

COMMITTENTE	PIRANI GROUP S.R.L.
LOCALITÀ	COMUNE DI MASSA (MASSA - CARRARA) VIA AURELIA OVEST
OGGETTO	VARIANTE URBANISTICA PER CAMBIO DI DESTINAZIONE DI AREA DA INDUSTRIALE A COMMERCIALE

TECNICI INCARICATI	Cotefa.ingegneri&architetti Sede legale, amministrativa, operativa 25124 Brescia, via Cefalonia n. 70 tel. +39.030.220692 +39.030.2424177 fax +39.030.220655 Sede operativa 27100 Pavia, via Frank n. 11 tel. +39.0382.478591 fax +39.0382.1753916 e-mail cotefa@cotefa.com MARTELLI STUDIO DI ARCHITETTURA Arch. Enrico Martelli Arch. Roberto Martelli 54033 Marina di Carrara (Ms), Via Della Bassa n°171 Tel +39.0585.789175 - mail info@archistudiomartelli.it ING. ANDREA CASARINO ARCH. ENRICO MARTELLI ARCH. ROBERTO MARTELLI
-----------------------	---

REV.	DESCRIZIONE REVISIONE	REDAZ.	DATA	CONTR.	DATA	APPROV.	DATA
0	PRIMA STESURA	R.M.	27/11/2024	M.L.	27/11/2024	M.L.	27/11/2024
1	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-

ELABORATO	FASE						
	DESCRIZIONE DEL DISEGNO						
	INTEGRAZIONE ALLO STUDIO DEL TRAFFICO						
SCALA		DATA		PROT.		ARCH.GEN.	
		27/11/2024		20-03		50715	

**APPROFONDIMENTO DELLO
STUDIO TRASPORTISTICO ED IMPATTO
DELLA VIABILITÀ INDOTTA SULLA VIABILITÀ
ESTERNA
AREA AUONIERI – UNIVERSAL BENCH**

**VIA AURELIA – VIA DEGLI OLIVETI – VIA APRILIA
MASSA (MS)**

Elaborazioni:



Oggetto	Relazione Trasportistica
Commessa	C230 - 3
Revisione	01.00
Gruppo di Lavoro	Ing. Camilla Baroncelli Ing. Marco Balducci Ing. Chiara Bartolozzi
Approvato	Ing. Luigi Costalli
Data di emissione	28/11/2024

SOMMARIO

- 1 Premessa5
- 2 Inquadramento viabilità esterna 6
- 3 Modello di simulazione del traffico 8
 - 3.1 Metodologia 8
 - 3.2 Descrizione degli scenari di analisi 11
- 4 Rilievi di traffico12
- 5 Stima del traffico indotto..... 15
- 6 Risultati delle simulazioni 17
 - 6.1 Scenario attuale 17
 - 6.2 Scenario di progetto18
 - 6.3 Confronto dei risultati21
- 7 Modello di microsimulazione23
 - 7.1 Descrizione degli scenari.....24
 - 7.2 Rete di offerta25
 - 7.3 Domanda di traffico.....25
 - 7.4 Calibrazione del modello25
 - 7.5 Criteri di valutazione funzionali25
 - 7.6 Confronto dei risultati27
- 8 Conclusioni 30



1 PREMESSA

Il presente studio si pone l'obiettivo di valutare l'impatto del traffico indotto dalle attività previste dalla Variante Urbanistica per cambio di destinazione d'uso da industriale a commerciale dell'area Autonieri – Universal Bench, situata nel comune di Massa tra Via Aurelia, Via degli Oliveti e Via Aprilia. Nell'area oggetto di studio è prevista la realizzazione di funzioni con destinazione commerciale, dotata di un'area destinata ai parcheggi riservati, a cui sarà possibile accedere sia mediante due accessi su Via Aurelia sia mediante un accesso su Via Aprilia. È prevista inoltre un'ulteriore viabilità di sola uscita su Via degli Oliveti.

La variazione della destinazione d'uso porterà ad un aumento del numero di spostamenti generati e attratti i quali si suppone che avverranno prevalentemente tramite l'utilizzo dell'auto privata, dato il comportamento registrato in aree simili, dove i flussi veicolari sono principalmente dovuti agli avventori delle attività e in minima parte agli addetti.

Al fine di valutare l'impatto che le nuove attività avranno sul traffico dell'area circostante è stato implementato un modello di simulazione della relativa rete viaria, che permette di quantificare le conseguenze dell'aumento del numero dei veicoli sulle prestazioni della rete viaria.

Gli scenari di analisi sono due: lo stato attuale e quello di progetto. L'offerta di trasporto è stata ricostruita considerando la rete stradale limitrofa all'area di studio e aggiungendo, nello stato di progetto, gli archi di accesso all'area.

La domanda di trasporto è stata ricostruita mediante l'uso dei dati FCD (Floating Car Data) relativi al comune di Massa e di alcune postazioni di rilievo di traffico posizionate ad hoc sulla viabilità circostante all'area. Il traffico indotto di progetto è stato stimato mediante il Trip Generation Manual (10th Edition) dell'ITE (Institution of Transportation Engineering) a partire dalle superfici e dalle destinazioni d'uso previste nella Variante Urbanistica.

Infine, gli impatti sulle condizioni di deflusso sono stati quantificati mediante il confronto di alcuni indicatori trasportistici estratti dal modello di simulazione, così da verificare la sostenibilità dell'intervento.

2 INQUADRAMENTO VIABILITÀ ESTERNA

La viabilità oggetto di valutazione è caratterizzata da un importante asse stradale, la SS1 Via Aurelia, che rappresenta la principale arteria di attraversamento del comune di Massa.

Ad ovest dell'area oggetto è situata una rotatoria su cui confluiscono Via degli Oliveti e Via Aldo Salvetti. Via degli Oliveti riveste un'importante funzione di attraversamento dell'area industriale e di collegamento con Marina di Massa.

A sud dell'area si trova Via Aprilia, strada di servizio delle attività della zona, che si raccorda a sua volta con Via degli Oliveti.



Figura 2.1 - Inquadramento dell'area oggetto di studio

Allo stato attuale sono presenti tre accessi sulla viabilità esistente e la viabilità interna di pertinenza dei fabbricati dell'area:

- Via Aurelia
- Via degli Oliveti
- Via Aprilia.



Figura 2.2 - Inquadramento degli accessi previsti dal progetto della Variante Urbanistica

Nello stato di progetto è prevista la realizzazione di un ampio parcheggio esterno ai fabbricati commerciali e degli stalli coperti posti nel piano interrato dell'edificio. Gli accessi previsti dalle planimetrie indicano:

- il mantenimento dell'accesso su Via Aprilia sia in entrata che uscita
- inserimento di un ulteriore accesso su Via Aurelia sia in ingresso che uscita
- solo uscita su Via degli Uliveti, organizzato su due corsie, una per direzione di svolta.

3 MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO

3.1 Metodologia

È stato scelto di implementare un modello di simulazione di tipo macro che permette di valutare i percorsi utilizzati dei flussi veicolari che attraversano la zona, la capacità delle arterie e i livelli di utilizzo di ciascun arco. L'intervallo temporale di analisi è rappresentato dall'ora di punta del giorno feriale medio, ovvero il periodo in cui si rilevano i maggiori flussi sulla rete viaria e le maggiori frequentazioni presso le attività commerciali che si andranno a insediare nell'area. Il modello ha quindi lo scopo di controllare in generale le performance della rete e in particolare le conseguenze di scelte progettuali tramite indicatori trasportistici valutati sulle singole sezioni stradali (flussi, velocità medie e rapporto di saturazione).

La definizione dell'area di studio costituisce la fase preliminare per la definizione del modello. L'area di studio è stata suddivisa in unità discrete, le zone, in cui vengono clusterizzate le aree con caratteristiche territoriali e socio-economiche omogenee. Ogni spostamento diretto o proveniente da una determinata zona si suppone destinato/originato in un punto fittizio, detto centroide. Le zone del modello possono coincidere con le zone censuarie ISTAT o essere il risultato di un'aggregazione opportuna di esse. Nella definizione del perimetro delle zone si tengono in considerazione i seguenti criteri:

- Elementi di separazione fisica sia naturali che artificiali (fiumi, ferrovie, etc.) costituiscono un confine di zona, dal momento che il loro attraversamento influisce sulle dinamiche di mobilità;
- Aree appartenenti ad una stessa zona devono avere caratteristiche omogenee dal punto di vista socio-economico, di utilizzo del suolo e dal punto di vista trasportistico (in termini di tempi di viaggio);

La rete stradale rappresenta l'offerta di trasporto per gli spostamenti che avvengono tramite la componente veicolare privata. Il grafo è caratterizzato con i seguenti attributi:

- id – identificativo univoco dell'arco;
- id_from – nodo di partenza;
- id_to – nodo di fine;
- to – tempo di percorrenza in condizioni di flusso libero;
- a, b – parametri della funzione di deflusso BPR;
- c – capacità totale dell'arco;
- e – costo del pedaggio calcolato come lunghezza per il costo chilometrico del pedaggio - se presente;
- f – lunghezza dell'arco;
- tipo (motorway, primary, trunk, secondary);
- kph – velocità di base dell'arco;
- cap_corsia – capacità di deflusso per singola corsia di marcia;
- n_corsie – numero di corsie per senso di marcia.



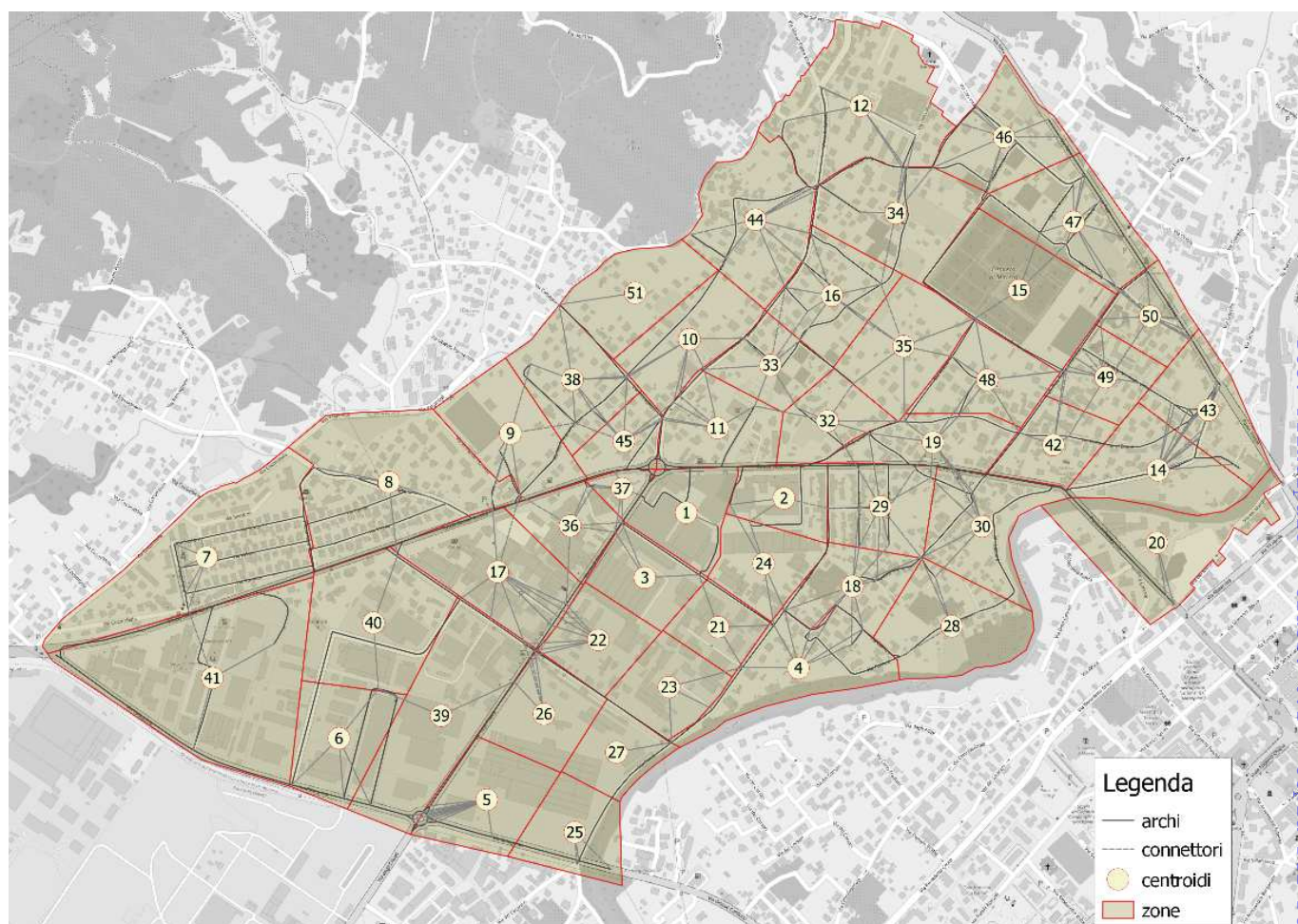


Figura 3.1 - Zonizzazione dell'area di studio con i relativi centroidi e i connettori del grafo

Gli attributi che caratterizzano il grafo concorrono a determinare le cosiddette funzioni di costo, ovvero relazioni matematiche che esprimono il costo generalizzato dell'arco in funzione delle sue caratteristiche fisiche e funzionali. Dal momento che la rete stradale di analisi non include autostrade, il costo dell'arco coincide con il relativo tempo di percorrenza, che -a sua volta- è funzione del volume di veicoli che utilizzano l'arco nell'unità di tempo scelta: si è scelto le funzioni calibrate dal Bureau of Public Research, in quanto adatte anche alle strade principali della rete italiana, che hanno la seguente forma:

$$t = t_0[1 + a * (f/C)^b]$$

Dove:

t - tempo di percorrenza dell'arco;

t₀ - tempo di percorrenza dell'arco a flusso libero, calcolato come rapporto fra lunghezza dell'arco e velocità a flusso libero;

f - flusso sull'arco (ottenuto dall'assegnazione);

C - capacità dell'arco (massimo flusso orario atteso in una sezione uniforme in un dato periodo di tempo);

a ("alpha") e b ("beta") - parametri della funzione di costo.

L'attribuzione della funzione specifica è effettuata in ragione della classifica funzionale della singola strada nella rete viaria e determina l'attribuzione di specifici parametri "a" e "b".

La determinazione del modello di domanda si basa sulla ricostruzione della matrice Origine Destinazione allo stato attuale, ovvero la stima degli spostamenti generati e da ciascuna zona.

La procedura utilizzata per la stima della matrice OD si basa sull'elaborazione dei dati FCD (Floating Car Data). I dati oggetto di analisi sono commercializzati dalle compagnie assicurative, le quali forniscono in modo anonimo i dati dalle scatole nere installate a bordo dei veicoli. I database sono composti da dati puntuali mediante i quali è possibile ricostruire i percorsi di ciascun mezzo attraverso l'associazione dei punti di rilievo al grafo della rete stradale. Nelle immagini sottostanti si illustra un esempio di dato grezzo: a ciascun punto di rilievo sono associati l'identificativo del veicolo e la sua velocità istantanea. Ogni punto è associato al grafo stradale per poter elaborare il cammino seguito da ciascun veicolo e poter stimare la zona di origine e di destinazione.

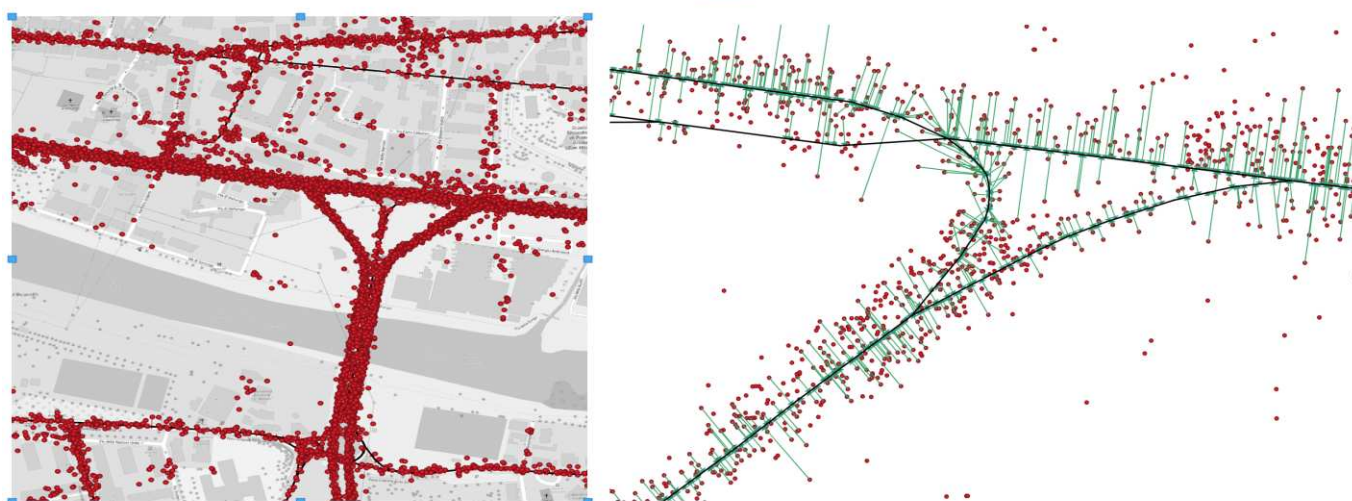


Figura 3.2 - Esempio di dato grezzo FCD sulla sinistra e processo di assegnazione al grafo stradale sulla destra

I dati FCD propongono uno strato informativo di incredibile precisione ma presentano un tasso di campionamento ridotto. Affinché gli spostamenti siano rappresentativi dei reali flussi che interessano la rete nel periodo considerato, la matrice deve essere corretta mediante – ad esempio – dei rilievi di traffico di tipo statico. La campagna di indagine ha previsto l'utilizzo di strumentazione radar che permette il conteggio in continuo dei transiti, la classificazione dei veicoli in funzione della lunghezza e la stima della velocità.



Figura 3.3 - Punti di rilievo derivanti dai dati FCD

La procedura di stima della matrice OD finale si basa su un processo iterativo di correzione che utilizza un algoritmo bi-level (matrix estimation), vale a dire che a partire dalla matrice iniziale l'algoritmo assegna la domanda alla rete proporzionalmente all'attrattività dei percorsi minimizzando, nelle iterazioni successive, lo scarto tra i flussi assegnati e i flussi rilevati sulla rete. Attraverso un parametro indipendente α è possibile attribuire un peso maggiore ($\alpha=1$) o inferiore ($\alpha=0$) ai valori di flusso rilevato rispetto a quelli assegnati per la determinazione del valore dell'iterazione successiva.

3.2 Descrizione degli scenari di analisi

Per valutare l'impatto del traffico indotto dalle attività commerciali che si andranno ad insediare nell'area sono stati implementati due scenari di simulazione:

- Scenario attuale: caratterizzato dall'offerta e dalla domanda di trasporto attuali;
- Scenario di progetto: alla viabilità esistente viene aggiornata la configurazione degli accessi all'area e la domanda di trasporto viene incrementata dal traffico indotto.

La simulazione considera un periodo temporale di analisi in cui si raggiungono le condizioni maggiormente critiche per il sistema. Per la componente del traffico urbano il carico veicolare maggiore si riscontra durante l'ora di punta del pomeriggio del giorno feriale medio. In modo complementare è stato calcolato il picco di accessi alle aree commerciali che si verifica nell'ora di punta del pomeriggio.

4 RILIEVI DI TRAFFICO

La campagna di indagine ha previsto il monitoraggio del traffico mediante due postazioni mobili dotate di radar, dal giorno 26 aprile 2021 al 4 maggio 2021. Le stazioni sono state posizionate sulla SS1 Via Aurelia e su Via degli Oliveti come evidenziato dalla successiva immagine.



Figura 4.1 - Inquadramento delle postazioni di misura del traffico veicolare

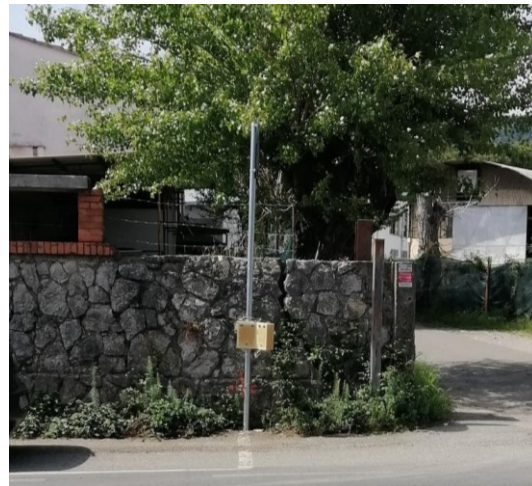


Figura 4.2 - Postazioni di misura del traffico veicolare: a sx Via Aurelia, a dx Via degli Oliveti

La strumentazione ha monitorato il traffico per l'intero periodo conteggiando i veicoli e classificandoli in funzione della lunghezza nelle seguenti classi:

- due ruote
- auto
- furgoni
- camion
- autoarticolati

Sulla base dei dati rilevati nei giorni feriali è stato stimato l'andamento dei flussi veicolari di un giorno feriale medio, distinto per direzione di marcia e per classe veicolare. Nelle successive elaborazioni grafiche si riportano gli andamenti per entrambe le postazioni di rilievo, da cui è possibile osservare che l'ora di punta, nella quale si riscontrano i maggiori flussi circolanti, si verifica tra le 17:00 e le 18:00.

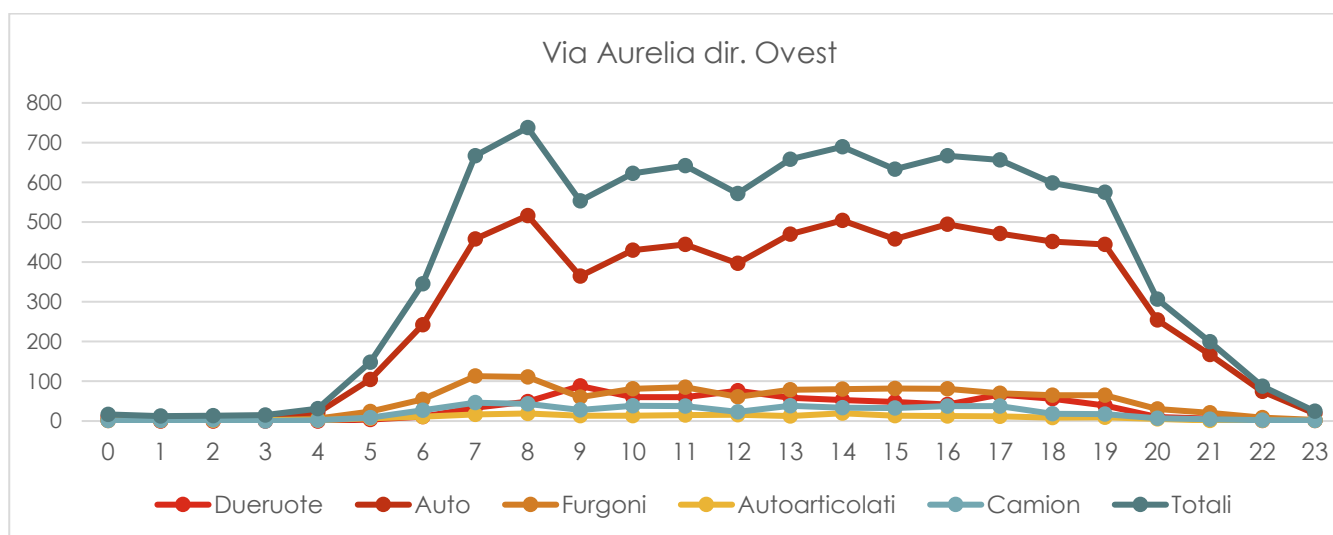


Figura 4.3 - Andamento orario del traffico sulla sezione Via Aurelia in direzione Ovest

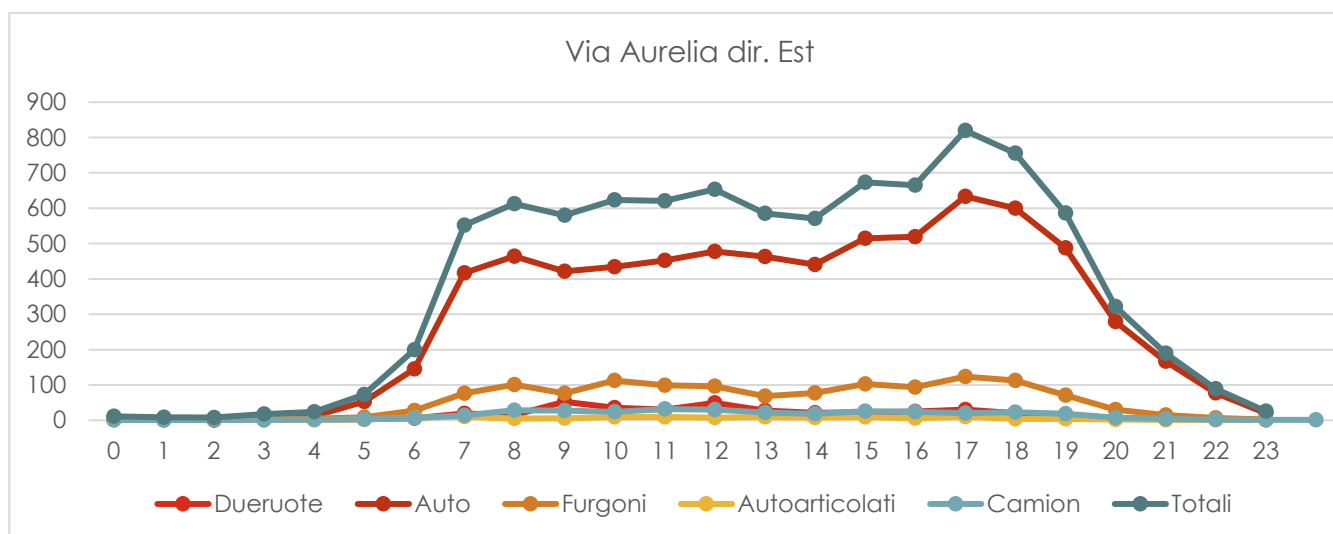


Figura 4.4 - Andamento orario del traffico sulla sezione Via Aurelia in direzione Est

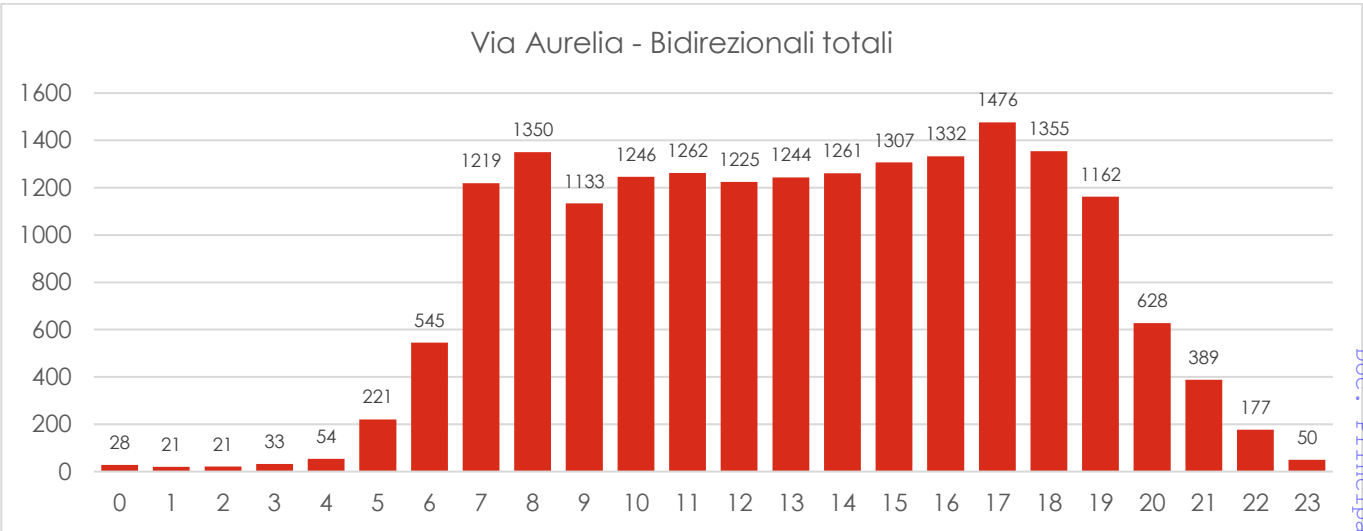


Figura 4.5 - Andamento orario del traffico sulla sezione Via Aurelia – conteggio bidirezionale

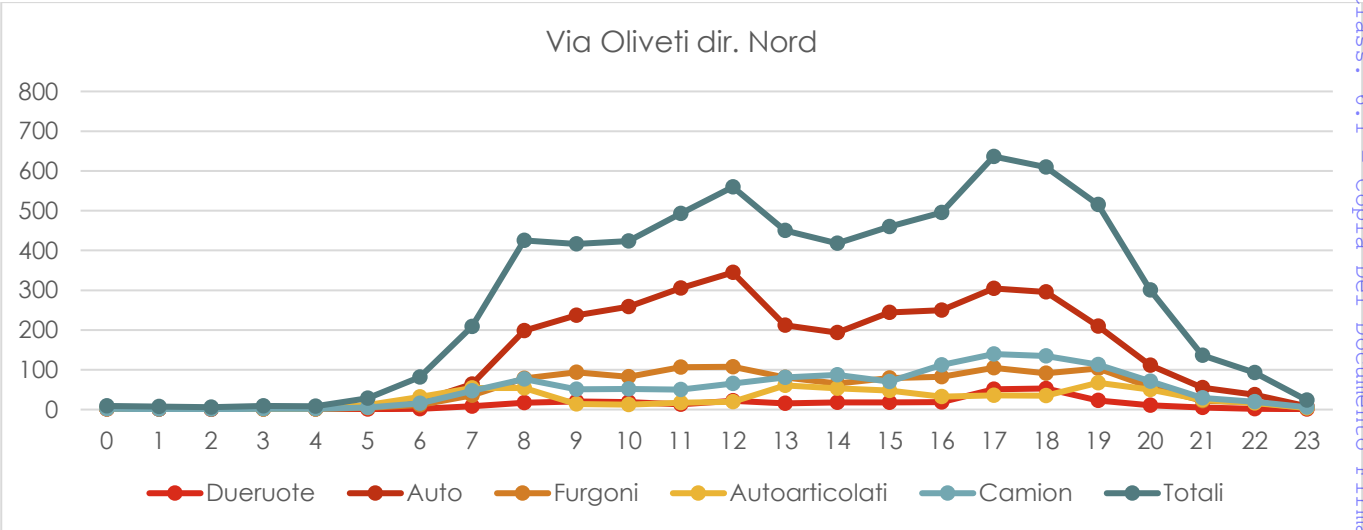


Figura 4.6 - Andamento orario del traffico sulla sezione Via degli Oliveti in direzione Nord

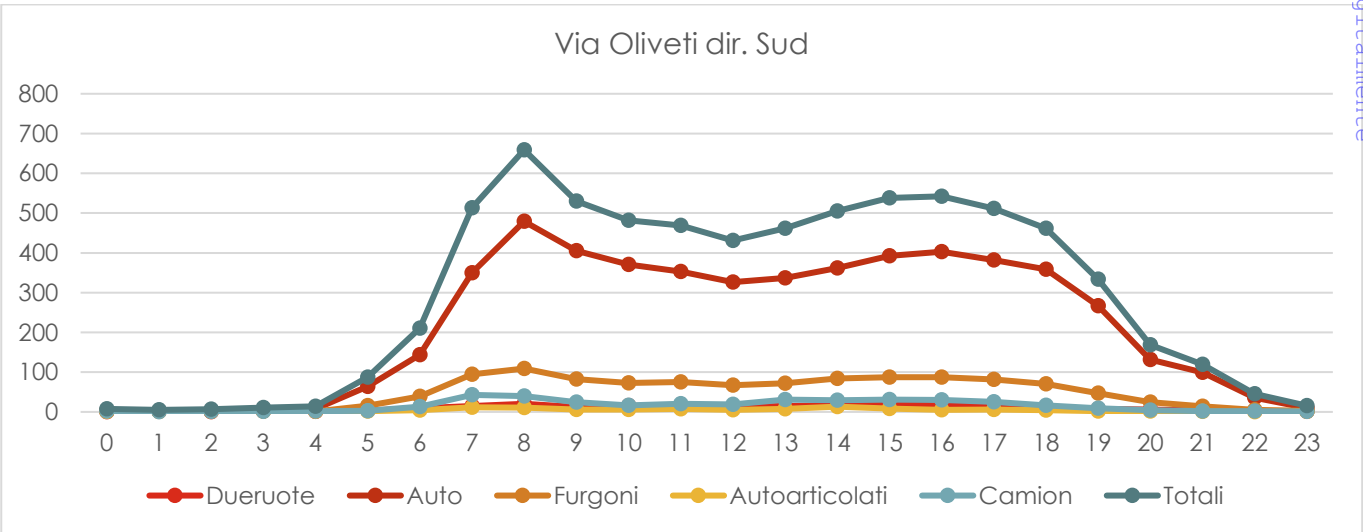


Figura 4.7 - Andamento orario del traffico sulla sezione Via degli Oliveti in direzione Sud



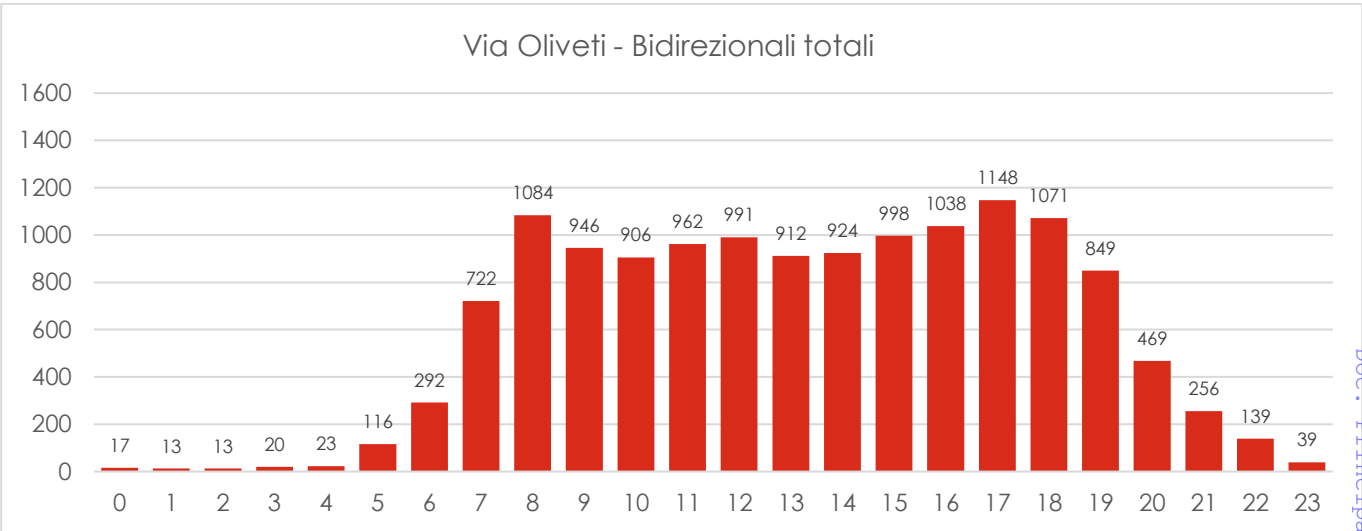


Figura 4.8 - Andamento orario del traffico sulla sezione Via degli Oliveti – conteggio bidirezionale

5 STIMA DEL TRAFFICO INDOTTO

Il traffico indotto dalle attività che si andranno ad insediare nell'area è stato stimato a partire dal Manuale Trip Generation dell'associazione ITE (Institution of Transportation Engineering).

Il manuale ITE fornisce una stima del traffico indotto basata su funzioni di generazione e indici di categoria di destinazione ed uso del suolo parametrizzati su grandezze caratteristiche, quali superficie di vendita, numero di addetti, ecc. Per la determinazione di tali funzioni di generazione, il manuale ITE fa riferimento ai risultati di studi simili già condotti su strutture analoghe. La procedura restituisce i valori di spostamenti generati e attratti nell'ora di punta. Per il tipo d'utenza prevista si prevede che i veicoli siano appartenenti alla sola categoria dei veicoli leggeri (auto).

Per la valutazione del periodo di generazione e attrazione del traffico indotto si è fatto riferimento al medesimo periodo di picco del traffico veicolare, ovvero l'ora di punta pomeridiana di un giorno feriale medio.

La Tabella 5.1 illustra i dati di input utilizzati per la stima del traffico indotto e le categorie di utilizzo del Trip Generation Manual. Si riportano successivamente anche le brevi descrizioni delle tipologie di destinazioni d'uso del campione di casi studio su cui si basa la stima del Manuale ITE.

Tabella 5.1 - Ripartizione delle superfici edificabili in funzione delle destinazioni d'uso di progetto e Land Use associata dal Manuale ITE

Destinazione d'uso	Sup. di vendita (mq)	ITE Land Use
Media superficie di vendita alimentare	1500	Supermarket
Media superficie di vendita non alimentare	1300	Shopping Center
Media superficie di vendita non alimentare	1500	Shopping Center
Media superficie di vendita non alimentare	120	Shopping Center

La stima del traffico dovuto alla porzione di superficie di vendita dedicata ai prodotti alimentari si basa sulla categoria "Supermarket" (Land Use n.850).

"A supermarket is a free-standing retail store selling a complete assortment of food, food preparation and wrapping materials, and household cleaning items. Supermarkets may also contain the following products and services: ATMs, automobile supplies, bakeries, books and magazines, dry cleaning, floral arrangements, greeting cards, limited-service banks, photo centers, pharmacies, and video rental areas. Some facilities may be open 24 hours a day. "

Per la stima del traffico indotto delle superficie di vendita non alimentari è stata utilizzata una destinazione d'uso caratteristica di una media attività commerciale. Il Land Use del Manuale ITE cui si è fatto riferimento è "Shopping Center" (Land Use n.820). La superficie utilizzata per la stima del traffico indotto è stata limitata alla sola porzione di area effettivamente utilizzata per la vendita:

"A shopping center is an integrated group of commercial establishments that is planned, developed, owned, and managed as a unit. A shopping center's composition is related to its market area in terms of size, location, and type of store. A shopping center also provides on-site parking facilities sufficient to serve its own parking demands."

L'applicazione della metodologia del Trip Generation Manual restituisce il numero di auto generate e attratte complessivamente nell'ora di punta e la relativa ripartizione direzionale. Si riporta nella Tabella 5.2 il risultato della procedura di stima del traffico indotto e la ripartizione in veicoli entranti e uscenti dall'area.

Tabella 5.2 - Stima del traffico indotto dell'ora di punta e ripartizione in veicoli entranti/uscenti

Destinazione d'uso	Veicoli	Entranti	Uscenti
Superficie di vendita alimentare	149	76	73
Superficie di vendita non alimentare	120	57	63
totale	269	133	136

6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Il confronto sintetico tra le prestazioni dei diversi scenari simulati è possibile tramite l'estrazione di indicatori prestazionali, tra cui i più idonei sono i flussi assegnati sulla rete, espressi in veicoli/ora, e le velocità medie degli archi.

6.1 Scenario attuale

La simulazione dello scenario comporta l'assegnazione della domanda di traffico, ovvero della matrice Origine Destinazione, alla rete di offerta. I flussi simulati sulla rete dello stato attuale sono riportati in Figura 6.1. È possibile osservare come sulla Via Aurelia la domanda di traffico sia prevalente in direzione ovest, mentre su Via degli Oliveti si registrano dei flussi veicolari abbastanza equilibrati nelle due direzioni con una leggera prevalenza in direzione sud.



Figura 6.1 - Flussogramma dei volumi assegnati nello scenario attuale

Le velocità medie sulla rete sono riportate nella Figura 6.2 da cui si evidenziano buone velocità di percorrenza sulla Via Aurelia mentre leggermente inferiori su Via degli Oliveti. Gli archi che terminano nelle aree residenziali e commerciali presentano velocità inferiori come da aspettativa, così come gli archi di ingresso e uscita dalle intersezioni.

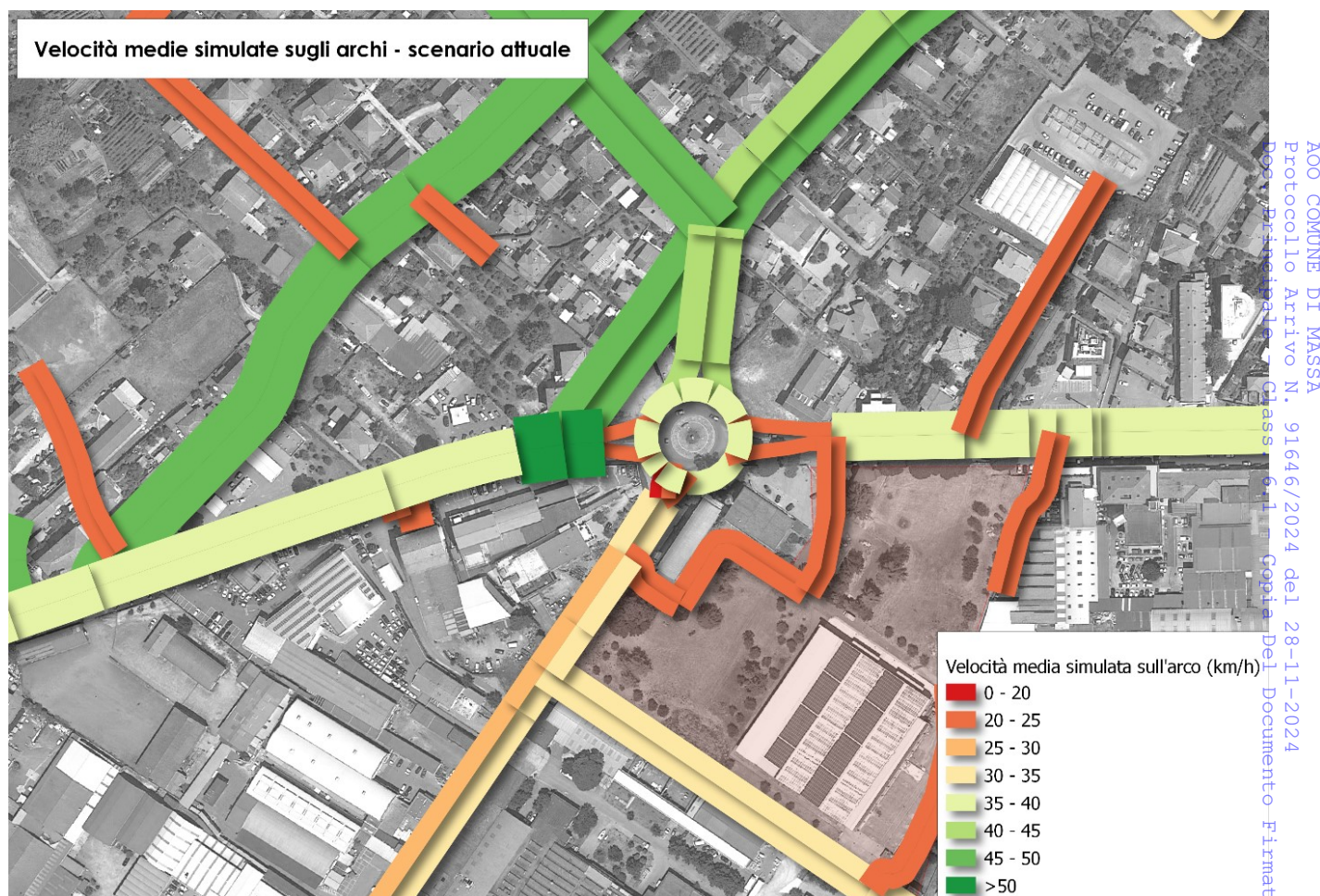


Figura 6.2 – Velocità medie simulate sugli archi della rete nello scenario attuale

6.2 Scenario di progetto

La simulazione dello scenario di progetto considera la domanda indotta anche dalle attività insediate nell'area prevista dalla Variante Urbanistica in aggiunta a quella già prevista nello scenario attuale.

Si ipotizza che l'incremento dei flussi si ripartisca rispettivamente:

- per i veicoli generati dalla zona proporzionalmente all'attrattività di ciascuna zona di destinazione
- per i veicoli attratti dalla zona proporzionalmente all'emissione di ciascuna zona di origine.

Nella successiva Figura 6.3 si evidenzia come sono state ripartite le zone di attrazione e generazione degli spostamenti del traffico indotto. La quota maggiore dei veicoli generati e attratti si stima provenga da sud, ovvero da Via degli Oliveti.

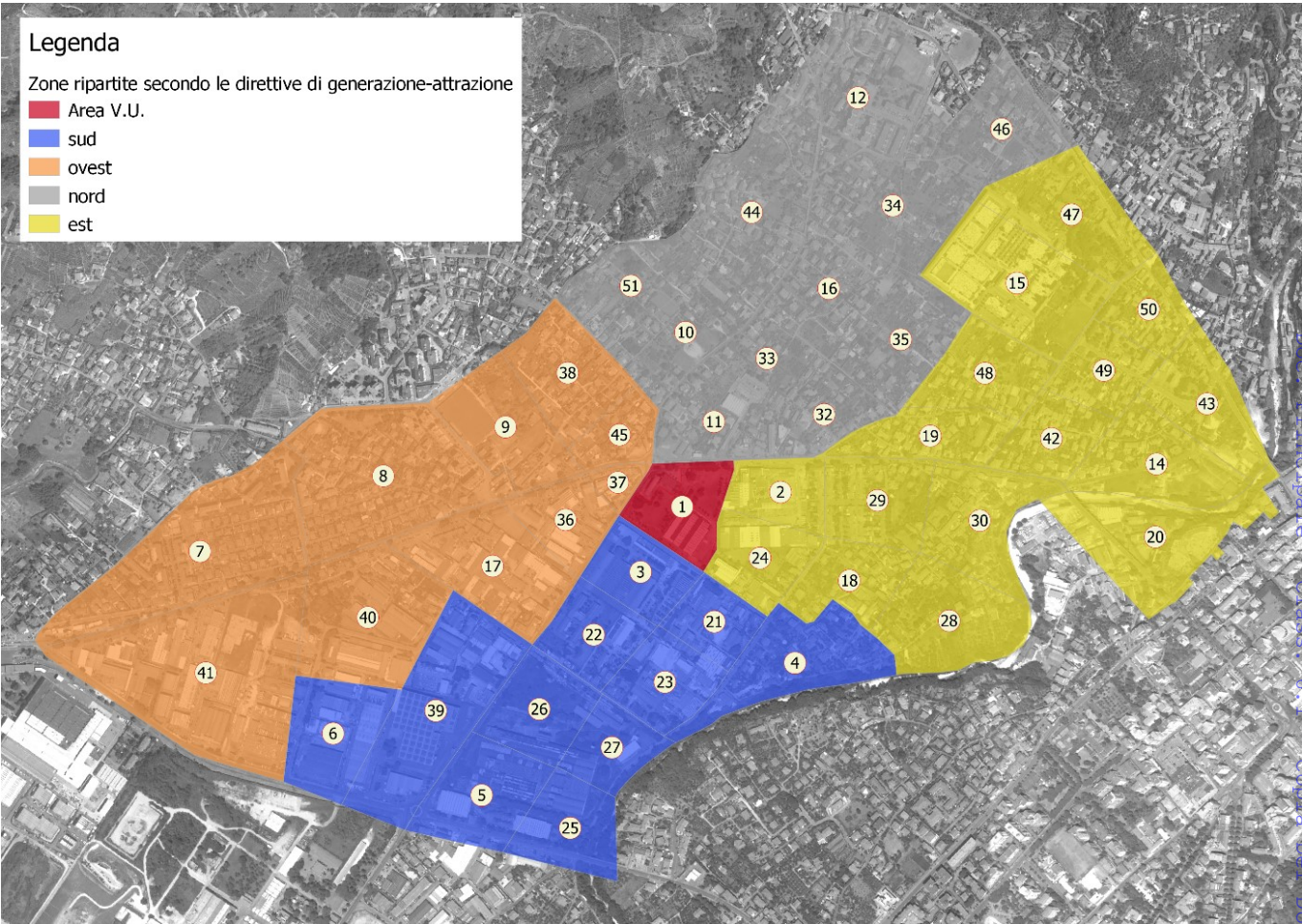


Figura 6.3 – Ripartizione delle zone di attrazione e generazione degli spostamenti indotti

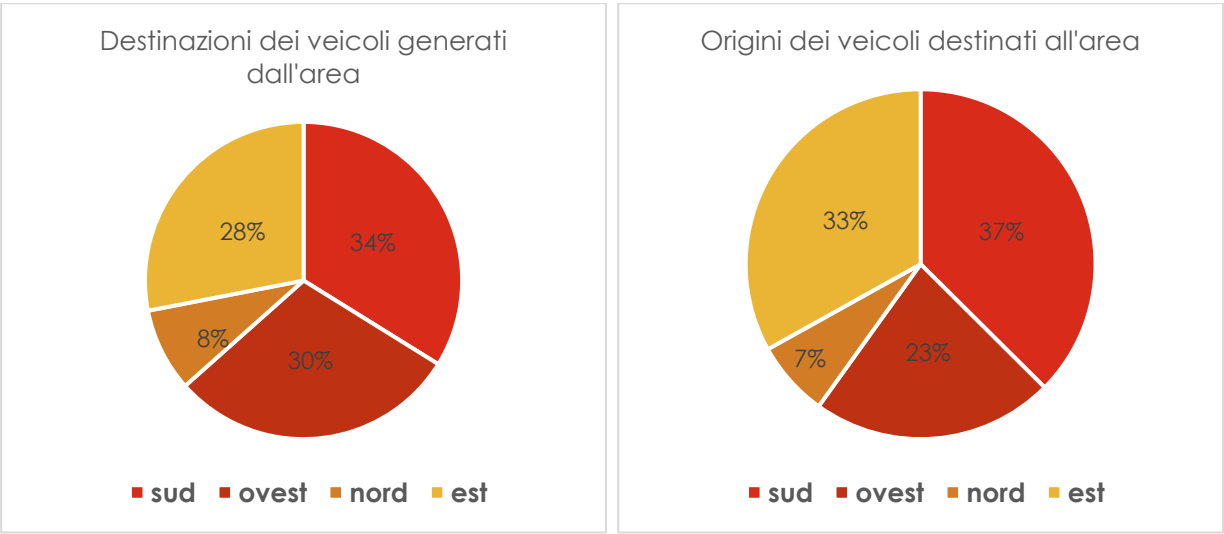


Figura 6.4 – Ripartizione percentuale degli spostamenti indotti rispetto alle zone di attrazione e generazione

[illegible]

Figura 6.5 - Flussogramma dei volumi assegnati nello scenario di progetto

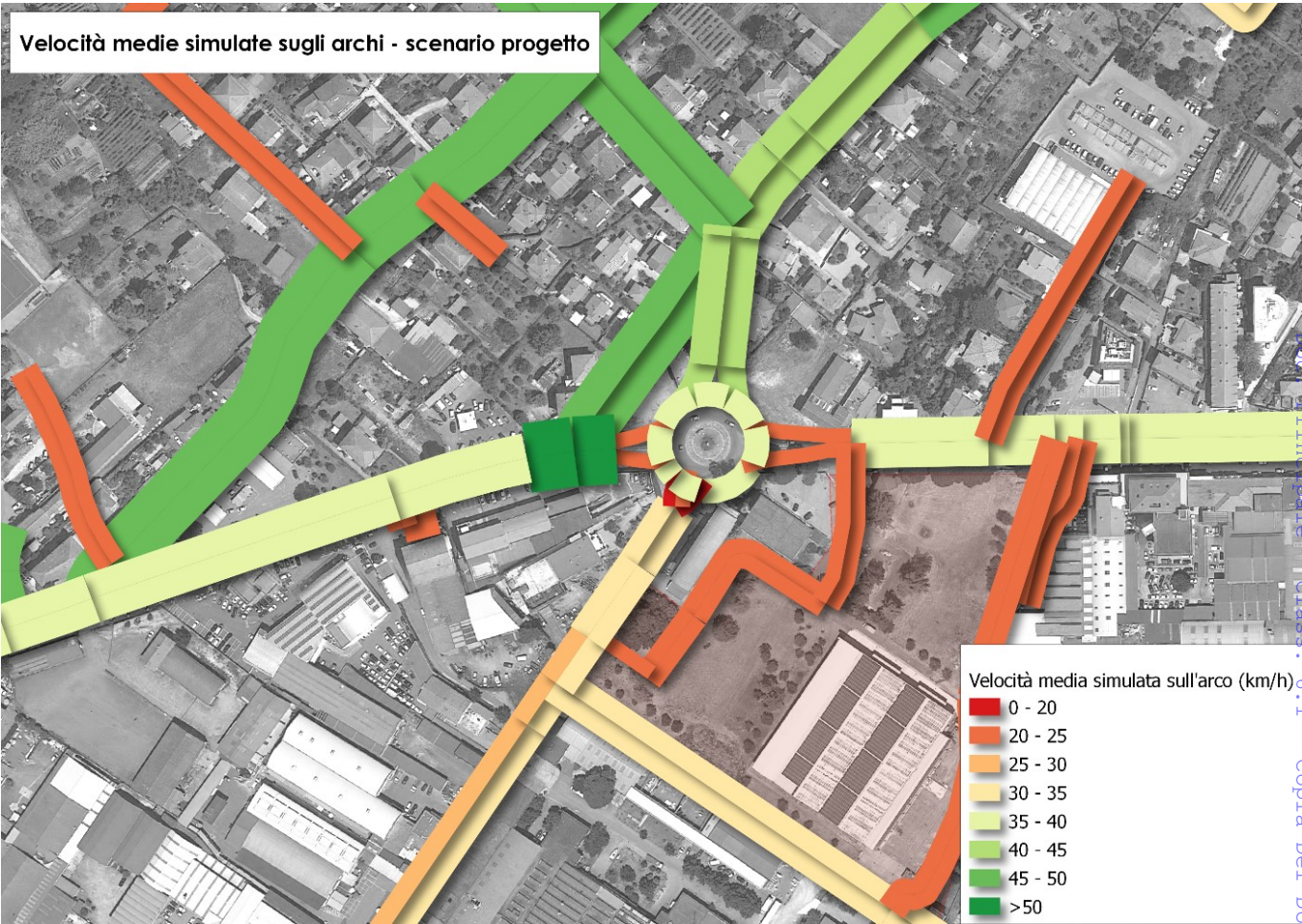


Figura 6.6 – Velocità medie simulate sugli archi della rete nello scenario di progetto

6.3 Confronto dei risultati

Per quantificare l'impatto globale sul sistema della viabilità sono stati utilizzati i seguenti macro-indicatori:

- tempo di percorrenza complessivo della simulazione [veic*h];
- percorrenza complessiva della simulazione [veic* km];
- velocità media della simulazione [km/h].

I valori riportati nella successiva tabella mostrano come l'aumento della matrice Origine Destinazione dello scenario di progetto si traduce in un lieve aumento dei primi due indicatori. Le condizioni globali di deflusso parallelamente non registrano una variazione apprezzabile in quanto la velocità media risulta uguale in entrambi gli scenari simulati e pari a 35 km/h.

Tabella 6.1 - macro-indicatori di rete a confronto tra scenario attuale e di progetto

Indicatore	Attuale	Progetto
Percorrenze [veic*km]	5986	6202
Tempi di percorrenza [veic*h]	130	136
Velocità media [km/h]	35,6	35,5



Nella successiva Figura 6.7 si evidenziano le variazioni dei flussi tra lo scenario di progetto e lo scenario attuale. La variazione maggiore si evidenzia sull'arco di ingresso all'area in prossimità della rotatoria. L'arco di uscita dalla rotatoria si trova poco sopra al limite della rappresentazione grafica (differenza di 80 veicoli, ovvero circa il 12%). Gli altri archi di ingresso all'area oggetto di studio non sono rappresentati a causa della mancanza del riferimento nello scenario attuale.

In generale sugli archi della viabilità esterna il differenziale risulta di lieve entità e come evidenziato dai risultati della macrosimulazione impatta in modo limitato sulle condizioni di deflusso della rete. In riferimento ai risultati si può quindi affermare che anche nelle condizioni maggiormente critiche per il deflusso veicolare gli effetti dell'intervento urbanistico sono limitati e si esauriscono a breve distanza dallo stesso.

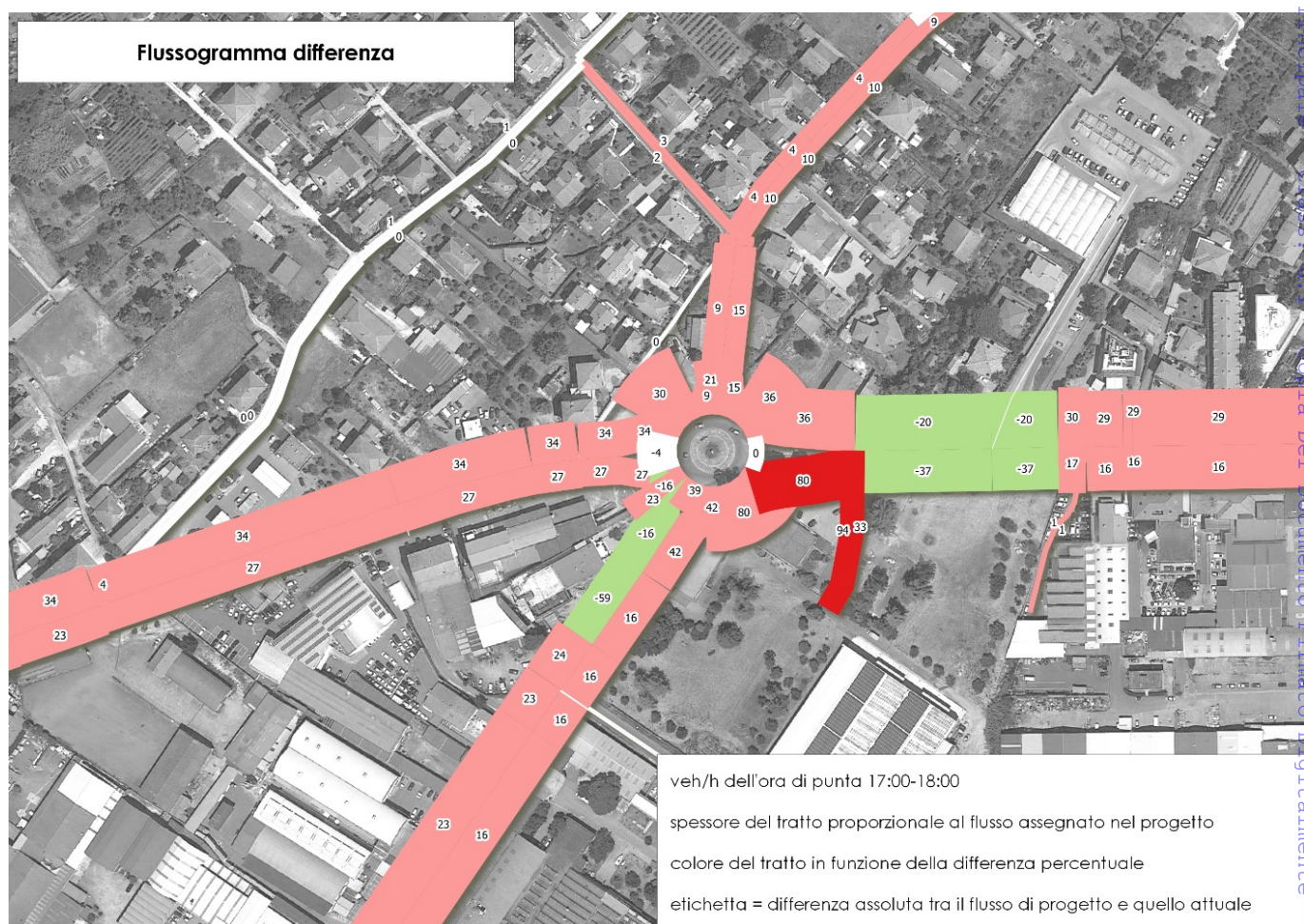


Figura 6.7 - Flussogramma rosso-verde della differenza di volume di traffico assegnato nei due scenari

7 MODELLO DI MICROSIMULAZIONE

Come approfondimento si è scelto di porre un modello di microsimulazione dinamica utile a valutare nel dettaglio le dinamiche di deflusso osservate nell'area di intervento, legate soprattutto all'interazione dei veicoli che percorrono traiettorie in conflitto soprattutto in presenza di veicoli di categorie diverse. I modelli di tipo macro, infatti, permettono di valutare l'utilizzo della capacità delle arterie stradali e le direttrici utilizzate nelle scelte di percorso per le diverse relazioni Origine-Destinazione, ma non permettono di indagare gli effetti di interazioni di tipo micro tra singoli veicoli. Invece, attraverso la calibrazione di parametri comportamentali delle diverse categorie di utenza e dei coefficienti alla base del funzionamento dei modelli di scelta, è possibile ricostruire con affidabilità le dinamiche di interazione tra le correnti veicolari e di formazione degli accodamenti e di analizzare le prestazioni delle intersezioni.

Il modello ha quindi lo scopo di:

- verificare il livello di servizio degli archi stradali e delle intersezioni
- controllare le conseguenze di scelte progettuali puntuali, in particolare in corrispondenza dei nodi, sulle *performance* generali della rete.

Il software di microsimulazione assegna la domanda all'offerta di trasporto tramite un modello di assegnazione dinamico, che tiene conto quindi dell'evoluzione temporale del sistema di offerta simulato. Più precisamente, il processo si basa sull'ottenimento di una soluzione stocastica al problema, dal momento che l'evoluzione temporale del sistema non è univocamente determinabile, ma dipende da vari fattori, tra cui il comportamento degli utenti. Per questo motivo la microsimulazione integra diversi modelli matematici per descrivere i comportamenti dei singoli veicoli nelle situazioni di:

- accodamento al veicolo precedente (Car Following);
- cambio di corsia (Lane Changing);
- accettazione del tempo di attesa (Gap acceptance).

Il modello Car Following regola il comportamento di un veicolo in funzione del comportamento del veicolo che lo precede, oltre che ai parametri caratteristici della propria categoria veicolare (quali velocità massima raggiungibile, accelerazione, tempo di reazione, ecc.) e delle caratteristiche delle sezioni stesse (velocità massima).

Il modello Lane Changing descrive il comportamento del veicolo nell'atto del cambio di corsia. Ogni sezione del grafo è suddivisa in tre zone, tra le quali varia il comportamento del veicolo rispetto al desiderio di cambiare corsia.

Il modello Gap acceptance regola il comportamento del veicolo all'atto di compiere una qualsiasi manovra (immissioni, ingresso in un'intersezione, ecc..) in cui sia presente almeno un punto di conflitto con altri veicoli. Ad



ogni categoria di veicolo è associato un tempo di attesa accettato, il quale viene confrontato con i gap temporali tra il passaggio di due veicoli della corrente "avversa". Nel caso in cui il gap temporale superi tale valore, il veicolo in attesa può immettersi anche in condizioni di non sicurezza.

La fase di calibrazione del modello di microsimulazione comporta la regolazione di questi parametri, al fine di riprodurre le reali condizioni di deflusso della rete. La calibrazione di tali parametri comporta la scelta del loro valore medio e della loro varianza per le diverse categorie di utenti e i vari archi del grafo stradale: le diverse simulazione del medesimo scenario non restituiscono gli stessi risultati puntuali in termini di tempi di percorrenza e flusso, perché la scelta del percorso del singolo veicolo dipende dall'evoluzione temporale dello scenario, che a sua volta –come già anticipato- cambia al variare di tali parametri.

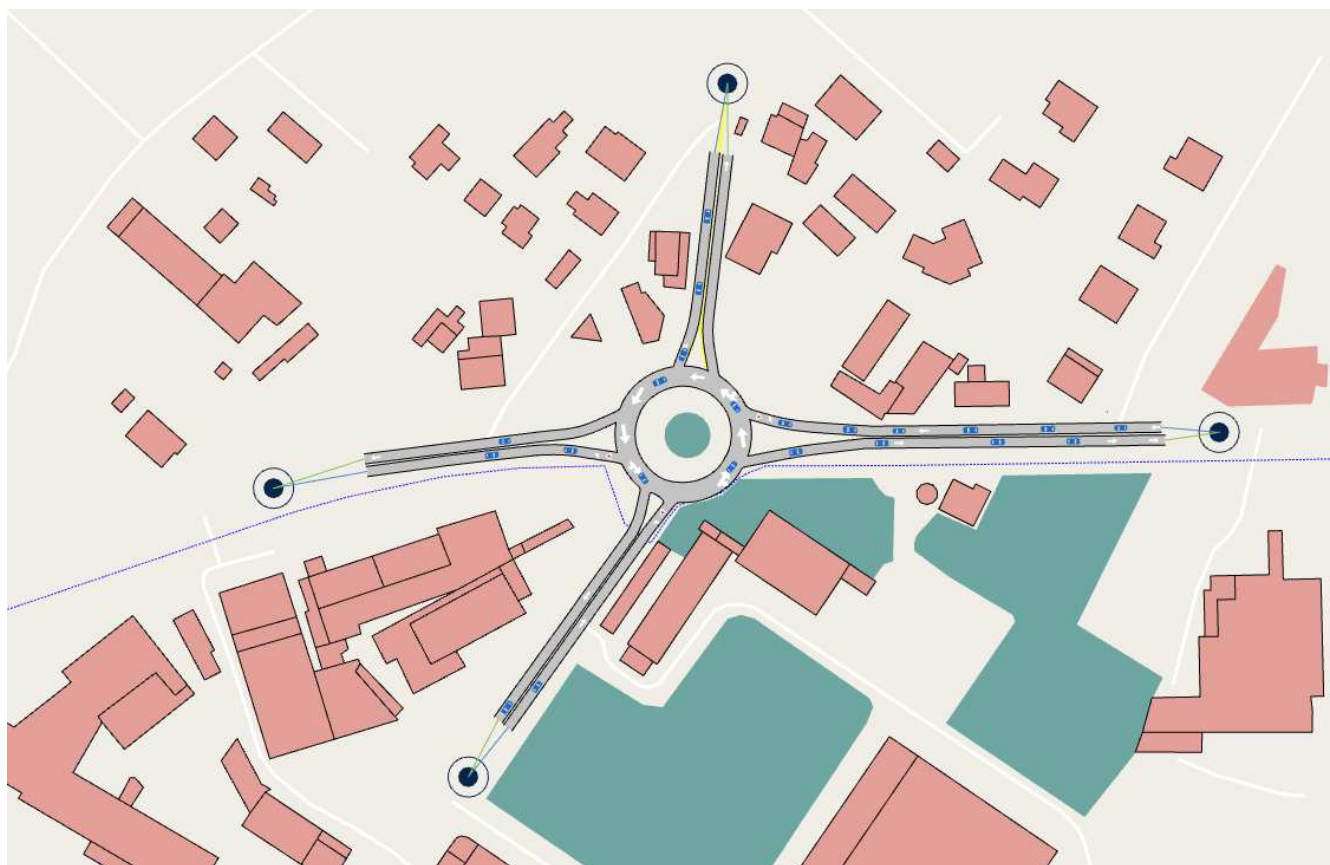


Figura 7.1 - Estensione del modello di microsimulazione

7.1 Descrizione degli scenari

Per valutare l'impatto del traffico indotto dalle attività previste dalla Variante Urbanistica per cambio di destinazione d'uso da industriale a commerciale dell'area Autonieri – Universal Bench sono stati implementati due scenari di simulazione, uguali a quelli del modello macro:

- Scenario attuale: caratterizzato dall'offerta e dalla domanda di trasporto attuali;
- Scenario di progetto: alla viabilità esistente viene aggiornata la configurazione degli accessi all'area e la domanda di trasporto viene incrementata dal traffico indotto.

7.2 Rete di offerta

La rete di offerta è costituita principalmente dalla rotatoria e dai quattro bracci che vi confluiscono.

Ciascun arco è stato caratterizzato dalle caratteristiche funzionali e geometriche quali larghezza, numero corsie, capacità nominale, velocità massima e dalle regole di circolazione.

7.3 Domanda di traffico

La domanda di traffico è stata ricostruita a partire dal ritaglio del modello di macrosimulazione, costruito a partire da FCD corretti con i rilievi di traffico. La procedura di ritaglio è stata eseguita per entrambi gli scenari macro: allo stato attuale e in quello di progetto.

I veicoli presenti nella simulazione sono appartenenti ad un'unica categoria (auto), per cui sono stati definiti elementi caratteristici quali, per citarne alcuni, la lunghezza media, l'accelerazione e la decelerazione medie, la velocità massima desiderabile, il tempo di reazione.

La simulazione considera un periodo temporale di analisi in cui si raggiungono le condizioni maggiormente critiche per il sistema. Per la componente del traffico urbano il carico veicolare maggiore si riscontra durante l'ora di punta del mattino del giorno feriale medio, cioè **17:00 – 18:00**.

7.4 Calibrazione del modello

Il modello è stato calibrato sulla base del comportamento degli utenti nell'ora di punta della mattina per ricreare i fenomeni osservati sulla rete.

Per la classe di utenza considerata è stato impostato un range per i parametri di accelerazione, velocità massima desiderata, tempo di reazione in corrispondenza delle intersezioni non semaforizzate, tempo di reazione in corrispondenza delle intersezioni semaforizzate, aggressività, ecc.

7.5 Criteri di valutazione funzionali

Il software di microsimulazione assegna la domanda all'offerta di trasporto tramite un modello di assegnazione dinamico, che tiene conto quindi dell'evoluzione temporale del sistema di offerta simulato. Più precisamente, il processo si basa sull'ottenimento di una soluzione stocastica al problema, dal momento che l'evoluzione temporale del sistema non è univocamente determinabile, ma dipende da vari fattori, tra cui il comportamento degli utenti. Vengono quindi effettuate diverse simulazioni del medesimo scenario, che non restituiscono gli stessi risultati puntuali in termini di tempi di percorrenza e flusso, perché la scelta del percorso del singolo veicolo dipende dall'evoluzione temporale dello scenario: questa, a sua volta, cambia al variare dei

parametri comportamentali dell'utente, contraddistinti anch'essi da una variabilità casuale all'interno di range definiti. I parametri calibrati sul modello attuale sono quindi riutilizzati per la simulazione degli scenari futuri.

Il confronto sintetico tra le prestazioni dei diversi scenari simulati è possibile tramite i seguenti indicatori:

- indicatori relativi ai nodi:
 1. Livello di Servizio – LoS calcolato lungo gli archi di interesse secondo Highway Capacity Manual
 2. Tempi medi di attesa [s]
 3. Accodamento medio e massimo [m].

Il livello di servizio (Level of Service – LoS) è un indicatore sintetico definito dall'Highway Capacity Manual, tipicamente utilizzato in studi di traffico che potrebbero interessare una particolare arteria stradale. Il LoS esprime il buono o cattivo funzionamento di un elemento stradale (arco, intersezione non semaforizzata, intersezione semaforizzata, rotatoria). I livelli di servizio sono sei, identificati con una lettera da A ad F, e ordinati secondo il peggioramento progressivo delle condizioni di deflusso (A indica la circolazione a flusso libero, F indica la marcia stop and go ovvero la presenza di accodamenti).

L'utilizzo di questo indicatore permette di visualizzare in modo semplice uno stato di congestione dovuto -ad esempio- alla presenza di un'intersezione o ad una situazione di rallentamento di un tratto stradale urbano utilizzato come tronco di scambio tra diverse traiettorie, anche in condizioni di saturazione (vale a dire del rapporto flusso/capacità) bassa. La saturazione, infatti, non permette di valutare in modo esaustivo le condizioni di deflusso, dal momento che è legata alla capacità teorica di un arco senza considerare la sistemazione dei nodi estremi dello stesso o il suo utilizzo da parte degli utenti nelle loro traiettorie.



Figura 7.2 - Condizioni di deflusso e relativi livelli di servizio

Il manuale HCM indica i parametri specifici da cui dipende il livello di servizio, sulla base della tipologia dell'elemento studiato. Ad esempio, il livello di servizio per gli archi di scorrimento extraurbano dipende dalla densità veicolare, espressa in veicoli/miglio/corsia; le strade urbane invece dipendono dalla velocità espressa come aliquota percentuale della velocità di flusso libero (Level of Efficiency). Indipendentemente dal parametro scelto, un rapporto superiore a 1 tra flusso circolante Q e capacità dell'asta C , esprime una condizione di congestione e, di conseguenza, il livello di servizio non può che essere F.

La valutazione funzionale delle intersezioni, sempre in accordo con il Manuale HCM, è invece funzione del tempo medio di attesa (delay time) espresso in secondi/veicolo e registrato sulle corsie di entrata. Il Livello di Servizio per le intersezioni a raso non semaforizzate è così individuato rispetto ai seguenti intervalli indicati in Tabella 7.1.

Tabella 7.1 – Classi di attribuzione del LOS per approcci a intersezioni non semaforizzate e semaforizzate (fonte: HCM)

Delay time non semaforizzate (s/veic)	Delay time semaforizzate (s/veic)	LOS
≤ 10	≤ 10	A
$10 \div 15$	$10 \div 20$	B
$15 \div 25$	$20 \div 35$	C
$25 \div 35$	$35 \div 55$	D
$35 \div 50$	$55 \div 80$	E
> 50	> 80	F

7.6 Confronto dei risultati

Nelle due tabelle di seguito si riporta un prospetto di dettaglio dei risultati della simulazione, in termini di Livello di Servizio, tempi medi di attesa e lunghezza media della coda, per gli archi di ingresso della rotatoria posta a nord ovest rispetto all'area di intervento.

Si ricorda che la valutazione funzionale delle intersezioni, in accordo con il Manuale HCM, è funzione del tempo medio di attesa (delay time) espresso in secondi/veicolo e registrato sulle corsie di entrata.

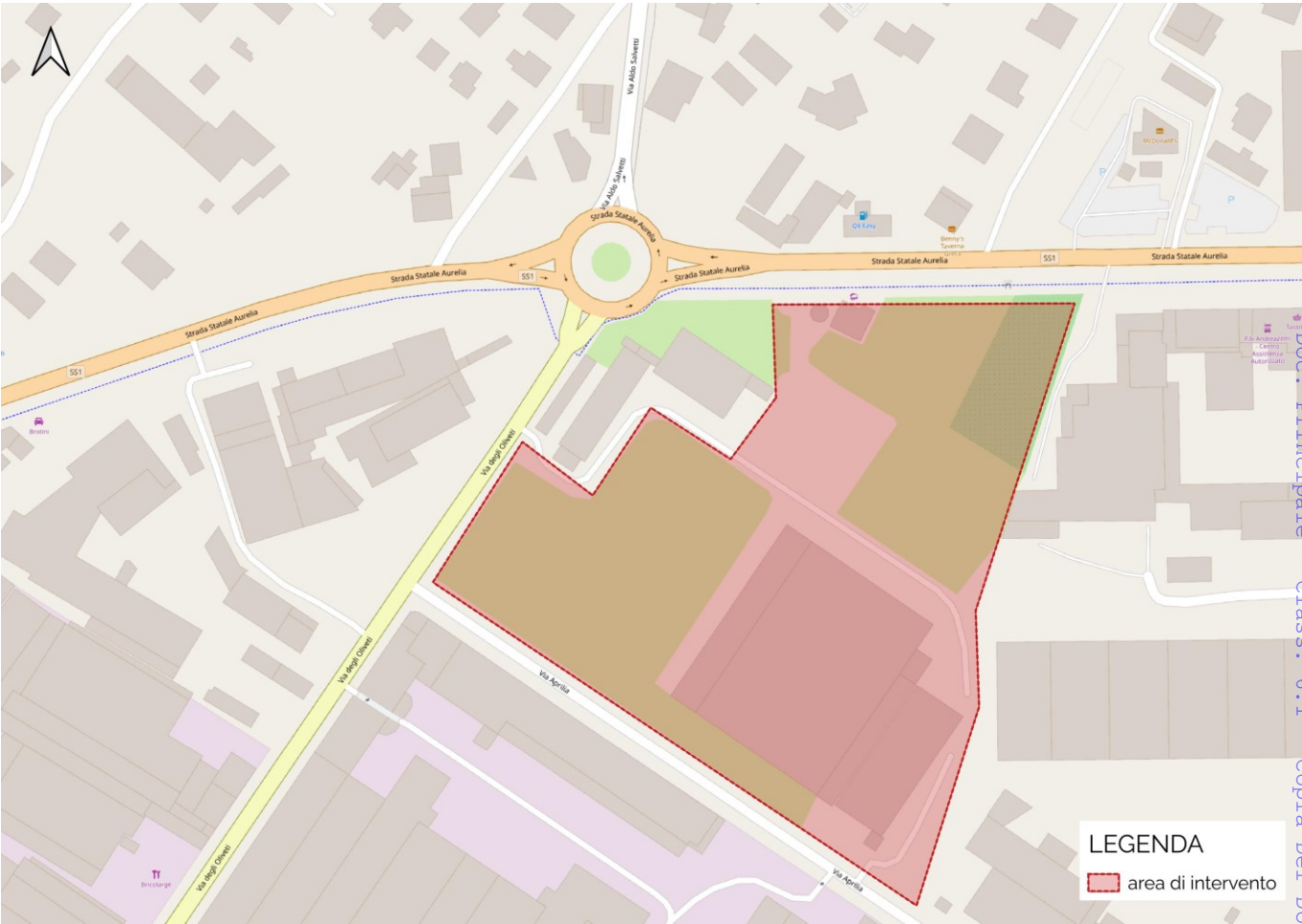


Figura 7.3 – Inquadramento della rotatoria

Dall'analisi emerge che l'intersezione a rotatoria allo stato attuale presenta un indicatore buono (LOS A/B) per i veicoli provenienti da sud (via degli Oliveti) , da est (Strada Statale Aurelia) e da nord (via Aldo Salvetti) medio (LOS C) per i flussi proveniente da ovest (Strada Statale Aurelia)

Nello scenario di progetto, in cui varia la domanda, l'intersezione presenta condizioni invariate sul ramo sud, est e ovest; la differenza è solo nel ramo nord. Infatti, si nota un lieve peggioramento con il passaggio del LOS da B a C, ma ciò non implica una condizione particolarmente critica in quanto si mantiene comunque medio.

Tabella 7.2- Livello di Servizio – scenario attuale

Rami	LOS	Tempo medio di attesa (s)	Lunghezza media della coda (m)	Coda massima (m)
sud	A	5	5	25
ovest	C	15	10	23
est	A	7	15	49
nord	B	11	7	20

Tabella 7.3 - Livello di Servizio – scenario di progetto

Rami	LOS	Tempo medio di attesa (s)	Lunghezza media della coda (m)	Coda massima (m)
sud	A	9	12	25
ovest	C	16	12	23
est	A	10	21	38
nord	C	19	12	20

La pressione veicolare sulla rotatoria in corrispondenza della SS1 via Aurelia, via degli Oliveti, via Aldo Salvetti, mantiene livelli di flusso congruenti con quelli registrati nello scenario attuale. Infatti, dalla microsimulazione si è osservato che il Livello di Servizio non varia tra lo scenario attuale e quello di progetto, eccetto un ramo per cui le condizioni di deflusso si mantengono comunque discrete.

AOO COMUNE DI MASSA
Protocollo Arrivo N. 91646/2024 del 28-11-2024
Doc. Principale - Class. 6.1 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

8 CONCLUSIONI

Il presente studio ha l'obiettivo di valutare il traffico indotto dalle attività commerciali previste dall'attuazione della Variante Urbanistica dell'area Autonieri – Universal Bench, posta nel comune di Massa, tra Via Aurelia, Via degli Oliveti e Via Aprilia.

Per determinare il numero di spostamenti in termini di auto private generati ed attratti nella fascia oraria di punta, si è fatto uso della procedura descritta dal Trip Generation Manual dell'ITE, che fornisce un riferimento riconosciuto a livello internazionale per il traffico generato da nuovi interventi a seconda della loro destinazione d'uso, note le superfici di realizzazione.

L'influenza del traffico indotto sulla viabilità circostante è stata valutata mediante l'utilizzo di un modello di macrosimulazione. Già allo stato attuale, il livello di pressione del traffico sulla rete viaria della zona è elevato a causa del traffico di attraversamento del territorio comunale che utilizza la SS1 Via Aurelia e di quello diretto al mare su Via degli Oliveti.

L'analisi, condotta tramite simulazione e confronto delle prestazioni di due scenari denominati attuale e di progetto, vale a dire di attuazione della Variante Urbanistica, ha mostrato come l'insediamento delle attività commerciali nell'area avrà un'influenza ridotta sulle condizioni di deflusso della viabilità anche nei momenti più critici della giornata.

L'analisi dei flussogrammi, indicativi della pressione veicolare sulla rete, conferma che la situazione generale della mobilità privata osservata nella simulazione dello scenario di progetto non mostra differenze sostanziali con quelle dello scenario attuale.

Gli assi viari registrano nello scenario di progetto dei valori di velocità media analoghi a quelli dello stato attuale, evidenziando come il traffico indotto non porti a delle variazioni significative delle condizioni di deflusso.

Inoltre, è stata condotta un'analisi di approfondimento con il calcolo del Livello di Servizio, che riflette le condizioni di deflusso, della rotatoria situata a nord-ovest dell'area di intervento. Lo studio, conferma che la situazione complessiva della mobilità privata dello scenario progettuale, non presenta variazioni significative rispetto allo scenario attuale. L'unica modifica rilevante si verifica sulla sezione nord (via Aldo Salvetti), dove si prevede un lieve peggioramento del livello di servizio (da D a F).

Tabella 8.1 – Confronto tra scenari del Livello di Servizio

Rami	LOS – scenario attuale	LOS – scenario di progetto
sud	A	A
ovest	C	C
est	A	A
nord	B	C