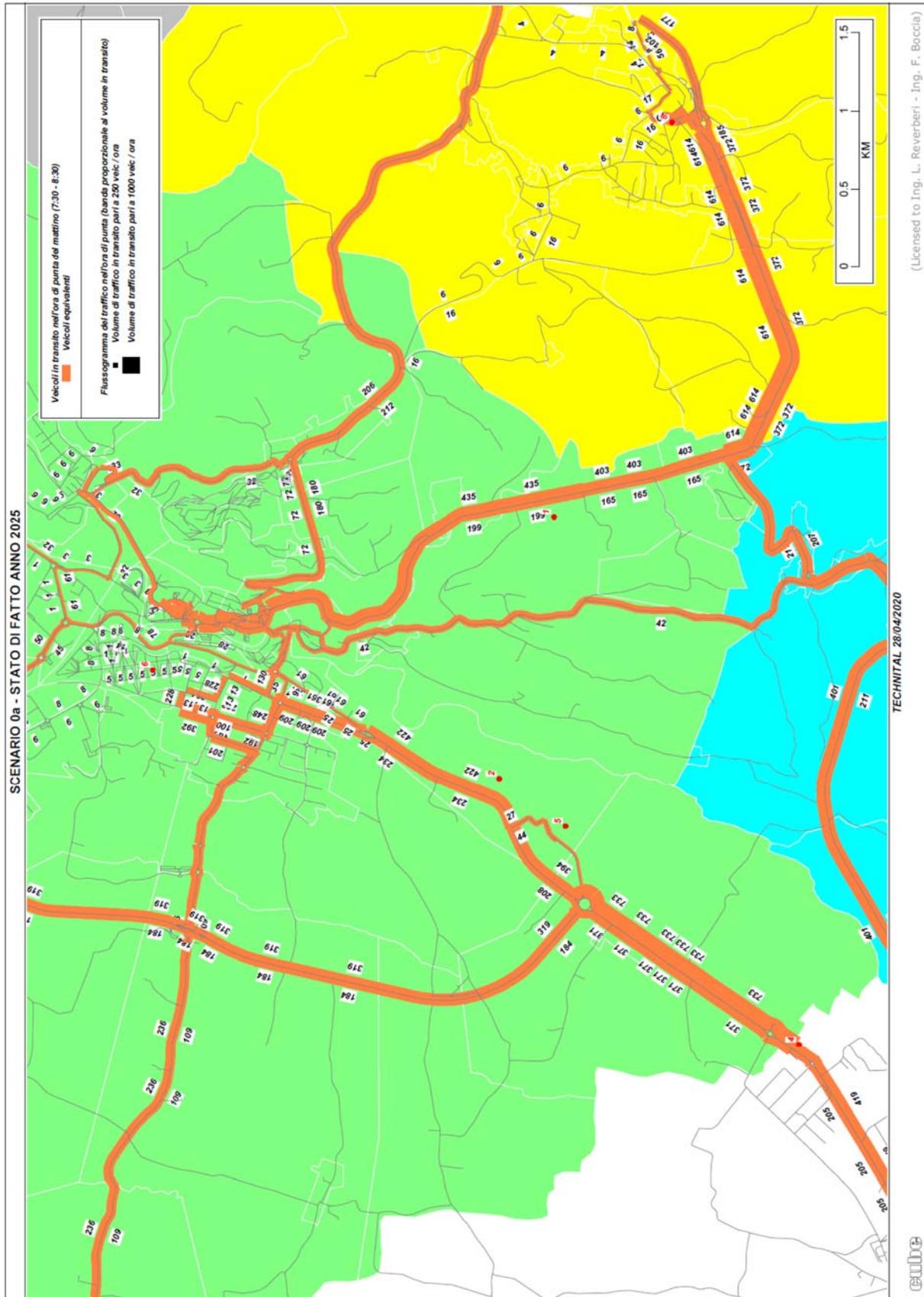
- **Analisi della domanda di trasporto 2019:** stima della matrice O/D origine/destinazione del trasporto privato nell'area di studio sulla base dei rilievi effettuati e delle fonti informative disponibili, attraverso l'applicazione della procedura di matrix estimation per l'aggiornamento delle matrici disponibili (veicoli leggeri e pesanti);
- **Analisi dell'offerta di trasporto,** costruzione del grafo della rete stradale dello stato di fatto e di progetto;
- **Analisi della crescita della domanda di trasporto in un orizzonte temporale di venti anni:** sulla base delle fonti regionali disponibili relativamente alla Provincia di Cuneo, si può cautelativamente ipotizzare una crescita massima della domanda di trasporto dello 0,5% annuo (incremento complessivo della mobilità di leggeri e pesanti equivalenti del 3,04% al 2025 e del 13,85% al 2045);
- **Assegnazione dei flussi alla rete di trasporto stradale dello stato di fatto e di progetto;**
- **Stima degli indicatori di rete e verifiche funzionali.**

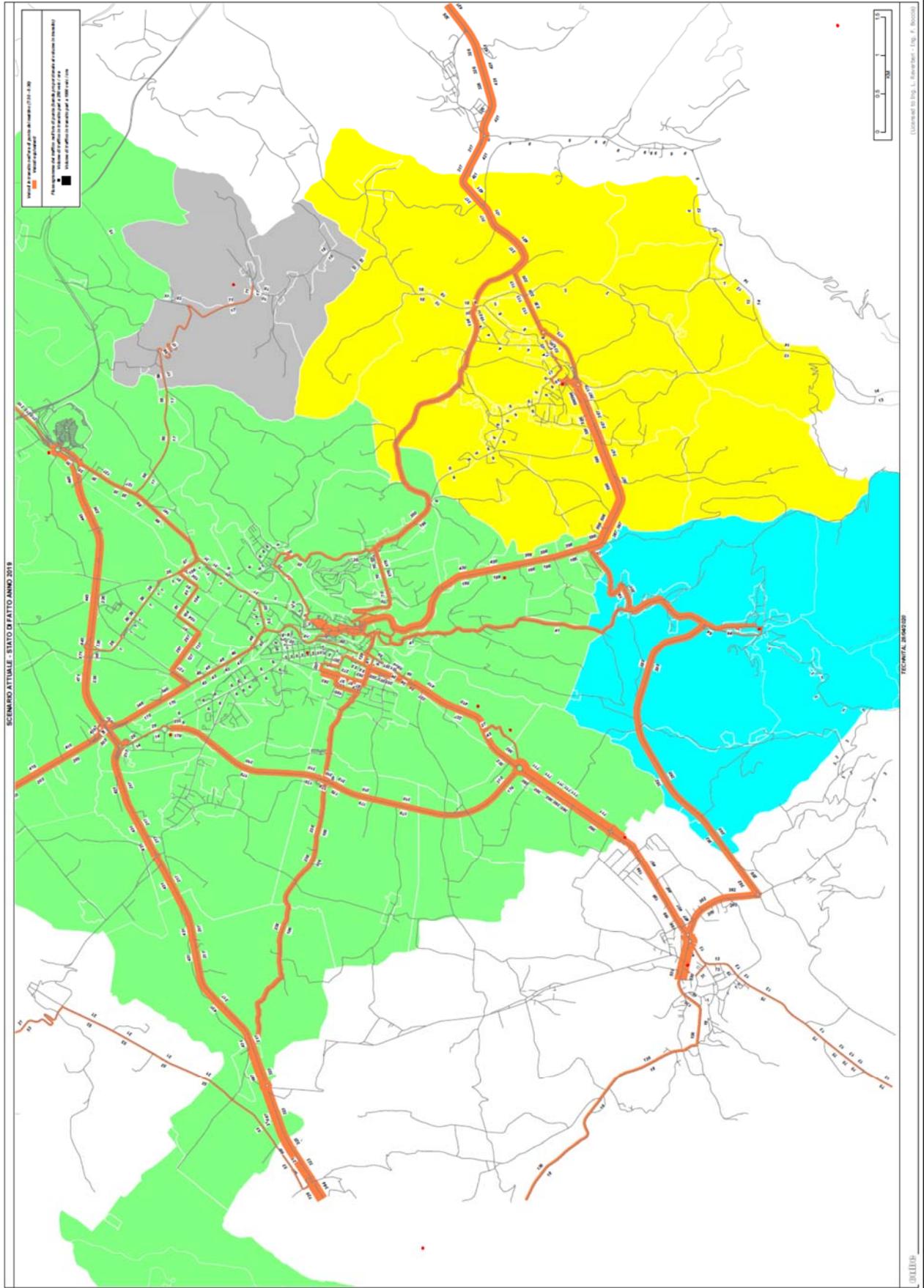
Nelle successive pagine si riportano i flussogrammi con il carico veicolare simulato nello stato di fatto (2019) e di progetto all'entrata in esercizio (2025, +3,05% del numero di spostamenti) e su un orizzonte temporale di ulteriori 20 anni (2045, con una crescita dell'13,85% della domanda di mobilità veicolare).

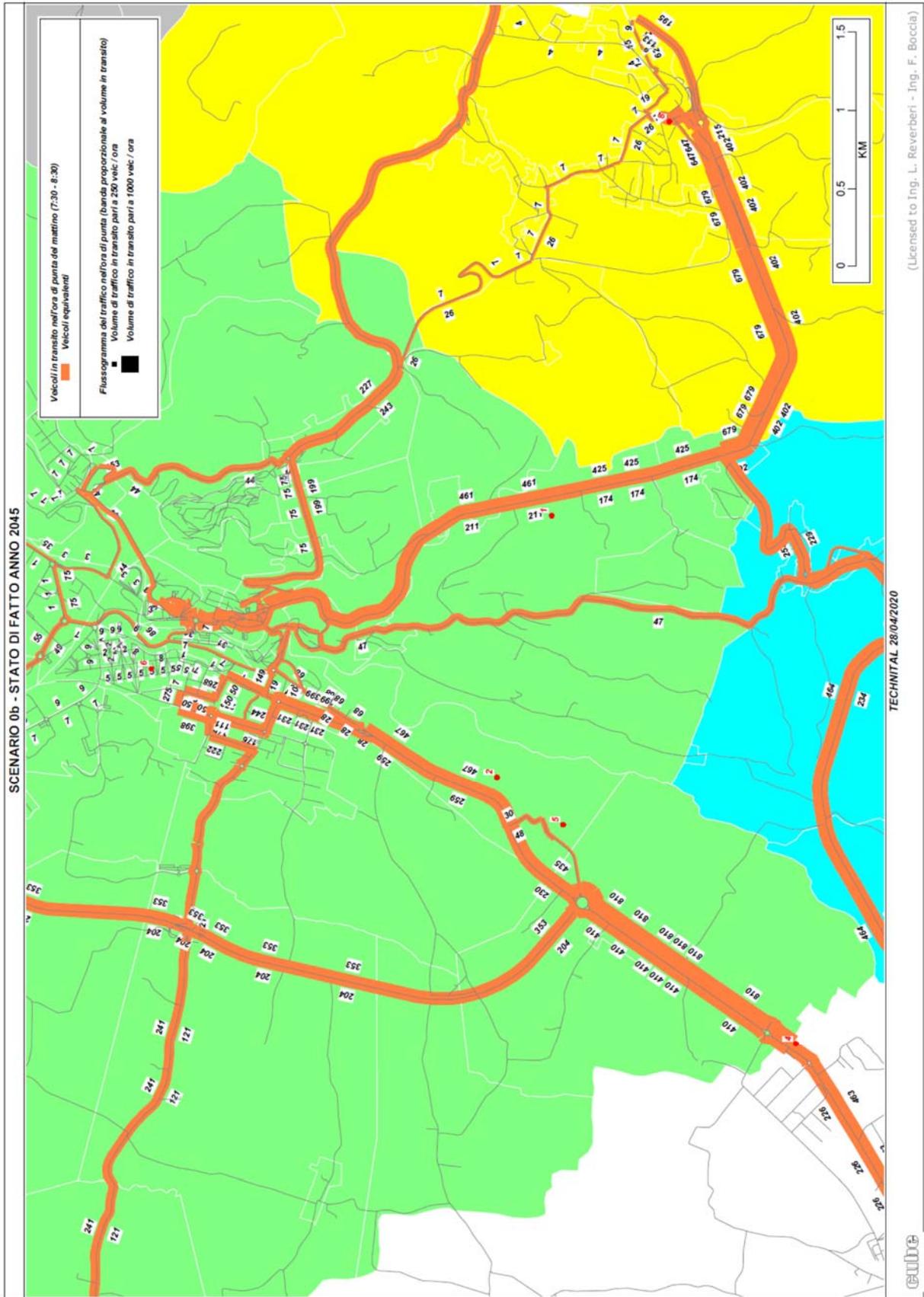
Sono anche riportati gli scenari di riferimento dello stato attuale proiettato al 2025 (Scenario 0a) e al 2045 (Scenario 0b) che tengono conto della nuova domanda di traffico senza infrastrutture.

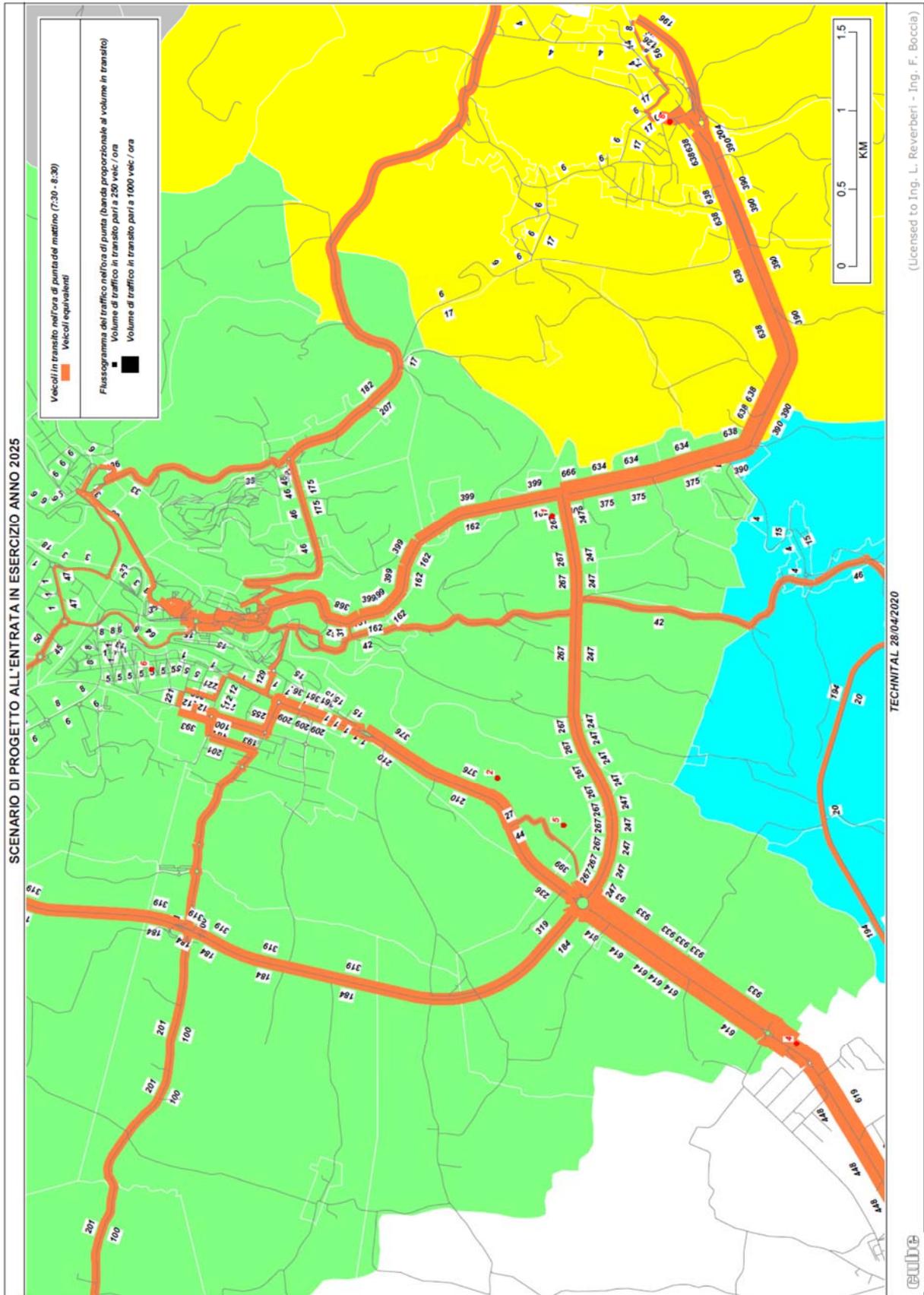
Per quanto attiene lo scenario di progetto, è stato implementato nel modello di traffico il nuovo tronco di tangenziale a monte di Mondovì che è stato considerato con una sezione a semplice carreggiata di categoria C1 e il ponte di Rione Borgato realizzato con una sezione stradale di tipo C2. Sono infine riportate le tavole con le differenze di flusso degli scenari di progetto rispetto allo scenari senza infrastrutture nel medesimo anno di riferimento.



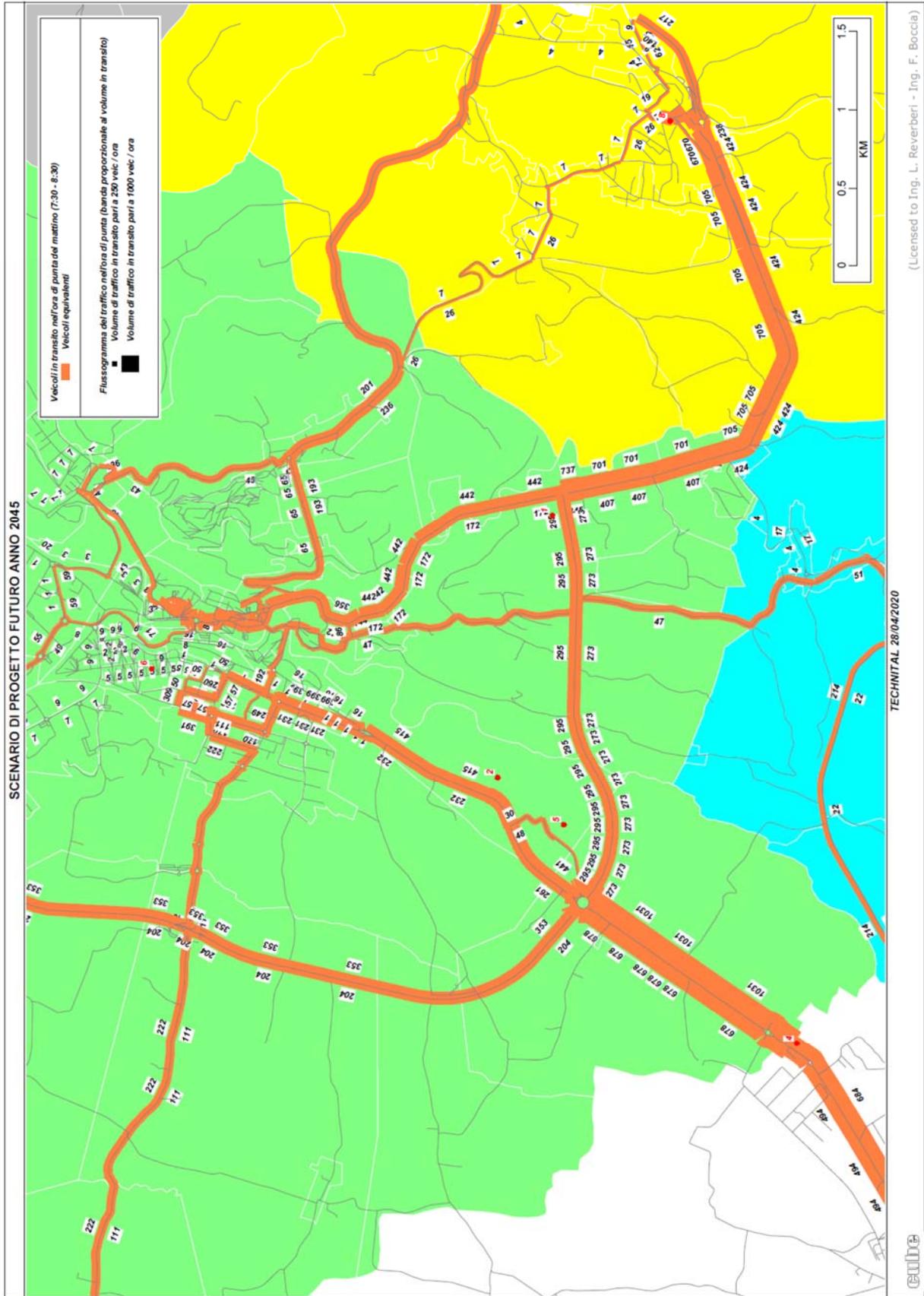




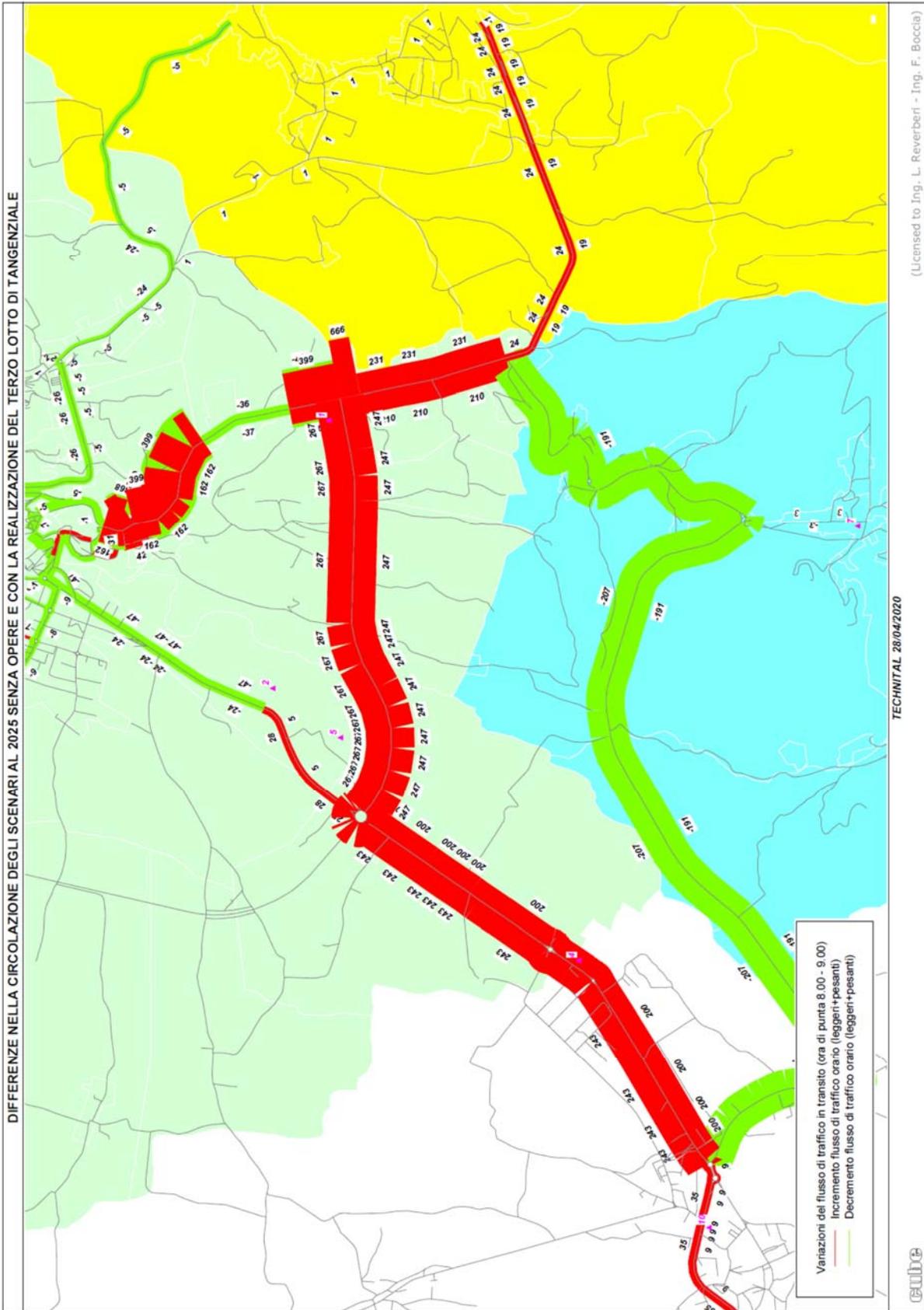


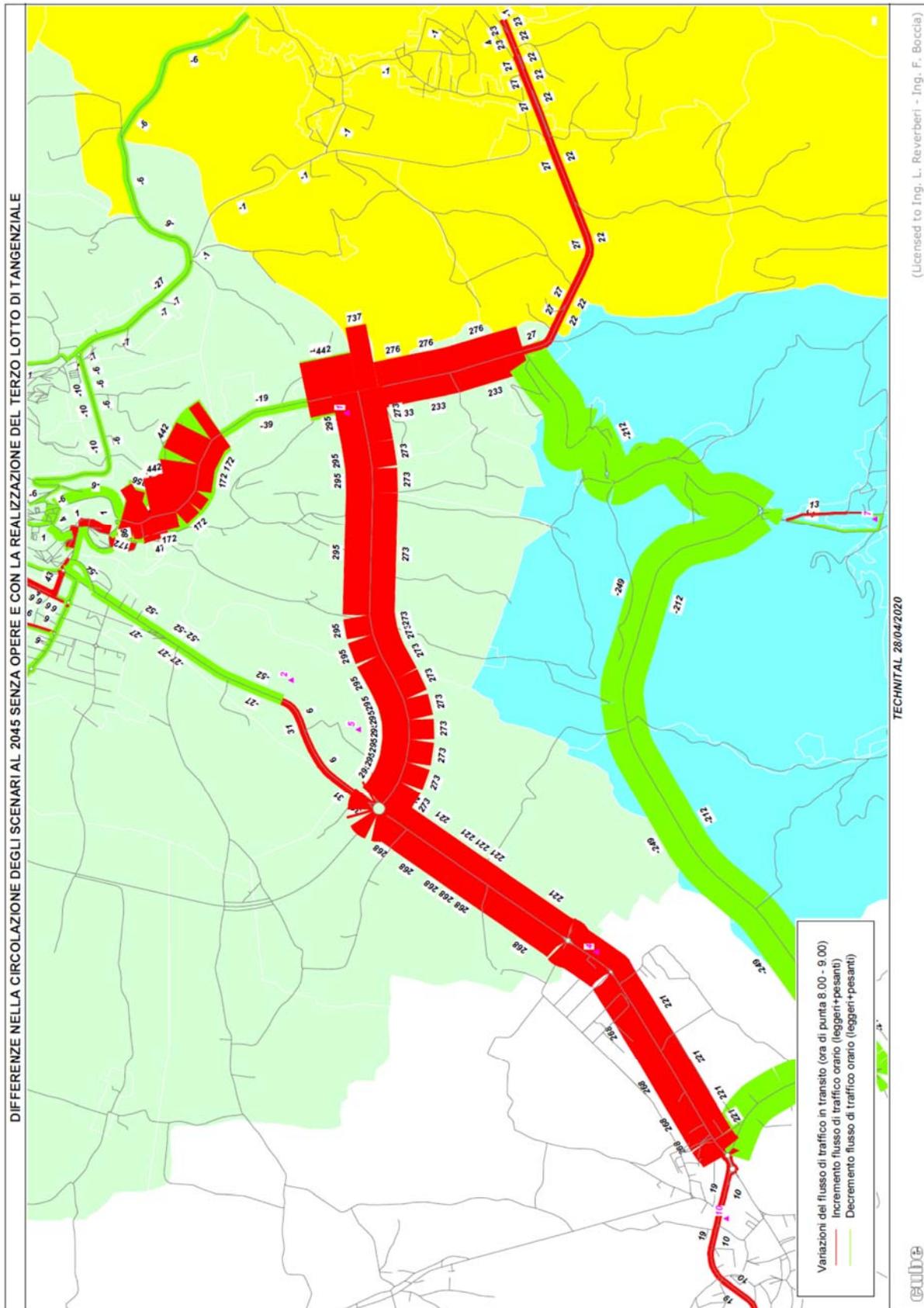


(Licensed to Ing. L. Reverberi - Ing. F. Boccia)



(Licensed to Ing. L. Reverberi - Ing. F. Boccia)





Il TGM è ottenuto per proiezione dai flussi riferiti allora di punta del mattino ricavati dal modello. Nello stato attuale si è utilizzato $K_{leg}=14.14$ e $K_{pes}=11.90$ mentre negli scenari futuri si è ipotizzato un leggero aumento del traffico nelle ore di morbida per un incremento indotto nelle attività produttive logistiche $K_{leg}=14.50$ e $K_{pes}=13.50$.

A	B	SEZ	DIREZ	LEGGERI	PESANTI	VEQ_H	LEGG_24	PES_24	VEQ_24
225661	10636	1	A	420	8	441	4286	94	4521
10636	225661	1	B	190	10	216	4318	116	4608
27853	1096	2	A	214	6	229	4701	90	4926
1096	27853	2	B	388	12	419	4510	99	4758
18286	18284	3	A	147	19	193	2587	254	3222
18284	18286	3	B	267	20	317	2650	184	3110
16398	3102	4	A	660	24	721	6881	276	7571
3102	16398	4	B	322	17	365	6924	280	7624

	LEGGERI	PESANTI	LEGG_24	PES_24	Kleg	Kpes
totale	2607	117	36857	1393	14.14	11.90
% peak H					7.07%	8.41%

Tabella 5: Calcolo coefficiente di riconduzione TGM dall'ora di punta (flusso rilevato giorno infrasettimanale tipo)

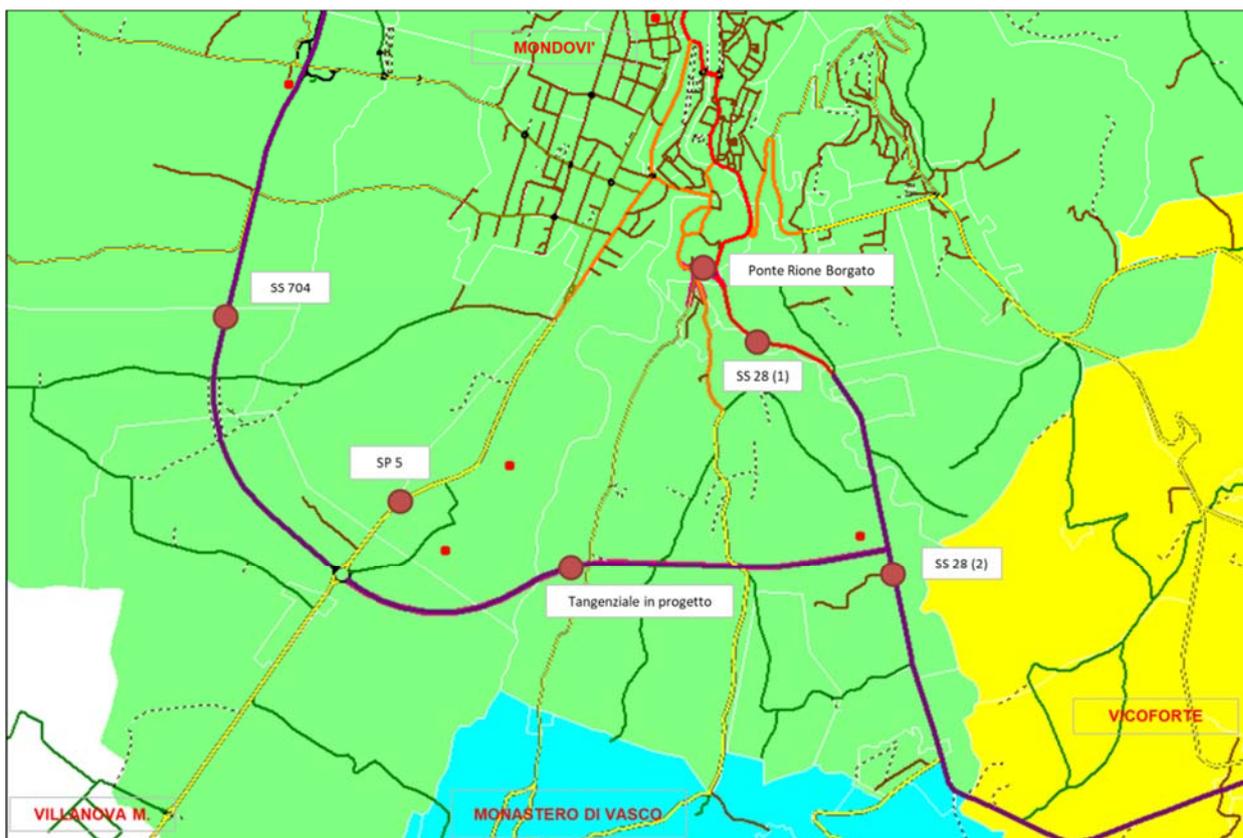


Figura 6: Postazioni rappresentative della variazione del TGM feriale

A seguire le tabelle di sintesi delle simulazioni riferite al Traffico Giornaliero Medio feriale in sei tronchi della rete stradale di progetto: due lungo la SS 28, prima e dopo il raccordo in progetto; uno sul tronco SS 704

di tangenziale preesistente (secondo lotto); uno sulla SP 5; uno sulla Tangenziale in progetto e uno sul nuovo Ponte di Rione Borgato.

Nome	TGM*		
	Leggeri	Pesanti	Totale
SS 28 (1)	8397	208	8605
SS 28 (2)	8397	208	8605
SS 704	5941	405	6347
SP 5	7867	164	8031
Tangenziale in progetto	-	-	-
Ponte Rione Borgato	-	-	-

Tabella 6: stima valori medi giornalieri sulla rete afferente - stato di fatto (2019)

* Il TGM di mezzi pesanti è stato considerato al minimo pari all'1% di quello dei veicoli leggeri in transito

Nome	TGM*		
	Leggeri	Pesanti	Totale
SS 28 (1)	8676	243	8919
SS 28 (2)	8676	243	8919
SS 704	6280	474	6754
SP 5	8315	191	8507
Tangenziale in progetto	-	-	-
Ponte Rione Borgato	-	-	-

Tabella 7: stima valori medi giornalieri sulla rete afferente - stato di fatto (2025)

* Il TGM di mezzi pesanti è stato considerato al minimo pari all'1% di quello dei veicoli leggeri in transito

Nome	TGM*		
	Leggeri	Pesanti	Totale
SS 28 (1)	9168	269	9437
SS 28 (2)	9168	269	9437
SS 704	6938	524	7462
SP 5	9188	212	9399
Tangenziale in progetto	-	-	-
Ponte Rione Borgato	-	-	-

Tabella 8: stima valori medi giornalieri sulla rete afferente - stato di fatto (2045)

* Il TGM di mezzi pesanti è stato considerato al minimo pari all'1% di quello dei veicoli leggeri in transito

Nome	TGM*		
	Leggeri	Pesanti	Totale
SS 28 (1)	8071	81	8151
SS 28 (2)	15069	243	15312
SS 704	6280	474	6754
SP 5	8408	373	8781
Tangenziale in progetto	6999	209	7208
Ponte Rione Borgato	449	4	453

Tabella 9: stima valori medi giornalieri sulla rete afferente - stato di progetto all'entrata in esercizio (2025)

* Il TGM di mezzi pesanti è stato considerato al minimo pari all'1% di quello dei veicoli leggeri in transito

Nome	TGM*		
	Leggeri	Pesanti	Totale
SS 28 (1)	8825	88	8913
SS 28 (2)	16557	269	16826
SS 704	6938	524	7462
SP 5	9290	412	9702
Tangenziale in progetto	7733	231	7964
Ponte Rione Borgato	1241	12	1253

Tabella 10: stima valori medi giornalieri sulla rete afferente - stato di progetto su un orizzonte temporale di 20 anni (2045)

* Il TGM di mezzi pesanti è stato considerato al minimo pari all'1% di quello dei veicoli leggeri in transito

		SS 28 (1)	SS 28 (2)	SS 704	SP 5
TGM SDF 2019*	<i>Leggeri</i>	8397	8397	5941	7867
	<i>Pesanti</i>	208	208	405	164
	<i>Totale</i>	8605	8605	6347	8031
TGM SDF 2025*	<i>Leggeri</i>	8676	8676	6280	8315
	<i>Pesanti</i>	243	243	474	191
	<i>Totale</i>	8919	8919	6754	8507
TGM SDF 2045*	<i>Leggeri</i>	9168	9168	6938	9188
	<i>Pesanti</i>	269	269	524	212
	<i>Totale</i>	9437	9437	7462	9399
Variazione % del traffico giornaliero 2025 - 2019	<i>Leggeri</i>	3.3%	3.3%	5.7%	5.7%
	<i>Pesanti</i>	16.9%	16.9%	16.9%	16.9%
	<i>Totale</i>	3.6%	3.6%	6.4%	5.9%
Variazione % del traffico giornaliero 2045 - 2019	<i>Leggeri</i>	9.2%	9.2%	16.8%	16.8%
	<i>Pesanti</i>	29.2%	29.2%	29.2%	29.2%
	<i>Totale</i>	9.7%	9.7%	17.6%	17.0%

Tabella 11: confronto del TGM sulla rete afferente nello stato di fatto anni 2019, 2015 e 2045

* Il TGM di mezzi pesanti è stato considerato al minimo pari all'1% di quello dei veicoli leggeri in transito

		SS 28 (1)	SS 28 (2)	SS 704	SP 5	Tangenziale in progetto	Ponte Rione Borgato
TGM SDF 2025*	<i>Leggeri</i>	8676	8676	6280	8315	-	-
	<i>Pesanti</i>	243	243	474	191	-	-
	<i>Totale</i>	8919	8919	6754	8507	-	-
TGM SDP 2025*	<i>Leggeri</i>	8071	15069	6280	8408	6999	449
	<i>Pesanti</i>	81	243	474	373	209	4
	<i>Totale</i>	8151	15312	6754	8781	7208	453
Variazione % del traffico giornaliero con 3° lotto realizzato	<i>Leggeri</i>	-7.0%	73.7%	0.0%	1.1%	-	-
	<i>Pesanti</i>	-66.8%	0.0%	0.0%	94.6%	-	-
	<i>Totale</i>	-8.6%	71.7%	0.0%	3.2%	-	-
TGM SDF 2045*	<i>Leggeri</i>	9168	9168	6938	9188	-	-
	<i>Pesanti</i>	269	269	524	212	-	-
	<i>Totale</i>	9437	9437	7462	9399	-	-
TGM SDP 2045*	<i>Leggeri</i>	8825	16557	6938	9290	7733	1241
	<i>Pesanti</i>	88	269	524	412	231	12
	<i>Totale</i>	8913	16826	7462	9702	7964	1253
Variazione % del traffico giornaliero con 3° lotto realizzato	<i>Leggeri</i>	-3.7%	80.6%	0.0%	1.1%	-	-
	<i>Pesanti</i>	-67.1%	0.0%	0.0%	94.6%	-	-
	<i>Totale</i>	-5.6%	78.3%	0.0%	3.2%	-	-

Tabella 12: confronto del TGM sulla rete afferente tra stato di fatto e stato di progetto negli scenari al 2025 e al 2045

* Il TGM di mezzi pesanti è stato considerato al minimo pari all'1% di quello dei veicoli leggeri in transito

Dal confronto dei TGM delle due tabelle precedenti, fatto per ciascun punto di controllo nei vari scenari temporali, emerge che la chiusura del sistema tangenziale comporta nello scenario "**Stato di progetto al 2025 e 2045**", una **riduzione** del traffico nei tratti della **SS28 e SP5 "interni"** alla tangenziale (tratti di accesso e attraversamento di Mondovì), rispetto agli "**Scenari Stato di fatto al 2025 e 2045**" (senza la realizzazione dell'opera) che vedrebbero un significativo aumento di traffico al 2045 rispettivamente del 9,7% e 17%. Per contro si assiste ad un **aumento** dei volumi di traffico futuri sui tratti di **SS28 e SP5 "esterni"** alla tangenziale, che assieme alla nuova opera comportano una sorta di variante all'itinerario di monte della SP 37 (cfr Tav. pag 25).

I benefici in termini ambientali trovano quindi immediato riscontro nell'**allontanamento della produzione di inquinanti dalle zone più antropizzate**.

4 VERIFICA DEI LIVELLI DI FUNZIONALITÀ DEL PROGETTO

4.1 VERIFICA DEL LIVELLO DI SERVIZIO DEGLI ASSI DI PROGETTO

Le verifiche funzionali sono state eseguite applicando la metodologia HCM "two way highway" (Highway Capacity Manual), con l'ausilio del software HCS che ne implementa le procedure. La metodologia assume che i parametri caratterizzanti del livello di servizio (*Figura 7*) siano: la percentuale del tempo speso in coda (PTSF – percent time spent follow) e la velocità media di viaggio (ATS Average travel speed km/h).

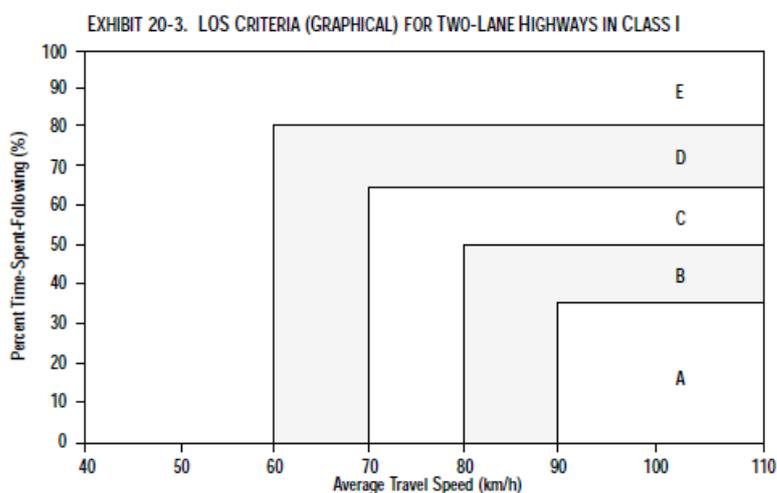


Figura 7: Grafico per la determinazione dei livelli di servizio (fonte HCM)

Le verifiche funzionali sono state eseguite con riferimento ai volumi di traffico nell'ora di punta nello scenario di entrata in esercizio (2025) e a regime (2045), riportati in *Tabella 13*. I risultati delle analisi confermano valori di PTSF e ATS corrispondenti a livelli di servizio pari a "C", come riportato nella *Figura 8* e *Figura 9*, tali quindi da soddisfare i requisiti previsti dalla normativa¹.

Nome	Flusso ora di punta		
	Leggeri	Pesanti	Totale
ENTRATA IN ESERCIZIO			
Tangenziale in progetto	483	16	498
A 20 ANNI			
Tangenziale in progetto	533	17	550

Tabella 13: volumi di traffico sull'infrastruttura di progetto all'entrata in esercizio (2025) e a venti anni (2045)

¹ D.M 5 nov.2001 Norme funzionali e geometriche per la progettazione delle strade

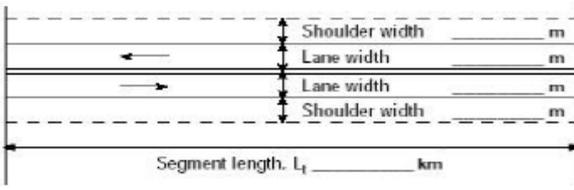
TWO-WAY TWO-LANE HIGHWAY SEGMENT WORKSHEET	
General Information	
Analyst	ing. Guido Rossi
Agency or Company	Technital
Date Performed	27/04/2020
Analysis Time Period	entrata in esercizio
Site Information	
Highway	tang. Mondovì 3° Lotto
From/To	SP5/SP28
Jurisdiction	ANAS
Analysis Year	2025
Project Description: entrata in esercizio (2025)	
Input Data	
	<input checked="" type="checkbox"/> Class I highway <input type="checkbox"/> Class II highway Terrain <input checked="" type="checkbox"/> Level <input type="checkbox"/> Rolling Two-way hourly volume 498 veh/h Directional split 55 / 45 Peak-hour factor, PHF 0.92 No-passing zone 70 % Trucks and Buses, P _T 3 % % Recreational vehicles, P _R 0% Access points/ km 0
Average Travel Speed	
Grade adjustment factor, f _G (Exhibit 20-7)	1.00
Passenger-car equivalents for trucks, E _T (Exhibit 20-9)	1.7
Passenger-car equivalents for RVs, E _R (Exhibit 20-9)	1.0
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV} = 1 / (1 + P _T (E _T -1) + P _R (E _R -1))	0.979
Two-way flow rate ¹ , v _p (pc/h) = V / (PHF * f _G * f _{HV})	553
v _p * highest directional split proportion ² (pc/h)	304
Free-Flow Speed from Field Measurement	Estimated Free-Flow Speed
Field Measured speed, S _{FM} km/h	Base free-flow speed, BFFS _{FM} 100.0 km/h
Observed volume, V _f veh/h	Adj. for lane width and shoulder width ³ , f _{LS} (Exhibit 20-5) 2.1 km/h
Free-flow speed, FFS FFS = S _{FM} + 0.00776(V _f / f _{HV}) km/h	Adj. for access points, f _A (Exhibit 20-8) 0.0 km/h
	Free-flow speed, FFS (FSS = BFFS - f _{LS} - f _A) 97.9 km/h
Adj. for no-passing zones, f _{np} (km/h) (Exhibit 20-11)	5.4
Average travel speed, ATS (km/h) ATS = FFS - 0.00776 v _p - f _{np}	85.6
Percent Time-Spent-Following	
Grade Adjustment factor, f _G (Exhibit 20-8)	1.00
Passenger-car equivalents for trucks, E _T (Exhibit 20-10)	1.1
Passenger-car equivalents for RVs, E _R (Exhibit 20-10)	1.0
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV} = 1 / (1 + P _T (E _T -1) + P _R (E _R -1))	0.997
Two-way flow rate ¹ , v _p (pc/h) = V / (PHF * f _G * f _{HV})	543
v _p * highest directional split proportion ² (pc/h)	299
Base percent time-spent-following, BPTSF(%) = 100(1 - e ^{-0.000879v_p})	38.0
Adj. for directional distribution and no-passing zone, f _{d/np} (%) (Exh. 20-12)	20.1
Percent time-spent-following, PTSF(%) = BPTSF + f _{d/np}	58.1
Level of Service and Other Performance Measures	
Level of service, LOS (Exhibit 20-3 for Class I or 20-4 for Class II)	C
Volume to capacity ratio, v/c = V _f / 3,200	0.17
Peak 15-min veh-miles of travel, VMT ₁₅ (veh-km) = 0.25L _t (V/PHF)	352
Peak-hour vehicle-miles of travel, VMT ₆₀ (veh-km) = V * L _t	1295
Peak 15-min total travel time, TT ₁₅ (veh-h) = VMT ₁₅ /ATS	4.1
Notes	
1. If V _p >= 3,200 pc/h, terminate analysis-the LOS is F.	
2. If highest directional split V _p >= 1,700 pc/h, terminated anlysis-the LOS is F.	

Figura 8: Livello di Servizio sull'asse di progetto (entrata in esercizio - 2025)

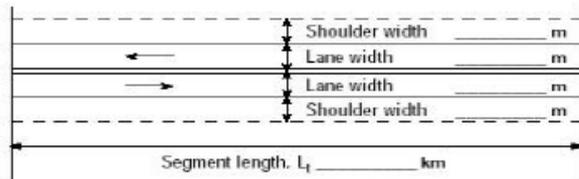
TWO-WAY TWO-LANE HIGHWAY SEGMENT WORKSHEET	
General Information	
Analyst	ing. Guido Rossi
Agency or Company	Technital
Date Performed	27/04/2020
Analysis Time Period	ora di punta
Project Description: progetto scenario a 20 anni (2045)	
Site Information	
Highway	tang. Mondovì 3° Lotto
From/To	SP5/SP28
Jurisdiction	ANAS
Analysis Year	2045
Input Data	
	<input checked="" type="checkbox"/> Class I highway <input type="checkbox"/> Class II highway Terrain <input checked="" type="checkbox"/> Level <input type="checkbox"/> Rolling Two-way hourly volume 550 veh/h Directional split 55 / 45 Peak-hour factor, PHF 0.92 No-passing zone 70 % Trucks and Buses, P _T 3 % % Recreational vehicles, P _R 0 % Access points/ km 0
Average Travel Speed	
Grade adjustment factor, f _G (Exhibit 20-7)	1.00
Passenger-car equivalents for trucks, E _T (Exhibit 20-9)	1.2
Passenger-car equivalents for RVs, E _R (Exhibit 20-9)	1.0
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV} = 1 / (1 + P _T (E _T -1) + P _R (E _R -1))	0.994
Two-way flow rate ¹ , v _p (pc/h) = V / (PHF * f _G * f _{HV})	601
v _p * highest directional split proportion ² (pc/h)	331
Free-Flow Speed from Field Measurement	Estimated Free-Flow Speed
Field Measured speed, S _{FM} km/h	Base free-flow speed, BFFS _{FM} 100.0 km/h
Observed volume, V _f veh/h	Adj. for lane width and shoulder width ³ , f _{LS} (Exhibit 20-5) 2.1 km/h
Free-flow speed, FFS = S _{FM} + 0.00778(V _f /f _{HV}) km/h	Adj. for access points, f _A (Exhibit 20-8) 0.0 km/h
	Free-flow speed, FFS (FSS=BFFS-f _{LS} -f _A) 97.9 km/h
Adj. for no-passing zones, f _{np} (km/h) (Exhibit 20-11)	5.2
Average travel speed, ATS (km/h) ATS=FFS-0.00778v _p -f _{np}	85.2
Percent Time-Spent-Following	
Grade Adjustment factor, f _G (Exhibit 20-8)	1.00
Passenger-car equivalents for trucks, E _T (Exhibit 20-10)	1.1
Passenger-car equivalents for RVs, E _R (Exhibit 20-10)	1.0
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV} = 1 / (1 + P _T (E _T -1) + P _R (E _R -1))	0.997
Two-way flow rate ¹ , v _p (pc/h) = V / (PHF * f _G * f _{HV})	600
v _p * highest directional split proportion ² (pc/h)	330
Base percent time-spent-following, BPTSF(%) = 100(1 - e ^{-0.000879v_p})	41.0
Adj. for directional distribution and no-passing zone, f _{d/np} (%) (Exh. 20-12)	19.3
Percent time-spent-following, PTSF(%) = BPTSF + f _{d/np}	60.3
Level of Service and Other Performance Measures	
Level of service, LOS (Exhibit 20-3 for Class I or 20-4 for Class II)	C
Volume to capacity ratio, v/c = V _p / 3,200	0.19
Peak 15-min veh-miles of travel, VMT ₁₅ (veh- km) = 0.25L _t (V/PHF)	389
Peak-hour vehicle-miles of travel, VMT ₆₀ (veh- km) = V * L _t	1430
Peak 15-min total travel time, TT ₁₅ (veh-h) = VMT ₁₅ /ATS	4.6
Notes	
1. If V _p >= 3,200 pc/h, terminate analysis-the LOS is F.	
2. If highest directional split V _p >= 1,700 pc/h, terminated analysis-the LOS is F.	

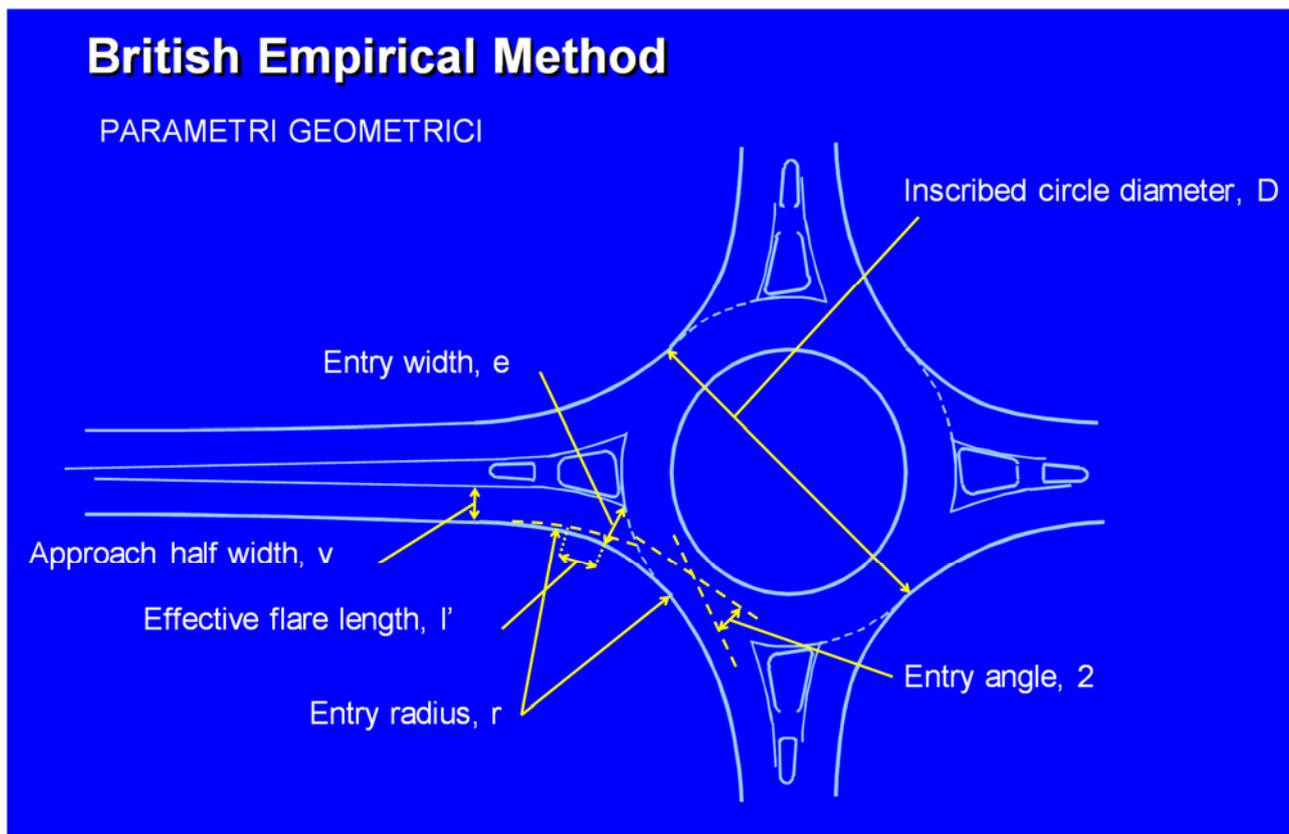
Figura 9: Livello di Servizio sull'asse di progetto (a venti anni - 2045)

4.2 VERIFICA DEL LIVELLO DI FUNZIONALITÀ DEGLI SVINCOLI DI PROGETTO

Una ulteriore verifica della funzionalità dell'intervento è stata rivolta alla verifica della capacità di smaltimento dei nodi di svincolo previsti agli estremi della nuova tangenziale in progetto in corrispondenza delle intersezioni con la SP5 e con la SS28.

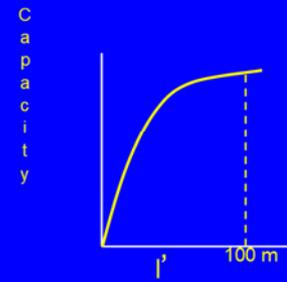
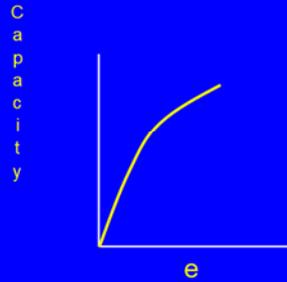
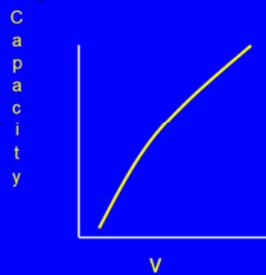
Analogamente a quanto sviluppato per il modello di macro-simulazione, sono state considerate come le condizioni più gravose per la circolazione quelle che si riscontrano nell'ora di punta del mattino tra le 7:30 e le 8:30 del giorno infrasettimanale scolastico. Le verifiche prestazionali delle due rotatorie di svincolo in progetto sono quindi state sviluppate proprio per questa fascia oraria.

Le verifiche di capacità delle rotatorie sono state effettuate secondo il metodo inglese di *Kimber (British Empirical Method)*. Le due rappresentazioni seguenti riassumono i parametri geometrici che vengono utilizzati per simulare il funzionamento dell'intersezione stradale e la sensitività degli stessi nei confronti della capacità di smaltimento dei flussi di traffico che si immettono in rotatoria.

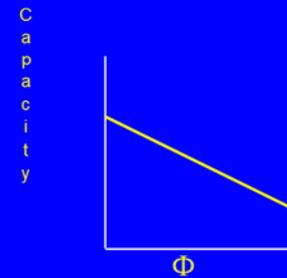
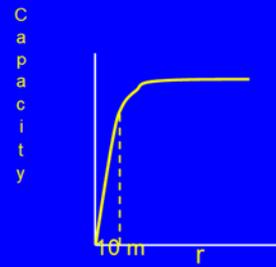
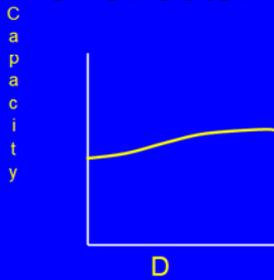


British Method: Geometric Sensitivity

Major effects: v , e , l'



Minor effects: D , r , Φ



Source: Barry Crown

I flussi in transito nell'ora di punta della mattina del giorno ordinario sono stati dedotti dagli output del modello di simulazione Cube per lo scenario di lungo periodo, da cui sono state ricavate tutte le manovre in circolazione sui due nodi.

Nelle valutazioni, ragionando in termini di auto equivalenti, si sono utilizzate le percentuali di mezzi pesanti in circolazione assegnate dal modello nei vari rami ed è stato utilizzato un coefficiente di omogeneizzazione pari a 2).

Le procedure della "Teoria e Tecnica della circolazione stradale" sviluppate dall'Highway capacity manual (H.C.M. versione 6 – 2016 e precedenti) relative al flusso ininterrotto contraddistinguono il Livello di servizio delle intersezioni stradali (Level of Service LOS) in 6 classi, individuate da una lettera dell'alfabeto (da "A" a "F") in funzione di uno specifico intervallo del tempo di ritardo (H.C.M. tab. 22-8).

Level of Service	Control delay per vehicle in seconds (d)			Degree of saturation (v/c ratio) (x)
	Signals	Roundabouts	Stop and Give-Way / Yield Signs	
A	$d \leq 10$	$d \leq 10$	$d \leq 10$	$0 < x \leq 0.85$
B	$10 < d \leq 20$	$10 < d \leq 20$	$10 < d \leq 15$	$0 < x \leq 0.85$
C	$20 < d \leq 35$	$20 < d \leq 35$	$15 < d \leq 25$	$0 < x \leq 0.85$
D	$35 < d \leq 55$	$30 < d \leq 50$	$25 < d \leq 35$	$0 < x \leq 0.85$
E	$55 < d \leq 80$	$50 < d \leq 70$	$35 < d \leq 50$	$0 < x \leq 0.95$
F	$80 < d$	$70 < d$	$50 < d$	$1.00 < x$

Tabella 14: livelli di servizio per le intersezioni

Di seguito, sono riportati gli output delle valutazioni relative alle performance trasportistiche dei due svincoli rotatori nelle ore di punta del mattino del giorno ordinario che tengono conto dei parametri geometrici del progetto analizzato.

Le condizioni più gravose si stimano nella rotatoria già esistente tra la SS 704 la SP 5 ed il nuovo asse tangenziale in progetto: nella direttrice di immissione dalla SP5 in direzione nord verso il centro di Mondovì il tempo medio di attesa di ogni veicolo per effettuare la manovra è di circa 17 secondi (corrispondente ad un LoS B) e l'accodamento massimo è di 54 metri. Tutte le altre immissioni della rotatoria comportano perditempo inferiori ai 10 secondi e ricadono pertanto nel LoS A.

Nel secondo nodo di svincolo tra la Tangenziale in progetto e la SS28 la manovra più penalizzata è ancora una volta nella direzione del centro di Mondovì, provenendo dalla SS28 da Sud. In questa manovra il ritardo medio è di poco più di 11 sec/veic e l'accodamento massimo è di circa 30 m (anche in questo caso con LoS B). Tutte le altre manovre anche in questo caso conservano LoS A.

VERIFICA ROTATORIA SS 28 - NUOVO ASSE TANGENZIALE - ORA DI PUNTA DEL MATTINO (fascia oraria 7:30 - 8:30)

DATI INPUT		Lunghezza media veicolo l (m)		Lunghezza media veicolo l (m)		Lunghezza media veicolo l (m)	
DIAMETRO ESTERNO Di (m)		46		4,30		4,30	
App. 1/2 width	Entry width	Entry radius	Flare length (effective)	Entry angle	Proportion of heavy vehicles in the entry stream	Heavy vehicle equivalent (pcu/veh)	1 = At-grade, 2 = Grade-separated
Wa(m)	We(m)	re(m)	Lf(m)	Φ (°)	%HV	eHV	1 or 2?
RAMO 1	3,64	3,50	25,95	29	1,0%	1	RAMO 1: SS28 Nord
RAMO 2	3,50	3,50	27,82	21	1,5%	2	RAMO 2: SS28 Sud
RAMO 3	3,75	3,50	27,81	26	2,9%	2	RAMO 3: Nuovo asse tangenziale
RAMO 4							RAMO 4: Non presente

Manovre di svolta (Y/N)?		Y	
Turning movement volumes		Analysis time period (h)	
RT	TH	LT	U
RAMO 1	0	201	0
RAMO 2	0	433	0
RAMO 3	246	0	0
RAMO 4	0	0	0

Circ. flow rate (pcu/h)		Total entry demand flow rate (pcu/h)	
Qc	Qe	Qc	Qe
757,37	201,02	757,37	201,02
0	757,37	0	757,37
525,56	246,11	525,56	246,11
	0		0

Circ. flow rate (pcu/h)		Analysis time period (h)	
Qc	Qe	T	T
0	0	1	1
0	0	1	1
0	0	1	1
0	0	1	1

Completa i dati di sotto se risposta = N

VALORI OUTPUT		Sharpness of flare		Control delay (sec/veh)		95° percentile lunghezza coda (m)	
a	S	c	b	D	d	D'	Q95
RAMO 1	0,987	-0,009	1,401	3,498	3,441	0,49	7,63
RAMO 2	1,015	0,000	1,401	3,500	3,345	1,00	11,17
RAMO 3	0,998	-0,014	1,401	3,493	3,410	1,00	4,45
RAMO 4							

Elaborazioni Studio Reverberi

VERIFICA ROTATORIA SS 704 - SP 5 - ORA DI PUNTA DEL MATTINO (fascia oraria 7:30 - 8:30)

DATI INPUT		Lunghezza media veicolo l (m)		4,30				
DIAMETRO ESTERNO Di (m)		85						
App. 1/2 width	Entry width	Entry radius	Flare length (effective)	Entry angle	Proportion of heavy vehicles in the entry stream	Heavy vehicle equivalent (pcu/veh)	1 = At-grade, 2 = Grade-separated	Note ramo
Wa(m)	We(m)	re(m)	Lf(m)	Φ (°)	%HV	eHV	1 or 2?	
RAMO 1	3,60	4,00	32,37	24	3,0%	2	1	RAMO 1: SP5 Nord
RAMO 2	3,75	4,00	30,32	24	3,0%	2	1	RAMO 2: Nuovo asse tangenziale
RAMO 3	3,55	4,00	30,93	37	3,0%	2	1	RAMO 3: SP5 Sud
RAMO 4	3,75	4,00	30,29	31	6,5%	2	1	RAMO 4: SS704

Manovre di svolta (Y/N)?		Y			
Turning movement volumes		Completa i dati di sotto se risposta = Y			
RT	TH	LT	U		
Circ. flow rate (pcu/h)	Analysis time period (h)	Circ. flow rate (pcu/h)	Total entry demand flow rate (pcu/h)		
Qc	T	Qc	Qe		
RAMO 1	6	196	10	608,96	212,16
RAMO 2	15	3	306	745,52	324,54
RAMO 3	235	426	300	31,06	960,57
RAMO 4	148	2	20	512,19	168,9

Completa i dati di sotto se risposta = N	
Circ. flow rate (pcu/h)	Analysis time period (h)
Qc	T
RAMO 1	0
RAMO 2	0
RAMO 3	0
RAMO 4	0

VALORI OUTPUT		Sharpness of flare		
a	S	c	T	
Follow-up headway at qc = 0	Intercept (pcu/h)	Slope	Capacity (pcu/h)	
β	F	f	Qe(pcu)	
RAMO 1	1,060	0,020	1,038	3,985
RAMO 2	1,021	0,013	1,038	3,994
RAMO 3	0,976	0,023	1,038	3,980
RAMO 4	0,997	0,013	1,038	3,994

VALORI OUTPUT		Heavy vehicle factor (veh/pcu)		Adjusted capacity (veh/h)		Degree of saturation		Control delay (sec/veh)		95° percentile lunghezza coda (m)	
Heavy vehicle factor (veh/pcu)	Capacity (pcu/h)	Adjusted capacity (veh/h)	Degree of saturation	Control delay (sec/veh)	95° percentile lunghezza coda (m)	D	D'	D	D'	D	D'
fHV	Qe(pcu)	Qe(HV)	n	d	Q95	x	d	x	d	Q95	Q95
1,00	1026,95	1026,95	0,207	0,63	3,35	0,63	4,42	0,63	4,42	0,63	3,35
1,00	936,87	936,87	0,346	0,43	6,80	0,43	5,88	0,43	5,88	0,44	6,80
1,00	1164,78	1164,78	0,825	0,04	54,03	0,04	17,01	0,04	17,01	0,05	54,03
0,99	1005,74	990,88	0,168	0,69	2,60	0,69	4,37	0,69	4,37	0,70	2,60

Elaborazioni Studio Reverberi

5 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI ECONOMICI DELL'INVESTIMENTO

Nel presente paragrafo viene riportata l'analisi degli effetti economici dell'investimento, basata sull'analisi costi-benefici (ACB) che si configura come lo strumento di riferimento nella valutazione di progetti di interesse collettivo e di supporto per il policy maker in un'ottica di ottimizzazione dell'allocazione delle risorse.

Nella valutazione degli effetti economici dell'investimento, l'ACB considera solamente gli aspetti differenziali ed incrementali dello stesso. L'analisi è dunque sviluppata sulla differenza tra benefici e costi incrementali del progetto (ipotesi "con intervento") e benefici e costi incrementali che si potrebbero altrimenti manifestare in assenza di intervento (ipotesi "senza intervento").

Essendo l'analisi costi-benefici uno strumento di valutazione della fattibilità di un investimento dal punto di vista della collettività, occorre considerare unicamente il costo effettivo per lo Stato. I valori utilizzati sono quindi "economici" (costo effettivo per lo Stato al netto delle tasse e dei trasferimenti allo stesso sotto altra forma) e non "finanziari" (spesa sostenuta per la realizzazione e gestione dell'intervento). La trasformazione dei costi da finanziari in economici avviene mediante l'applicazione di opportuni fattori di conversione.

L'analisi attribuisce all'infrastruttura di progetto una vita utile di 30 anni e considera un valore residuo del 65% del costo delle opere al termine della vita utile.

Inquadrate nei termini suddetti la Verifica di Fattibilità Economica dei "Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir - 564 ed al casello A6 "Torino-Savona" - III Lotto (Variante di Mondovì)" è svolta secondo la procedura standard propria dell'Analisi Costi/Benefici, il cui sviluppo operativo è descritto nei capitoli seguenti che analizzano e riportano le singole voci che compongono l'analisi. Il Capitolo finale fornisce i risultati della Costi Benefici in termini di VANE (Valore attualizzato netto economico); TIRE (Tasso interno di rendimento economico) e B/C (rapporto Benefici Costi).

La tabella seguente evidenzia, ai vari orizzonti temporali, la variazione giornaliera degli indicatori trasportistici di rete (tra scenario di progetto e di riferimento) alla base di tutte le analisi di sostenibilità economica.

	veq	vehcost	vehdist	vehtime	aveD/T	time_trip
<i>Stato di fatto al 2019</i>	4.893	20.536	44.185	37.954	69,85	7,76
<i>Stato di fatto al 2025</i>	5.042	21.189	45.532	39.220	69,66	7,78
<i>Stato di fatto al 2045</i>	5.571	23.572	50.332	43.950	68,72	7,89
<i>Stato di progetto all'entrata in esercizio</i>	5.042	20.939	45.102	38.649	70,02	7,67
<i>Stato di progetto a 20 anni (2045)</i>	5.571	23.287	49.856	43.286	69,11	7,77

Tabella 15: indicatori di rete – stato di fatto e scenari di progetto

Essendo:

- Veq: veicoli equivalenti in movimento nell'ora di punta nell'area di studio;
- Vehcost: costo generalizzato (vei x €) nell'ora di punta nell'area di studio;
- Vehdist: veicoli x km percorsi nell'ora di punta nell'area di studio;
- Vehtime: veicoli x h spesi nell'ora di punta nell'area di studio;
- Ave D/T: velocità media nell'ora di punta nell'area di studio (km/h);
- Tempo medio di viaggio (minuti) per ogni spostamento nell'area di studio

5.1 COSTI DI REALIZZAZIONE E COSTI DI GESTIONE

Per lo scenario progettuale, di estesa complessiva pari a circa 2+600 Km, sono stati ipotizzati due anni di ulteriore progettazione e quattro anni di costruzione, con entrata in esercizio dell'asse di progetto al 2025.

I costi di costruzione, derivanti dal quadro economico relativo, sono ripartiti nei quattro anni antecedenti il 2025; i valori totali annui ottenuti sono riportati nel prospetto seguente.

La trasformazione dei costi da finanziari in economici ha utilizzato un fattore medio di conversione pari a 0,74. Il fattore medio è ottenuto considerando le usuali categorie di importo lavori: materiali, manodopera, trasporti e noli, ciascuno con il proprio tasso di conversione da valore finanziario ad economico. Il tasso di conversione medio è ottenuto come media pesata tra i singoli tassi di conversione delle voci di spesa e la percentuale di spesa a queste voci imputata.

Ai fini dell'Analisi da tali costi è stata scomputata, in quanto trasferimento interno alla collettività, l'IVA, facendo riferimento ad un costo di investimento di 156.000.000 € (come da Quadro Economico allegato al progetto) "distribuito" su quattro anni nel periodo 2021 – 2024, come riportato in

Tabella 16.

COSTI DI REALIZZAZIONE

	Finanziario €	Coeff. Trasf.	Economico €
2021	28,919,079	0.74	21,400,118
2022	28,919,079		21,400,118
2023	28,919,079		21,400,118
2024	28,919,079		21,400,118
	115,676,314		85,600,473

Tabella 16: costi finanziari ed economici

I costi di realizzazione prevedono anche il rifacimento del ponte Ronca per un importo complessivo di spesa di circa **5.000.000** di euro. Ai fini della valutazione economica del progetto è stata considerato anche lo scenario privo dell'intervento di rifacimento del ponte (come riportato nel paragrafo 5.5 ANALISI DI FATTIBILITÀ ECONOMICA). Per quanto riguarda i costi di Gestione (esercizio e manutenzione) sono stati utilizzati i valori annui delle spese previste su base parametrica di derivazione ANAS e pari a 20.000,00 €/km all'anno (Strada Extraurbana Secondaria di tipo C1, valore medio con gallerie). Si riportano in *Tabella 17* i costi di manutenzioni negli anni riferiti all'intera estesa chilometrica di progetto, pari a circa 2.6 km; il costo di manutenzione medio annuo è stato assunto pari a circa 52.000 €.

Anno	costi manutenzione (€)
2025	52,000
2026	52,000
2027	52,000
2028	52,000
2029	52,000
2030	52,000
2031	52,000
2032	52,000
2033	52,000
2034	52,000
2035	52,000
2036	52,000
2037	52,000
2038	52,000
2039	52,000
2040	52,000
2041	52,000
2042	52,000
2043	52,000
2044	52,000
2045	52,000
2046	52,000
2047	52,000
2048	52,000
2049	52,000
2050	52,000
2051	52,000
2052	52,000
2053	52,000
2054	52,000

Tabella 17: costi di manutenzione

5.2 BENEFICI TRASPORTISTICI

La modellistica di simulazione applicata al Primo Grafo di Lavoro – situazione “Senza Intervento” ed al Secondo Grafo di Lavoro – situazione “Con Intervento” individua le variazioni dei parametri che definiscono il Costo Generalizzato di Trasporto e cioè:

- Tempo totale di viaggio passeggeri
- Totale di veicoli • km passeggeri (autovetture equivalenti)
- Tempo totale di viaggio merci
- Totale dei veicoli • km merci (autocarri equivalenti).

Per differenza tra situazione “Con Intervento” e situazione “Senza Intervento”, a parità di domanda, si ricava la variazione nell’area di studio degli indicatori, determinata dall’entrata in esercizio dell’intervento.

I valori ottenuti dalla variazione giornaliera di tali parametri sono riportati nella

Tabella 18, e sintetizzano le stime riportate in premessa al capitolo (*Tabella 15*) nella prima parte della presente relazione trasportistica.

Confronto indicatori di rete	Domanda passeggeri (Veicoli Leggeri)		Domanda merci (Veicoli Pesanti)	
	Variazione Veicoli*Km	Variazione Veicoli*h	Variazione Veicoli*Km	Variazione Veicoli*h
Scenario di Progetto / Scenario di Riferimento				
Anno 2025 (giorno)	-5,913	-125	-295	-12
Anno 2045 (giorno)	-6,548	-148	-326	-12

Tabella 18: confronto indicatori di rete – variazioni giornaliere

Tali valori sono stati poi estesi dal valore medio giornaliero al valore medio annuo, moltiplicando i veicoli leggeri per 365 (con un tasso di occupazione medio di 1,3 persone per veicolo) e i veicoli pesanti per 320.

La procedura di valutazione del costo generalizzato del trasporto utilizza i dati desumibili da pubblicazioni specializzate del settore relativi al costo di trazione dei veicoli (QUATTORRUOTE, per ciò che concerne i veicoli leggeri, e TUTTOTRASPORTI, per quanto riguarda i veicoli pesanti) ed un valore del costo del tempo

opportunamente determinato sulla base di analisi già effettuate in altri studi di valutazione tecnico-economica disponibili in letteratura e indicati nel D.M. Infrastrutture e Trasporti n. 300/2017².

Il Beneficio o Costo Economico annuo è ottenuto utilizzando, quindi, i seguenti valori monetari unitari medi:

<i>Tempo Passeggeri</i>	15,00 €	Passeggero	x ora
<i>Tempo Autocarri</i>	30,00 €	Autocarro Eq.	x ora
<i>Percorrenza Autovetture</i>	0,25 €	Autovetture Eq.	x km
<i>Percorrenza Autocarri</i>	0,50 €	Autocarro Eq.	x km

Tabella 19: costi generalizzati – valori monetati medi per tipologia

da cui deriva il totale di Beneficio Netto “non attualizzato” relativo alla variazione del Costo Generalizzato di Trasporto, il cui valore economico annuo “non attualizzato” nell’ambito della vita utile del progetto è riportato nell’ultima colonna della *Tabella 20*.

² Adozione delle: “Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche nei settori di competenza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti”, in attuazione dell’articolo del decreto legislativo 29 dicembre 2011, n 228.

Anno	Variazioni dei parametri d'uso della Rete Stradale				Benefici Attualizzati non (€)
	Flusso Passeggeri		Flusso Merci		
	Passeggeri x ora	Autovetture Eq. x Km	Autocarri Eq. x ora	Autocarri Eq. x Km	
2025	-59,517	-2,158,188	-4,278	-107,826	1,614,551
2026	-60,002	-2,169,229	-4,285	-108,366	1,625,061
2027	-60,490	-2,180,326	-4,292	-108,909	1,635,645
2028	-60,983	-2,191,480	-4,299	-109,454	1,646,304
2029	-61,480	-2,202,691	-4,306	-110,002	1,657,040
2030	-61,980	-2,213,960	-4,313	-110,552	1,667,853
2031	-62,485	-2,225,286	-4,320	-111,106	1,678,743
2032	-62,994	-2,236,670	-4,327	-111,662	1,689,711
2033	-63,507	-2,248,112	-4,334	-112,221	1,700,757
2034	-64,024	-2,259,613	-4,341	-112,783	1,711,882
2035	-64,546	-2,271,172	-4,348	-113,347	1,723,087
2036	-65,071	-2,282,791	-4,355	-113,914	1,734,372
2037	-65,601	-2,294,469	-4,362	-114,485	1,745,738
2038	-66,136	-2,306,207	-4,369	-115,058	1,757,186
2039	-66,674	-2,318,005	-4,376	-115,634	1,768,715
2040	-67,217	-2,329,864	-4,383	-116,212	1,780,327
2041	-67,765	-2,341,783	-4,390	-116,794	1,792,023
2042	-68,317	-2,353,763	-4,397	-117,379	1,803,802
2043	-68,873	-2,365,804	-4,405	-117,966	1,815,666
2044	-69,434	-2,377,907	-4,412	-118,557	1,827,616
2045	-69,999	-2,390,072	-4,419	-119,150	1,839,650
2046	-70,524	-2,407,997	-4,452	-120,044	1,853,448
2047	-71,053	-2,426,057	-4,485	-120,944	1,867,349
2048	-71,586	-2,444,253	-4,519	-121,851	1,881,354
2049	-72,123	-2,462,584	-4,553	-122,765	1,895,464
2050	-72,664	-2,481,054	-4,587	-123,686	1,909,680
2051	-73,209	-2,499,662	-4,622	-124,614	1,924,003
2052	-73,758	-2,518,409	-4,656	-125,548	1,938,433
2053	-74,311	-2,537,297	-4,691	-126,490	1,952,971
2054	-74,868	-2,556,327	-4,726	-127,439	1,967,618

Tabella 20: Variazione degli indicatori trasportistici - benefici espressi in €

5.3 BENEFICI RELATIVI AL MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA E ALLA RIDUZIONE DELL'INCIDENTALITÀ

La metodologia per la valutazione degli effetti sulla sicurezza conseguenti alle differenti ipotesi di configurazione della rete futura in funzione degli interventi individuati prevede, in linea generale, due step di valutazione distinti:

- Definizione e caratterizzazione del fenomeno incidentale;
- Previsione delle variazioni dell'incidentalità – Scenari futuri.

5.3.1 Definizione e caratterizzazione del fenomeno incidentale

Al fine di caratterizzare puntualmente l'incidentalità nell'area di intervento è stato fatto riferimento alle strade riportate nell'elenco seguente.

- SS 28 del Colle di Nava;
- SS 704 Tangenziale di Mondovì;
- SP 5;
- SP 36;
- SP 37;
- SP 271.

I dati di incidentalità devono consentire la caratterizzazione del fenomeno con indici statistici rappresentativi della probabilità di accadimento dell'evento.

Gli elementi dei sinistri da considerare per l'analisi sono:

- n. incidenti/anno;
- n. incidenti/anno con feriti;
- n. incidenti/anno con morti.

Tali elementi costituiscono le fondamenta dello studio sul fenomeno incidentale, ne consegue l'importanza della attendibilità della fonte. Si è fatto quindi riferimento a dati forniti da Anas, relativi a Strade Statali e Provinciali, nelle tratte direttamente interessate dal progetto.

Sono stati catalogati il numero complessivo di incidenti, di incidenti con feriti e di incidenti con morti, riferiti ai tratti di estesa stradale compresi nell'area di studio, relativi al quinquennio 2014 - 2018.

La tabella seguente riassume i dati medi annui del periodo, associando poi gli incidenti annui alle percorrenze attuali rilevate sugli stessi assi stradali, si sono definiti gli indicatori di rete per quanto riguarda gli incidenti, calcolati come incidenti/veicoli*km anno.

NOME STRADA	REGIONE	DA KM	A KM	Valori medi annuali (2014-2018)			
				INCIDENTI	INCIDENTI MORTALI	N. MORTI	N. FERITI
SS 28 del Colle di Nava	Piemonte	22.000	26.950	3.0	0.0	0.0	5.8
SS 28 del Colle di Nava	Piemonte	30.630	36.100	3.2	0.4	0.4	5.8
SS 704 Tangenziale di Mondovì	Piemonte	0.000	9.300	2.4	0.2	0.2	3.2
SP 5	Piemonte	---	---	3.6	n.d.	0.2	5.8
SP 36	Piemonte	---	---	1.2	n.d.	0.2	1.8
SP 37	Piemonte	---	---	3.2	n.d.	0.4	4.6
SP 271	Piemonte	---	---	0.2	n.d.	0.0	0.2
TOT				16.8	0.6	1.4	27.2

Tabella 21: incidentalità rilevata sulla rete viaria afferente (Fonte – Anas)

Nello specifico, come evidenziato dalle simulazioni trasportistiche l'intervento in progetto avrà degli effetti di riduzione traffico sui tratti periurbani della SS 28, tra i km 30 e 36, e sull'itinerario di bypass (est – ovest) che attualmente coinvolge la SP 36, la SP 37 e SP 271 e caratterizzato da una forte incidentalità imputabile certamente alle caratteristiche plano altimetriche (forte tortuosità, con significative e frequenti variazioni di pendenze) e geometriche (sezioni stradali prive di banchina laterale) oltre che alla velocità.

Sulla base delle variazioni di flusso veicolare stimate sono si ipotizzano le seguenti variazioni di incidentalità conseguenti all'entrata in esercizio :

- SS 28, tra i km 30 e 36: riduzione dell'incidentalità media del 15%
- Itinerario SP 36, SP 37 e SP 271: riduzione dell'incidentalità media del 65%

Applicando tali riduzioni ai costi marginali medi dell'incidentalità con feriti e decessi riportati nel "D.M. Infrastrutture e Trasporti n. 300/2017" e sintetizzati in

Tabella 22, si è potuto stimare il beneficio economico derivante dalla riduzione di incidentalità attesa negli anni valutati in relazione alla differenza delle percorrenze relative agli scenari "senza Intervento" e "con Intervento" per l'ipotesi progettuale (Tabella 23).

Decesso	Ferito grave	Ferito lieve
1.916.000	246.200	18.800

Tabella 22: costi marginali medi dell'incidentalità a prezzi di mercato - € 2010 per incidente, distinto in funzione della gravità (fonte MIT- DG MOVE, Update of the Handbook on External Costs of Transport, 2014)

Variazioni dei parametri d'uso della Rete Stradale				
Anno	Incidenti con feriti lievi	Incidenti con feriti gravi	Incidenti con morti	TOTALE
2025	-35,893	-800,347	-862,200	1,698,440
2026	-35,896	-800,416	-862,275	1,698,587
2027	-35,899	-800,485	-862,349	1,698,734
2028	-35,902	-800,555	-862,424	1,698,880
2029	-35,905	-800,624	-862,498	1,699,027
2030	-35,908	-800,693	-862,573	1,699,174
2031	-35,912	-800,762	-862,647	1,699,321
2032	-35,915	-800,831	-862,722	1,699,468
2033	-35,918	-800,901	-862,796	1,699,615
2034	-35,921	-800,970	-862,871	1,699,762
2035	-35,924	-801,039	-862,946	1,699,909
2036	-35,927	-801,108	-863,020	1,700,056
2037	-35,930	-801,178	-863,095	1,700,203
2038	-35,933	-801,247	-863,169	1,700,350
2039	-35,936	-801,316	-863,244	1,700,497
2040	-35,940	-801,385	-863,319	1,700,644
2041	-35,943	-801,455	-863,393	1,700,791
2042	-35,946	-801,524	-863,468	1,700,938
2043	-35,949	-801,593	-863,543	1,701,085
2044	-35,952	-801,663	-863,617	1,701,232
2045	-35,955	-801,732	-863,692	1,701,379
2046	-36,225	-807,745	-870,170	1,714,139
2047	-36,496	-813,803	-876,696	1,726,995
2048	-36,770	-819,906	-883,271	1,739,948
2049	-37,046	-826,056	-889,896	1,752,997
2050	-37,324	-832,251	-896,570	1,766,145
2051	-37,604	-838,493	-903,294	1,779,391
2052	-37,886	-844,782	-910,069	1,792,736
2053	-38,170	-851,118	-916,894	1,806,182
2054	-38,456	-857,501	-923,771	1,819,728

Tabella 23: variazioni del costo dell'incidentalità (beneficio annuo espresso in €)

5.4 BENEFICI AMBIENTALI -VARIAZIONE INQUINAMENTO ATMOSFERICO ACUSTICO

Le variazioni di inquinamento atmosferico sono valutate come variazioni delle emissioni sulla rete stradale dell'area di studio tra gli scenari "con Intervento" e "senza Intervento".

Il modello utilizzato è il CORINAIR e la valutazione è effettuata considerando per le classi veicolari esaminate dal modello una composizione percentuale media conforme ai dati del "Report 2017 sulla mobilità veicolare in Piemonte" per la Provincia di Cuneo. La valutazione ha riguardato le emissioni di CO₂, VOC, NO_x e PM₁₀.

Il modello ha consentito di stimare, per ciascuno degli scenari (Riferimento e Progetto), le emissioni giornaliere ad annue di ciascun inquinante per ogni asse stradale nell'area di studio, in funzione dei carichi veicolari stimati e della velocità di percorrenza restituita dal modello. In base alla velocità si è determinato il coefficiente di emissione unitario desunto dalle curve di emissione in funzione della velocità di cui si riporta sotto un esempio relativo alla PM.

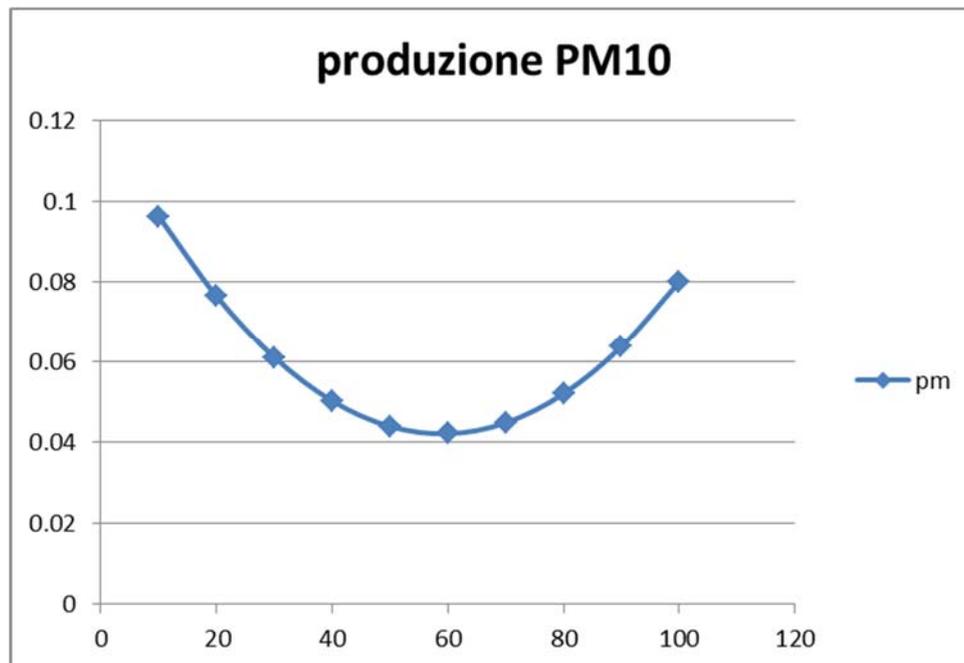


Figura 10: La curva di emissione del PM10

Dalla percorrenza complessiva sugli archi (veicoli*Km totali) moltiplicata per i fattori di emissione unitari di ciascun arco si è determinato il monte complessivo annuo di emissioni nell'area di studio negli scenari. La variazione di emissioni tra lo scenario di riferimento e di progetto ha consentito di valutare i benefici/malefici da inquinamento determinati dall'entrata in esercizio dell'infrastruttura di studio nelle sue due diverse ipotesi progettuali.

Per la traduzione in termini economici dei volumi di sostanze emesse si è fatto riferimento a quanto suggerito dalle linee guida del MIT del 2017 per le ACB delle opere pubbliche (Fonte: DG MOVE, Update of the Handbook on External Costs of Transport, 2014) che attribuiscono un costo alle sostanze inquinanti emesse (

Tabella 24) e alle emissioni sonore applicate alle autovetture e veicoli merci con densità bassa (Tabella 25).

INQUINANTE	€/ tonn
SO₂	9.875
NO_X	10.824
NM_{VO}C	1.242
PM_{2,5} (aree extraurbane)	50.121
PM_{2,5} (aree urbane)	197.361
PM_{2,5} (aree interurbane e autostrade)	24.562

Tabella 24: costi marginali delle emissioni inquinanti - € 2010 per tonnellata emessa (fonte MIT- DG MOVE, Update of the Handbook on External Costs of Transport, 2014)

Tipologia di veicolo	Periodo del giorno	Densità media del traffico	Area Urbana	Area Suburbano	Area Rurale
Autovetture	Giorno	Alta	8,8	0,5	0,1
		Bassa	21,4	1,4	0,2
	Notte	Alta	16,1	0,9	0,1
		Bassa	38,9	2,5	0,4
Motocicli	Giorno	Alta	17,7	1,1	0,1
		Bassa	42,7	2,7	0,4
	Notte	Alta	32,1	1,9	0,2
		Bassa	77,9	5,1	0,6
Autobus	Giorno	Alta	44,0	2,4	0,4
		Bassa	107,0	6,8	0,8
	Notte	Alta	80,3	4,5	0,7
		Bassa	194,7	12,7	1,5
Veicoli merci leggeri	Giorno	Alta	44,0	2,4	0,4
		Bassa	107,0	6,8	0,8
	Notte	Alta	80,3	4,5	0,7
		Bassa	194,7	12,7	1,5
Veicoli merci pesanti	Giorno	Alta	81,0	4,5	0,7
		Bassa	196,6	12,7	1,5
	Notte	Alta	147,8	8,3	1,3
		Bassa	358,2	23,1	2,6

Tabella 25: costi marginali delle emissioni sonore - € 2010 per 1000 vkm (fonte MIT- DG MOVE, Update of the Handbook on External Costs of Transport, 2014)

I benefici economici derivanti dalle riduzione degli inquinanti atmosferici e delle emissioni sonore, come differenza tra i valori dello scenario di progetto e quello di non intervento, sono riportati in

Tabella 26.

BENEFICI ANNUI(€)						
	CO2	NVOC	NOX	PM	dB(A)	Totale
Anno	€	€	€	€	€	(€)
2025	-13,538	-323	-7133.016	-716	-16,989	38,699
2026	-13,610	-323	-7,231	-758	-17,076	38,998
2027	-13,684	-324	-7,330	-802	-17,163	39,302
2028	-13,757	-324	-7,430	-849	-17,250	39,610
2029	-13,831	-324	-7,532	-899	-17,337	39,923
2030	-13,905	-325	-7,635	-951	-17,426	40,241
2031	-13,980	-325	-7,739	-1,007	-17,514	40,565
2032	-14,055	-326	-7,845	-1,065	-17,603	40,894
2033	-14,130	-326	-7,953	-1,128	-17,692	41,229
2034	-14,206	-326	-8,062	-1,193	-17,782	41,570
2035	-14,283	-327	-8,172	-1,263	-17,873	41,917
2036	-14,359	-327	-8,284	-1,337	-17,964	42,271
2037	-14,436	-327	-8,398	-1,415	-18,055	42,631
2038	-14,514	-328	-8,513	-1,498	-18,147	42,998
2039	-14,592	-328	-8,629	-1,585	-18,239	43,373
2040	-14,670	-328	-8,747	-1,678	-18,331	43,755
2041	-14,749	-329	-8,867	-1,775	-18,425	44,145
2042	-14,828	-329	-8,988	-1,879	-18,518	44,543
2043	-14,908	-330	-9,112	-1,989	-18,612	44,950
2044	-14,988	-330	-9,236	-2,105	-18,707	45,366
2045	-15,068	-330	-9362.76	-2,228	-18,802	45,791
2046	-15,181	-333	-9,433	-2,245	-18,943	46,135
2047	-15,295	-335	-9,504	-2,261	-19,085	46,481
2048	-15,410	-338	-9,575	-2,278	-19,228	46,830
2049	-15,526	-340	-9,647	-2,296	-19,372	47,181
2050	-15,642	-343	-9,719	-2,313	-19,518	47,535
2051	-15,759	-346	-9,792	-2,330	-19,664	47,891
2052	-15,878	-348	-9,866	-2,348	-19,812	48,250
2053	-15,997	-351	-9,939	-2,365	-19,960	48,612
2054	-16,117	-353	-10,014	-2,383	-20,110	48,977

Tabella 26: variazioni dell'inquinamento atmosferico/acustico (beneficio annuo in €)

Tra i benefici ambientali sono stimati anche quelli relativi alla riduzione di consumo dei carburanti. Tali valori sono stati calcolati ipotizzando i seguenti costi espressi in €/litro (ridotti del 50% per non computare le accise):

- Costo Benzina 1.4 €/l;
- Costo Gasolio 1.3 €/l;
- Costo GPL 0.516 €/kg.

I benefici economici derivanti dalla riduzione del consumo di carburanti, come differenza tra i valori dello scenario di "progetto" e quello di "non intervento", sono riportati in Tabella 27.

BENEFICI ANNUI(€)					
	Benzina	Diesel	GPL	Diesel (pesanti)	Totale
Anno	(€)	€	€	€	(€)
2025	-40,495	-73,882	-7562,451807	-2,955	121,939
2026	-41,019	-74,054	-7,601	-2,994	122,674
2027	-41,550	-74,227	-7,640	-3,032	123,416
2028	-42,088	-74,400	-7,679	-3,072	124,166
2029	-42,632	-74,573	-7,718	-3,111	124,924
2030	-43,184	-74,747	-7,758	-3,152	125,689
2031	-43,743	-74,921	-7,797	-3,192	126,462
2032	-44,309	-75,096	-7,837	-3,234	127,242
2033	-44,883	-75,271	-7,877	-3,276	128,031
2034	-45,464	-75,446	-7,917	-3,318	128,828
2035	-46,052	-75,622	-7,958	-3,361	129,632
2036	-46,649	-75,798	-7,999	-3,404	130,445
2037	-47,252	-75,975	-8,039	-3,448	131,267
2038	-47,864	-76,152	-8,081	-3,493	132,097
2039	-48,484	-76,330	-8,122	-3,538	132,935
2040	-49,111	-76,507	-8,163	-3,584	133,782
2041	-49,747	-76,686	-8,205	-3,630	134,638
2042	-50,391	-76,865	-8,247	-3,677	135,502
2043	-51,043	-77,044	-8,289	-3,725	136,376
2044	-51,704	-77,223	-8,332	-3,773	137,259
2045	-52,373	-77,403	-8,374	-3,096	138,150
2046	-52,766	-77,984	-8,437	-3,119	139,186
2047	-53,162	-78,569	-8,500	-3,143	140,230
2048	-53,560	-79,158	-8,564	-3,166	141,282
2049	-53,962	-79,752	-8,628	-3,190	142,342
2050	-54,367	-80,350	-8,693	-3,214	143,409
2051	-54,774	-80,952	-8,758	-3,238	144,485
2052	-55,185	-81,559	-8,824	-3,262	145,569
2053	-55,599	-82,171	-8,890	-3,287	146,660
2054	-56,016	-82,787	-8,957	-3,311	147,760

Tabella 27: variazioni consumi di carburati (beneficio annuo espresso in €)

5.5 ANALISI DI FATTIBILITÀ ECONOMICA

La Valutazione della fattibilità economica dell'ipotesi progettuale è effettuata mediante il calcolo del Saggio di Rendimento Interno, utilizzando i coefficienti e parametri significativi ed i valori monetari unitari indicati nel prospetto seguente. Gli indicatori di sostenibilità economica considerati sono:

- Valore Attuale Netto Economico (VANE);
- Tasso Interno di Rendimento Economico (TIRE);
- Rapporto Benefici/Costi (B/C).

Ai fini dell'analisi economica, dovrà essere adottato il tasso di attualizzazione sociale fissato dall'Unione Europea nell'ambito del Regolamento di esecuzione (UE) n. 207/2015, che è attualmente pari al 3.0%.

I risultati, riportati in

Tabella 29, evidenziano un rapporto B/C >1 (1.04), un TIRE positivo pari al 3.23% ed un VANE di € 3,345,743.95, al tasso di attualizzazione del 3.0% e considerando un valore residuo dell'opera del 65% (il progetto prevede la realizzazione di un galleria e di un viadotto con vita utile di 50 anni il cui costo incide sul totale per un valore superiore al 80% del costo complessivo).

Come ulteriore approfondimento si è valutata l'ipotesi di escludere dal computo dei lavori le voci relative al costo di realizzazione di Ponte Ronca (pari circa a 5.000.000). In questo scenario il rapporto B/C salirebbe a 1.08, il TIRE al 3.41% ed il VANE a € 5,903,721.99 ; sempre al tasso di attualizzazione del 3.0% e considerando un valore residuo dell'opera del 65% (

Tabella 28).

indicatori economici	Progetto complessivo	Progetto senza Ponte Ronca
% valore residuo	65%	65%
r (%)	3.0%	3.0%
VANE	€ 3,345,743.95	€ 5,903,721.99
TIRE	3.22%	3.41%
B/C	1.04	1.08

Tabella 28: confronto degli indicatori dell'analisi economica

Rapporto Benefici costi	B/C= 1.04
Tasso Interno di Rendimento Economico (TIRE)	TIRE= 3.22%
BENEFICI NON ATTUALIZZATI	
Beneficio trasportistico (Variazione Percorrenze)	€ 19,260,137
Beneficio trasportistico (Variazione Tempo)	€ 34,145,913
Beneficio riduzione emissioni inquinanti / sonore	€ 1,310,665
Beneficio riduzione consumi di carburanti	€ 4,016,378
Incidentalità	€ 51,596,350
TOTALE BENEFICI NON ATTUALIZZATI	€ 110,329,442
TOTALE BENEFICI ATTUALIZZATI	€ 63,430,805
VALORE RESIDUO DELL'OPERA ATTUALIZZATO (65%)	€ 20,366,851
COSTI NON ATTUALIZZATI	
Costruzione	€ 85,600,473
Manutenzione	€ 1,560,000
TOTALE COSTI NON ATTUALIZZATI	€ 87,160,473
TOTALE COSTI ATTUALIZZATI	€ 80,451,911
VALORE ATTUALE NETTO	€ 3,345,743.95

Tabella 29: Riepilogo dell'analisi economica con valore residuo dell'opera – Progetto Complessivo

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalle simulazioni sviluppate sul **III lotto della tangenziale** di progetto **all'entrata in esercizio è stimato TGM di circa 7.000 veicoli leggeri e di 210 mezzi pesanti, con un flusso nell'ora di punta tra le 7.30 e le 8.30 di 483 auto/h e 16 CP/h**, nella somma delle due direzioni di marcia.

Nel lungo periodo (orizzonte ventennale) l'incremento della mobilità, cautelativamente stimato nello 0,5% annuo, porta ad un aumento del TGM a oltre **7.700 veicoli leggeri e a 231 mezzi pesanti** e del flusso nell'ora di punta che raggiunge le **533 auto/h e i 17 CP/h**.

In corrispondenza del nuovo **Ponte Rione Borgato** il traffico atteso **all'entrata in esercizio è di 31 veicoli/h corrispondenti ad un TGM di 450 auto**, che aumenta a 86 veic/h e 1241 veicoli/giorno al 2045 (periodo ventennale).

Come meglio descritto al Capitolo 3, occorre qui evidenziare che **senza l'introduzione del Lotto 3 i due rami "interni" di SS28 e SP5 di accesso a Mondovì subirebbero un significativo aumento di traffico.**

Dalle tavole riportate a pag 25 emerge inoltre il **considerevole benefico che assume la realizzazione del terzo Lotto nei confronti degli itinerari Est Ovest che trovano nella nuova infrastruttura una efficace alternativa agli itinerari di attraversamento dell'urbano di Mondovì e di quelli più a monte, in particolare della SP37 che si sgrava significativamente del traffico preesistente.**

Il modello di macrosimulazione ha consentito inoltre di stimare gli **indicatori trasportistici di sintesi** per poter confrontare gli impatti e calcolare le differenze tra lo stato di fatto con gli scenari di progetto.

Le analisi mostrano che lo scenario di progetto non produrrà variazioni marcate sui tempi di ritardo complessivi, sulle velocità medie e sui chilometri percorsi.

Le variazioni tra lo stato di esercizio al 2045 e lo stato attuale, riferita all'area studio, mostrano che lo scenario di progetto assorbirà pressoché completamente lo sviluppo della mobilità nel lungo periodo (il tempo medio di ciascuno spostamento rimane pressoché invariato, pari a 7,8 minuti).

Le due intersezioni di svincolo con il nuovo asse non presentano congestioni e fenomeni di accodamento significativi, l'analisi funzionale del nuovo asse stradale presenta un livello di servizio pari a "C", nell'ora di punta, sia nello scenario di entrata in esercizio che in quello a 20 anni.

L'Analisi Benefici Costi, sviluppata a partire dalla variazioni degli indicatori trasportistici, riportati

Tabella 29, evidenziano un rapporto B/C > 1 (1.04), un TIRE positivo pari al 3.22% ed un VANE di € 3,345,743.95, al tasso di attualizzazione del 3% e considerando un valore residuo dell'opera del 65%.