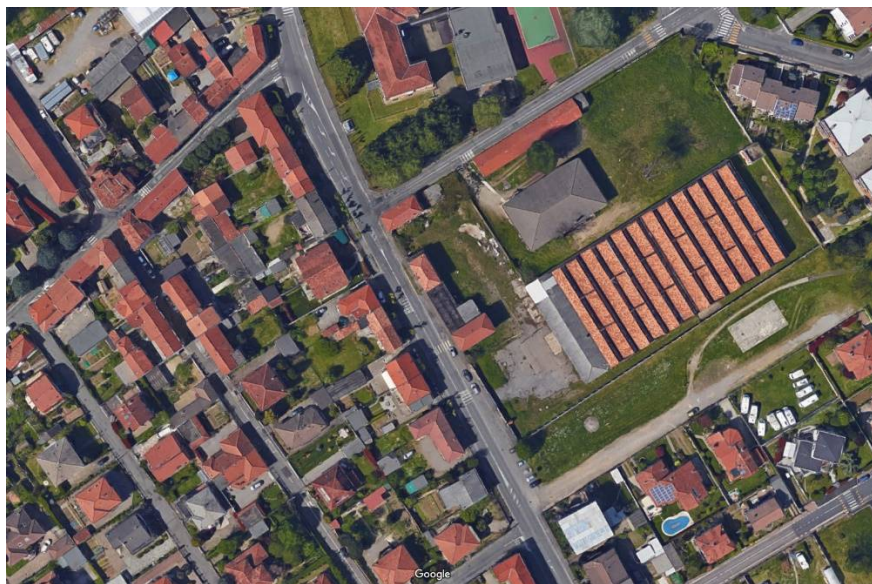


STUDIO DI ARCHITETTURA MONDELLINI

NUOVA LOTTIZZAZIONE VA GARIBALDI A POGLIANO MILANESE

STUDIO DI TRAFFICO



progettazione

Certificato UNI EN ISO 9001
n° 24163/01/S

direzione tecnica



emesso da RINA Services SpA

associato



via Oslavia, 18/7
20134 Milano

studio@t-au.com
studio@pec.t-au.com
www.t-au.com



TAU trasporti e ambiente urbano srl
p.iva e c.f. 05500190961

t +39 02 26417244
t +39 02 26417284
f +39 02 73960215

codifica elaborato

commessa	fase	livello	tipo	prog	rev	nr	scala
3602	ST	P	RG	01	A	1	-

oggetto

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' VIABILISTICA

rev	data	autore	verifica	approvazione
A	15.02.2016	Fabio Mazzon	Marco Salvadori	Giorgio Morini
B				
C				
D				

La proprietà intellettuale di questo documento è riservata alla società Tau Trasporti e Ambiente Urbano s.r.l. ai sensi di legge. Il presente documento non può pertanto essere utilizzato per alcun scopo eccetto quello per il quale è stato realizzato e fornito senza l'autorizzazione scritta di Tau Trasporti e Ambiente Urbano s.r.l. né venire comunicato a terzi o riprodotto. La società proprietaria tutela i propri diritti a rigore di legge.

INDICE

ELENCO DELLE TABELLE E DELLE FIGURE	4
1. INTRODUZIONE.....	5
2. OFFERTA DI MOBILITA'	6
2.1. Stato di fatto.....	6
2.2. Scenario di progetto.....	7
3. DOMANDA DI MOBILITÀ.....	9
3.1. Stato di fatto.....	9
3.2. Flussi veicolari nelle sezioni stradali.....	9
3.3. Manovre di svolta all'intersezione.....	12
3.4. Scenario di progetto.....	13
3.4.1. Stima del traffico indotto dalla struttura di vendita.....	13
3.4.2. Stima della capacità di sosta necessaria	15
3.4.3. Itinerari del traffico indotto.....	15
3.5. Matrici Origine / Destinazione degli scenari analizzati	16
3.5.1. Scenario di riferimento – Stato di fatto	16
3.5.2. Scenario di progetto.....	17
4. IL MODELLO DI CALCOLO	19
5. SIMULAZIONI MODELLISTICHE	21
5.1. Parametri trasportistici analizzati.....	22
5.1.1. Parametri di Macrosimulazione.....	22
5.1.2. Parametri di Microsimulazione.....	23
5.1.3. Parametri globali della rete	24
5.2. Scenario di riferimento – Stato di Fatto	24
5.2.1. Flussi veicolari.....	24
5.2.2. Rapporto Flusso/Capacità e fenomeni congestivi	24
5.2.3. Perditempo	25
5.2.4. Distanze percorse, tempi di percorrenza e velocità media dei veicoli	25
5.3. Scenario di progetto 1	25
5.3.1. Flussi veicolari.....	25
5.3.2. Rapporto Flusso/Capacità e fenomeni congestivi	26
5.3.3. Perditempo	26
5.3.4. Distanze percorse, tempi di percorrenza e velocità media dei veicoli	26
5.4. Scenario di progetto 2	27
5.4.1. Flussi veicolari.....	27

5.4.2. Rapporto Flusso/Capacità e fenomeni congestivi	27
5.4.3. Perditempo	28
5.4.4. Distanze percorse, tempi di percorrenza e velocità media dei veicoli	28
6. CONCLUSIONI	30
ALLEGATO A – INDAGINI DI TRAFFICO (CONTEGGI AUTOMATICI)	31
ALLEGATO B – INDAGINI DI TRAFFICO (CONTEGGI MANUALI)	32
ALLEGATO C – SIMULAZIONI DI TRAFFICO.....	33

ELENCO DELLE TABELLE E DELLE FIGURE

TABELLE – ALLEGATO A – INDAGINI DI TRAFFICO (CONTEGGI AUTOMATICI)

Tabella	-	Sezione di conteggio automatico SA_01	3602_SA_01.xlsx
Tabella	-	Sezione di conteggio automatico SA_02	3602_SA_02.xlsx

TABELLE – ALLEGATO B – INDAGINI DI TRAFFICO (CONTEGGI MANUALI)

Tabella1.1-3	Conteggi classificati manuali delle manovre all'intersezione MN1: Via Garibaldi – via N. Sauro	3602_DB_MN_01A.xlsx
--------------	--	---------------------

FIGURE – ALLEGATO C – SIMULAZIONI DI TRAFFICO

Fig.	1.1	Stato di fatto – feriale 17.15-18.15: flussi veicolari equivalenti circolanti (veicoli/ora)	3602_ST_P_FG_01A.dwg
Fig.	1.2	Stato di fatto – feriale 17.15-18.15: rapporto Flusso/Capacità	3602_ST_P_FG_01A.dwg
Fig.	1.3	Stato di fatto – feriale 17.15-18.15: perditempo nella percorrenza dell'arco stradale (sec)	3602_ST_P_FG_01A.dwg
Fig.	2.1	Scenario di progetto 1 – feriale 17.15-18.15: flussi veicolari equivalenti circolanti (veicoli/ora)	3602_ST_P_FG_01A.dwg
Fig.	2.2	Scenario di progetto 1 – feriale 17.15-18.15: rapporto Flusso/Capacità	3602_ST_P_FG_01A.dwg
Fig.	2.3	Scenario di progetto 1 – feriale 17.15-18.15: perditempo nella percorrenza dell'arco stradale (sec)	3602_ST_P_FG_01A.dwg
Fig.	3.1	Scenario di progetto 2 – feriale 17.15-18.15: flussi veicolari equivalenti circolanti (veicoli/ora)	3602_ST_P_FG_01A.dwg
Fig.	3.2	Scenario di progetto 2 – feriale 17.15-18.15: rapporto Flusso/Capacità	3602_ST_P_FG_01A.dwg
Fig.	3.3	Scenario di progetto 2 – feriale 17.15-18.15: perditempo nella percorrenza dell'arco stradale (sec)	3602_ST_P_FG_01A.dwg

1. INTRODUZIONE

Il presente documento riporta i risultati dello studio di traffico relativo all'area circostante l'intersezione tra le vie Garibaldi e Nazario Sauro a Pogliano Milanese, al fine di valutare gli impatti trasportistici degli scenari progettuali adottati in seguito alla realizzazione di una piccola struttura di vendita di generi alimentari in via Garibaldi.

Obiettivo principale dello studio è la stima e valutazione degli effetti derivanti da:

- Nuovo traffico veicolare indotto dalle attività previste dalla struttura di vendita;
- Riqualificazione della viabilità, in particolare a seguito del potenziamento dell'intersezione tra via Garibaldi e via Sauro, che viene trasformata a rotatoria.

Lo studio è articolato in più fasi:

- Descrizione e risultati delle indagini di traffico;
- Calcolo del traffico indotto dalle nuove attività e distribuzione di tale traffico verso le principali direttrici di traffico;
- Elaborazione della matrice degli spostamenti a partire dalle indagini di traffico e mobilità e calibrazione del modello dello stato di fatto;
- Costruzione del grafo di rete rappresentativo della rete di progetto;
- Verifica della rete di progetto nell'ora di punta del giorno feriale medio.

Il presente studio prevede di effettuare sia delle macrosimulazioni, per quanto riguarda gli aspetti della distribuzione dei flussi e il calcolo della congestione sulla rete, che microsimulazioni, al fine di valutare con maggior dettaglio il comportamento dei flussi veicolari presso le intersezioni. Per le simulazioni di traffico sono state utilizzate tre distinte classi veicolari:

- Autovetture;
- Veicoli commerciali leggeri (<3,5 t);
- Veicoli commerciali pesanti (>3,5 t).

2. OFFERTA DI MOBILITA'

2.1. Stato di fatto

L'area di studio analizzata è l'intersezione tra le via Garibaldi e Nazario Sauro. Di seguito si riporta un'immagine satellitare dell'area.



L'intersezione a tre rami è attualmente regolata a precedenza. Via Garibaldi è la via principale, e via Nazario Sauro la secondaria. Le svolte a sinistra da via Garibaldi nord sono canalizzate.



Vista dell'intersezione Garibaldi – Sauro (vista da via Sauro).



Vista dell'intersezione Garibaldi – Sauro (vista da via Garibaldi sud).

2.2. Scenario di progetto

Il progetto prevede di recuperare un'area dismessa nei pressi dell'intersezione, realizzandovi una piccola struttura di vendita di beni alimentari (supermercato) con relativo parcheggio. L'ingresso al parcheggio avverrà da una via d'accesso laterale di

via Garibaldi, mentre le uscite dal parcheggio avverranno direttamente sulla via Garibaldi, nei pressi della nuova rotatoria. I veicoli in uscita dal parcheggio saranno obbligati a svoltare a destra e percorrere la nuova rotatoria.

3. DOMANDA DI MOBILITÀ

3.1. Stato di fatto

Al fine di valutare la rispondenza dell'offerta alle esigenze dell'utenza, con l'obiettivo di caratterizzare la domanda di mobilità dell'area e per meglio comprendere la dinamica della circolazione stradale, sono state svolte indagini specifiche sui vari aspetti della domanda di trasporto.

La conoscenza dei flussi di traffico è uno degli elementi fondamentali per la pianificazione in ambito viabilistico, in quanto permette di valutare in maniera attenta le alternative di intervento sulla base di una valutazione dei costi e dei benefici che tenga conto della domanda di trasporto espressa dai volumi di traffico in gioco.

L'operazione di rilievo del traffico deve quindi essere mirata alla conoscenza, quanto più dettagliata possibile, di quegli indicatori necessari alla definizione degli attuali livelli di servizio della viabilità in modo da poter programmare gli interventi che possano migliorare le condizioni di circolazione e di sicurezza.

La campagna di indagine è stata effettuata tra la seconda metà del mese di gennaio e la prima metà del mese di febbraio 2016. In particolare sono stati effettuati rilievi di traffico consistenti in:

- Censimento di entità e velocità dei flussi veicolari, attraverso conteggi classificati di traffico, con rilievi effettuati nelle due direzioni di marcia con apparecchiature automatiche, per la durata di sette giorni consecutivi;
- Rilievo delle manovre veicolari in corrispondenza dell'intersezione tra via Garibaldi e via Nazario Sauro, mediante conteggi classificati effettuati manualmente nelle fasce orarie di punta della giornata ferial tipo.

3.2. Flussi veicolari nelle sezioni stradali

L'entità e la velocità dei flussi veicolari interessanti la viabilità principale sono state oggetto di analisi attraverso un rilievo condotto nelle due direzioni di marcia, nell'arco dell'intera giornata, per sette giorni consecutivi, mediante apparecchiature automatiche¹.

Sezioni stradali oggetto di indagine

¹ Per la realizzazione del rilevamento sono state utilizzate apparecchiature radar che sfruttano l'effetto Doppler. Il velocimetro radar effettua le misurazioni della velocità valutando l'eco di un segnale radar emesso su determinate frequenze. Quando un veicolo in transito passa nel campo visivo dell'antenna, una parte del fascio viene emessa ed un sensore ottico rileva il segnale di ritorno generato dalla riflessione sull'antenna. La frequenza delle onde è modificata in funzione della velocità del veicolo puntato. A partire dalla differenza tra la radiazione emessa e quella riflessa si può determinare la velocità del veicolo.

Codice sezione	Strada	Localizzazione rilievo	Periodo di indagine
SA 1	Via Garibaldi	Tra via N. Sauro e via Manzoni	dal 27/01 al 03/02/2016
SA 2	Via N. Sauro	Tra via Garibaldi e via Chiesa	dal 27/01 al 03/02/2016

I flussi veicolari sono stati classificati in categorie di lunghezza e di velocità. Le classi di lunghezza rilevate sono le seguenti:

- Fino a 4,9 m corrispondente a biciclette, moto e autovetture;
- Da 5 a 9,9 m autocarri fino a 3,5 t;
- Da 10 a 12,4 m veicoli commerciali > 3,5 t a 3 assi;
- Da 12,5 a 16,4 m veicoli commerciali > 3,5 t a 4 assi;
- Da 16,5 a 18,9 m veicoli commerciali > 3,5 t a 5 assi;
- Oltre i 19 m veicoli eccezionali.

Le classi di velocità invece sono le seguenti:

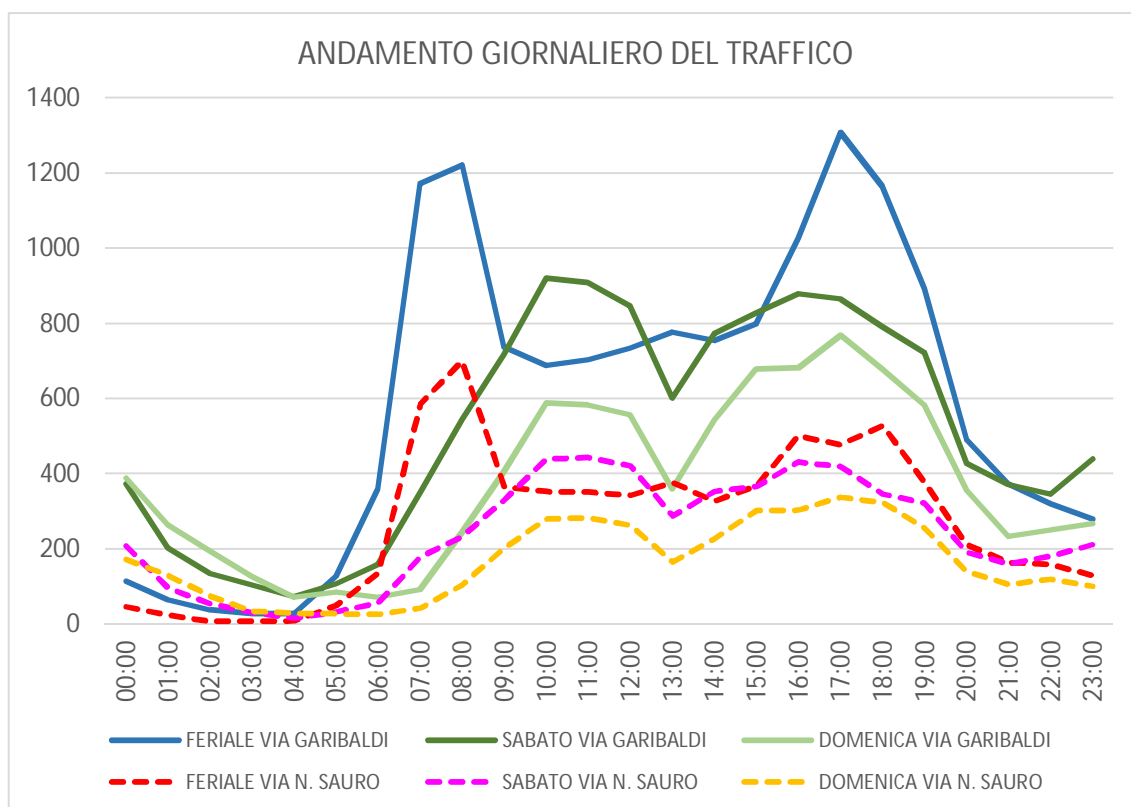
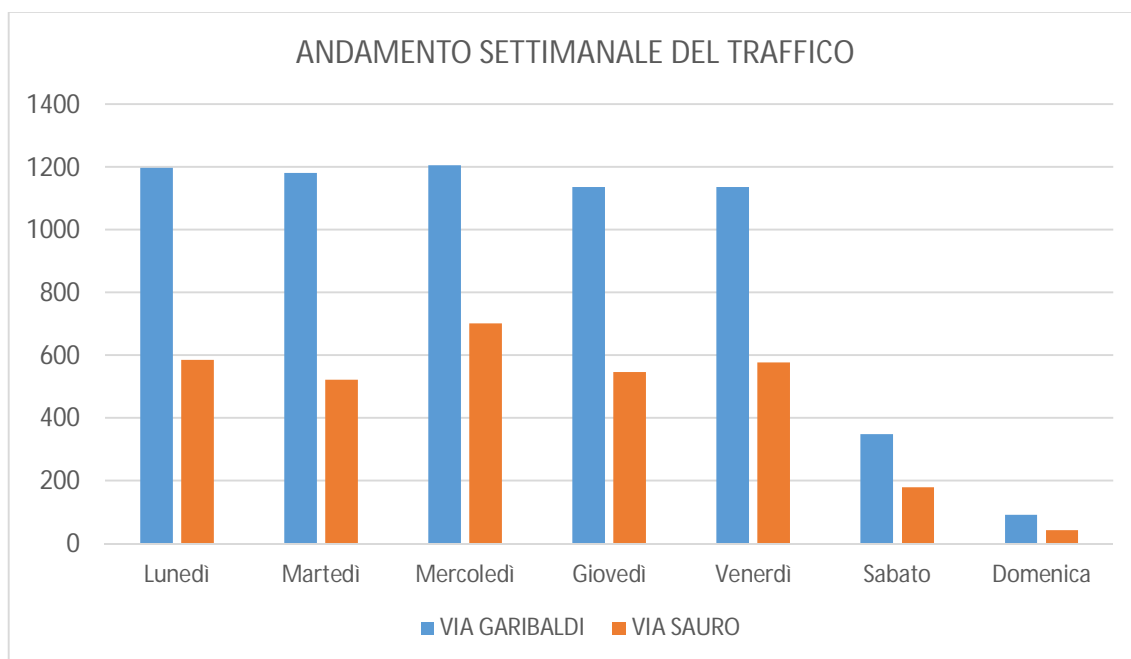
- Fino a 20 km/h;
- Da 20 km/h a 30 km/h;
- Da 30 km/h a 40 km/h;
- Da 40 km/h a 50 km/h;
- Da 50 km/h a 70 km/h;
- Da 70 km/h a 90 km/h;
- Da 90 km/h a 110 km/h;
- Oltre 110 km/h.

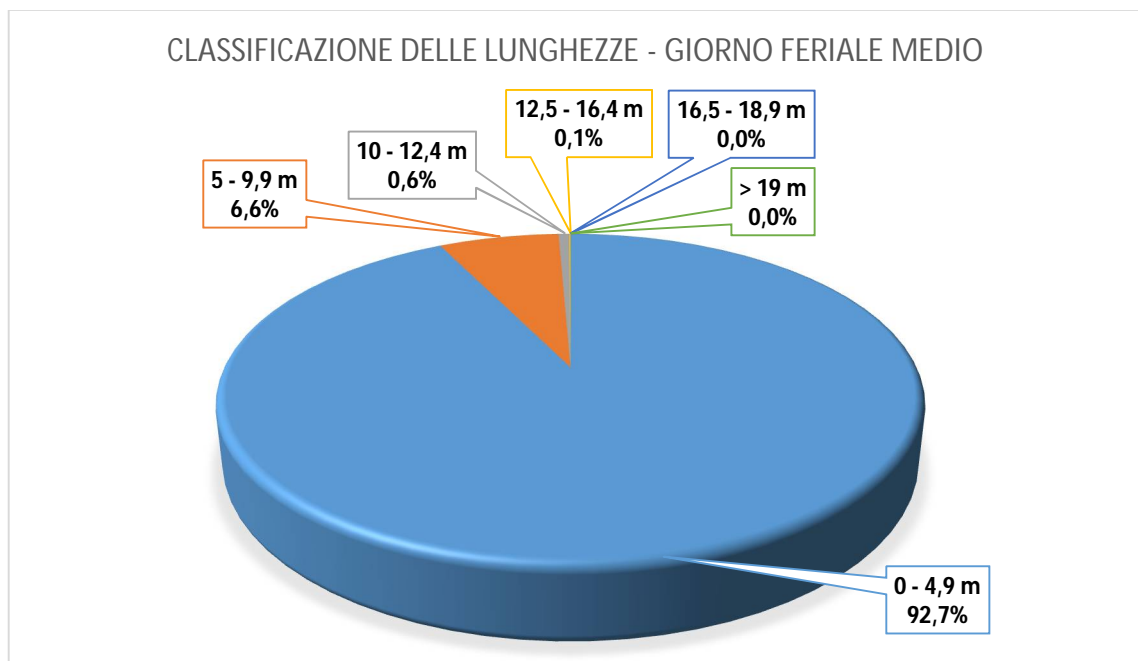
Tabelle e grafici analitici con le distribuzioni dei flussi veicolari per ciascuna sezione stradale e direzione di marcia sono riportati nell'**Allegato A** a fondo testo. I principali parametri rilevati ed elaborati sono i seguenti:

- Volumi di traffico orari, diurni, notturni e giornalieri del giorno feriale medio, del sabato e della domenica;
- Velocità medie orarie, diurne, notturne e giornaliere del giorno feriale medio, del sabato e della domenica;
- Andamento giornaliero dei flussi veicolari per classi di lunghezza del giorno feriale medio;
- Curva flusso-velocità media del giorno feriale medio.

Di seguito, a titolo di analisi complessiva, si riportano:

- Il grafico riassuntivo dell'andamento settimanale del traffico (valori di traffico bidirezionale);
- Il grafico riassuntivo dell'andamento giornaliero del traffico (valori di traffico bidirezionale);
- Il grafico riassuntivo della classificazione veicolare (giorni feriali).





Dai precedenti dati si evince come durante la settimana il traffico abbia valori stabili, mentre si riduce al sabato (-12%) e soprattutto la domenica (-37%). Analizzando invece i dati giornalieri si evince come in settimana si presentino due picchi accentuati nelle ore di punta del mattino (7.00-9.00) e della sera (17.00-19.00). Nel fine settimana l'ora di punta del mattino è inferiore e più tarda. Mentre in settimana il traffico di punta è di 1.200-1.300 veicoli bidirezionali in via Garibaldi e 500-600 in via N. Sauro, al sabato è di 800-900 veicoli bidirezionali in via Garibaldi e 400-500 in via N. Sauro.

La presenza di mezzi commerciali lunghi è particolarmente ridotta, dal momento che ben il 93% dei veicoli rilevati in periodo feriale è di lunghezza inferiore a 5 m.

3.3. Manovre di svolta all'intersezione

Col fine di approfondire il tema dei flussi veicolari sono state rilevate le manovre di svolta in corrispondenza di dell'intersezione tra via Garibaldi e via Nazario Sauro.

I dati raccolti permettono di ricostruire la distribuzione delle manovre di svolta e valutare il livello di servizio della singola intersezione, allo stato di fatto e in corrispondenza di un eventuale nuovo assetto circolatorio e/o geometrico-funzionale in fase di progetto.

I conteggi sono stati condotti manualmente in un giorno feriale medio nelle fasce orarie di punta:

- Della mattina, dalle ore 7.30 alle ore 9.30;
- Della sera, dalle ore 17.00 alle ore 19.00.

Le tipologie veicolari rilevate sono state le seguenti:

- Autovetture;
- Veicoli commerciali leggeri aventi massa complessiva inferiore a 3,5 t;

- Veicoli commerciali pesanti aventi massa complessiva superiore a 3,5 t.

Tabelle con i dati analitici rilevati, per quarto d'ora, e grafici rappresentanti la distribuzione del carico veicolare di ciascuna intersezione sono riportati nell'**Allegato B** a fondo testo. Per ogni intersezione è stata determinata l'ora di punta e il fattore dell'ora di punta (calcolato come rapporto tra il flusso di traffico dell'ora di punta e 4 volte il flusso del quarto d'ora più carico).

Dai dati emerge che sia al mattino che alla sera i flussi circolanti sono complessivamente simili. Sia al mattino che alla sera le manovre di attraversamento nord-sud su via Garibaldi rappresentano oltre la metà dei flussi totali (58% nell'ora di punta del mattino e 68% nell'ora di punta della sera). Riguardo alla classificazione i veicoli commerciali rappresentano mediamente il 5% dei flussi veicolari, di cui il 4% inferiori alle 3,5 t e l'1% oltre le 3,5t.

L'ora di punta del mattino è risultata essere tra le 7.45 e le 8.45 (1.531 veicoli in ingresso all'intersezione), mentre alla sera tra le 17.15 e le 18.15 (1.482 veicoli in ingresso all'intersezione).

3.4. Scenario di progetto

La domanda di mobilità di progetto è la somma tra il traffico attualmente circolante nella zona di indagine, oltre agli effetti del traffico indotto dalla nuova struttura (flussi deviati e flussi aggiuntivi).

La struttura di vendita di progetto è di piccole dimensioni, con una superficie di vendita alimentare di 1200 m² (1600 m² di superficie lorda di pavimento).

3.4.1. Stima del traffico indotto dalla struttura di vendita

Il traffico indotto dal nuovo insediamento è stato calcolato sulla base delle indicazioni della normativa di Regione Lombardia, che indica il traffico indotto, sia in ingresso che in uscita, dalle strutture commerciali nell'ora di punta della sera. Il traffico indotto è calcolato moltiplicando la superficie di vendita per un coefficiente variabile in funzione delle superfici di vendita e dei prodotti venduti, se alimentari o non alimentari. I coefficienti sono i seguenti:

Superficie di vendita	Venerdì	Sabato
0-3.000	0,25	0,30
3.000-5.000	0,12	0,17
> 5.000	0,04	0,05

Si prevede che il punto vendita avrà una superficie lorda pavimentata di 1.600 m². Il 25% della superficie lorda, pari a 400 m², sarà occupata da magazzini e da aree non adibite a vendita come corridoi, servizi, locali tecnici, ecc... La superficie di vendita alimentare

sarà quindi di 1.200 m² di alimentare. Applicando i coefficienti precedentemente illustrati si determina il seguente traffico indotto:

Veicoli indotti nell'ora di punta dal nuovo insediamento	Venerdì	Sabato / Domenica
Veicoli bidirezionali	300	360
Veicoli in ingresso	180	216
Veicoli in uscita	120	144

Dal momento però che:

- La nuova struttura è posizionata in ambito urbano (punto vendita di prossimità);
- La nuova struttura sarà ben collegata con itinerari ciclopeditoni;
- L'esperienza ha dato modo di verificare che i coefficienti di Regione Lombardia sono particolarmente sovradimensionati.

si stima che la domanda di traffico veicolare indotta sarà inferiore a quanto previsto dai coefficienti di Regione Lombardia. Tale riduzione è ipotizzata pari al 40%. I valori di traffico indotto sono quindi:

Veicoli indotti nell'ora di punta dal nuovo insediamento	Venerdì	Sabato / Domenica
Veicoli bidirezionali	180	216
Veicoli in ingresso	108	130
Veicoli in uscita	72	86

Di questo traffico indotto, una parte sarà aggiuntivo e una parte già circolante lungo la viabilità analizzata. Si stima che il traffico effettivamente aggiuntivo alla rete analizzata sia il 65%, mentre il restante 35% sia deviato (veicoli che avrebbero effettuato acquisti da un'altra parte e che in futuro andranno nel nuovo punto vendita). Tali flussi sono quindi:

Veicoli indotti AGGIUNTIVI nell'ora di punta dal nuovo insediamento	Venerdì	Sabato / Domenica
Veicoli bidirezionali	117	140
Veicoli in ingresso	70	84
Veicoli in uscita	47	56

Veicoli indotti DEVIATI (ATTUALMENTE CIRCOLANTI) nell'ora di punta dal nuovo insediamento	Venerdì	Sabato / Domenica
Veicoli bidirezionali	63	76
Veicoli in ingresso	38	46
Veicoli in uscita	25	30

Tutto il traffico indotto è costituito da autovetture. Nel conto del traffico indotto non rientrano i dipendenti (circa 20 unità) e il carico /scarico merce (1-2 veicoli commerciali pesanti al giorno), perché si spostano in orari diversi da quelli dell'ora di punta serale.

A titolo cautelativo, si stima che l'ora di punta della struttura commerciale (sera feriale) coincida con l'ora di punta del traffico veicolare che transita nell'area di indagine. Nell'ora di punta del mattino il traffico circolante sulla rete stradale è analogo a quella serale, ma il traffico indotto è molto inferiore.

3.4.2. Stima della capacità di sosta necessaria

Viste le caratteristiche del punto vendita, si stima, cautelativamente, che il tempo di permanenza medio nell'ora di punta sia pari a 45'. Poiché il massimo flusso in ingresso è pari a 108 veicoli/ora (si veda il precedente paragrafo), la capacità di sosta da garantire è quindi pari ad almeno $108 * 45'/60' = 81$ posti auto.

3.4.3. Itinerari del traffico indotto

La matrice Origine / Destinazione del traffico indotto è stata stimata sulla base del traffico circolante all'intersezione Garibaldi – Sauro nell'ora di punta serale del giorno feriale medio. Come precedentemente evidenziato, nell'ora di punta del sabato mattina il traffico circolante è molto inferiore a quello della sera feriale, e quindi non viene studiato, perché meno significativo dai punti di vista della compatibilità viabilistica. Analogamente, è stata calcolata la matrice Origine / Destinazione dei flussi "deviati" verso la nuova struttura commerciale. Di seguito si riportano le varie matrici Origine / Destinazione per l'ora di punta serale (17.15-18.15) del giorno feriale.

Matrice Origine / Destinazione del TRAFFICO INDOTTO TOTALE (flussi complessivi in ingresso / uscita)

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
GARIBALDI NORD				53	53
GARIBALDI SUD				43	43
SAURO				12	12
SUPERMERCATO	21	37	14		72
Totale	21	37	14	108	180

Matrice Origine / Destinazione del TRAFFICO INDOTTO DEVIATO dalla struttura commerciale

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
GARIBALDI NORD	0	-29	-3	19	-13
GARIBALDI SUD	-15	0	-9	15	-9
SAURO	-3	-4	0	4	-3

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
SUPERMERCATO	7	13	5	0	25
Totale	-11	-20	-7	38	0

Matrice Origine / Destinazione del **TRAFFICO INDOTTO AGGIUNTIVO** dalla struttura commerciale.

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
GARIBALDI NORD				34	34
GARIBALDI SUD				28	28
SAURO				8	8
SUPERMERCATO	14	24	9		47
Totale	14	24	9	70	117

3.5. Matrici Origine / Destinazione degli scenari analizzati

Il traffico è stato classificato in tre classi veicolari:

- Autoveicoli;
- Veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t);
- Veicoli commerciali pesanti (> 3,5 t).

Per ogni classe veicolare è stata elaborata una diversa matrice Origine / Destinazione, sulla base dei conteggi di traffico effettuati nell'area.

3.5.1. Scenario di riferimento – Stato di fatto

Si riportano le matrici Origine / Destinazione delle diverse classi veicolari:

Matrice Origine / Destinazione – Autovetture

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
GARIBALDI NORD	0	610	66	0	676
GARIBALDI SUD	337	0	203	0	540
SAURO	60	94	0	0	154
SUPERMERCATO	0	0	0	0	0
Totale	397	704	269	0	1.370

Matrice Origine / Destinazione – Veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t)

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
GARIBALDI NORD	0	35	8		43
GARIBALDI SUD	24	0	19		43
SAURO	6	12	0		18
SUPERMERCATO					
Totale	30	47	27		104

Matrice Origine / Destinazione – Veicoli commerciali pesanti (> 3,5 t)

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
GARIBALDI NORD	0	1	0		1
GARIBALDI SUD	0	0	5		5
SAURO	1	1	0		2
SUPERMERCATO					
Totale	1	2	5		8

3.5.2. Scenario di progetto

Le matrici di progetto sono la somma delle matrici dello stato di fatto e del traffico indotto. Poiché il traffico indotto è costituito da sole autovetture, cambia solo la matrice relativa alle autovetture.

Matrice Origine / Destinazione – Autovetture

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
GARIBALDI NORD	0	581	63	53	697
GARIBALDI SUD	322	0	194	43	559
SAURO	57	90	0	12	159
SUPERMERCATO	21	37	14	0	72
Totale	400	708	271	108	1.487

Matrice Origine / Destinazione – Veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t)

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
GARIBALDI NORD	0	35	8	0	43
GARIBALDI SUD	24	0	19	0	43
SAURO	6	12	0	0	18
SUPERMERCATO	0	0	0	0	0
Totale	30	47	27	0	104

Matrice Origine / Destinazione – Veicoli commerciali pesanti (> 3,5 t)

	GARIBALDI NORD	GARIBALDI SUD	SAURO	SUPERMERCATO	Totale
GARIBALDI NORD	0	1	0	0	1
GARIBALDI SUD	0	0	5	0	5
SAURO	1	1	0	0	2
SUPERMERCATO	0	0	0	0	0
Totale	1	2	5	0	8

4. IL MODELLO DI CALCOLO

In questo capitolo si riportano i principi su cui si basa il programma software di micro e macrosimulazione di traffico utilizzato e quali risultati possono essere ottenuti.

Fin dalle prime fasi progettuali, sono state inserite le informazioni raccolte direttamente sul campo, come le caratteristiche geometriche delle sezioni stradali e delle intersezioni, lo schema di circolazione ed i flussi veicolari, che poi sono state riportate nel modello di simulazione TSS AIMSUN.

Il modello di **microsimulazione dinamica** è in grado di rappresentare in maniera puntuale, precisa e specifica il traffico e la sua **evoluzione istantanea**, prendendo in considerazione gli aspetti geometrici di dettaglio dell'infrastruttura (esatta rappresentazione delle intersezioni, delle rotatorie, delle fasi e dei tempi per le intersezioni semaforizzate, regimi di precedenza, ecc.) ed il **comportamento reale dei veicoli**, legato all'accoppiamento delle caratteristiche del veicolo e del conducente. La microsimulazione fornisce una visione dinamica e realistica del fenomeno in quanto considera le caratteristiche istantanee del moto dei singoli veicoli (flusso, densità, velocità, ecc.) all'interno di ciascuna classe veicolare richiesta; è possibile quindi rappresentare più famiglie di spostamenti, ognuna caratterizzata da differenti parametri comportamentali (accelerazione, decelerazione, aggressività, tempo di reazione, ecc.) e da diverse tipologie di veicolo (velocità massima, dimensioni, prestazioni, parametri di emissione, ecc.). Inoltre tutti i parametri delle classi veicolari sono costruiti secondo distribuzioni statistiche che possono essere singolarmente modificate a piacere.

La **macrosimulazione statica**, invece, è utile soprattutto per la modellazione di reti stradali estese e complesse, come, ad esempio, quella oggetto di studio, che è caratterizzata da infrastrutture stradali estremamente variegate, che vanno dalle autostrade alle strade di quartiere e locali. Il modello di macrosimulazione permette di determinare l'assegnazione della domanda di traffico nell'unità di tempo prescelta (generalmente pari ad un'ora) secondo il criterio dello STA (Static Traffic Assignment, cioè **Assegnazione Statica del Traffico**), la **manipolazione delle matrici Origine/Destinazione** (di seguito dette matrici OD) e la **creazione di sotto-reti** (di seguito chiamate Sub-Network). L'STA è basato sul principio di Wardrop: nessun utente può migliorare il suo tempo di viaggio, modificando i propri percorsi. Il software permette svariate operazioni di manipolazione delle matrici OD, utili per la calibrazione del modello di riferimento e la determinazione della domanda di traffico a seguito di alcune modifiche globali, come un aumento complessivo della mobilità privata, o locali, come la realizzazione di interventi urbanistici che generano e/o spostano la domanda di traffico all'interno della rete stradale. Infine viene data la possibilità di generare delle sotto-reti, finalizzate allo studio dettagliato (a livello di meso o microsimulazione) di specifici assi o nodi stradali.

In una macrosimulazione il costo del percorso è dato dal costo di percorrenza degli archi stradali (secondo funzioni di flusso/capacità regolabili a piacere) e dell'attraversamento delle intersezioni, oltre ad eventuali costi aggiuntivi imposti dall'utente, come ad esempio i pedaggi.

Il software permette di riunire in un unico progetto tutti gli elementi utili all'analisi:

- Base cartografica di riferimento;

- Rete infrastrutturale sui cui si muoveranno i veicoli, ed eventualmente anche pedoni e ciclisti, caratterizzata sia dal punto di vista geometrico che funzionale;
- Base di dati dei rilievi di traffico;
- Veicoli pubblici e privati circolanti nella rete, caratterizzati secondo classi e distribuzioni statistiche definite dall'utente.

Tale approccio permette dunque di valutare gli effetti delle code, di considerare la regolazione delle intersezioni regolate con gruppi semaforici o a precedenza, di valutare l'utilizzo delle singole corsie e delle carreggiate, l'interferenza con la circolazione veicolare dei flussi pedonali in attraversamento, di riprodurre la circolazione dei mezzi pubblici, in sede propria o riservata, e di simulare la variazione della domanda di spostamento nel corso della fascia oraria di studio, fenomeno importante in ambito urbano per determinare l'effettiva congestione della rete, attraverso la programmazione di più domande di traffico e/o programmazioni semaforiche.

L'accoppiamento tra una offerta di traffico e una particolare domanda di traffico determina un cosiddetto "scenario" in cui definire i parametri da immagazzinare nei database creati come output. Per ogni scenario è possibile definire un numero qualsiasi di "esperimenti", cioè varianti della stesso scenario.

Al fine di rendere più facilmente interpretabile ed accessibile il risultato della simulazione, il software prevede la possibilità di visualizzare gli output grazie a variegate rielaborazioni grafiche, tabelle particolareggiate e piccoli video, anche in 3D, della circolazione dei veicoli in simulazione.

5. SIMULAZIONI MODELLISTICHE

Il modello di simulazione adottato è stato sviluppato per la rete stradale nelle immediate vicinanze della nuova struttura commerciale in progetto, coincidente con l'intersezione tra le via Garibaldi e Nazario Sauro.

Tutte le simulazioni si riferiscono all'ora di punta della sera del giorno feriale medio (17.15-18.15).

Le matrici Origine / Destinazione utilizzate per le simulazioni di traffico sono riportate nel precedente **Capitolo 3.5**.

Sono stati analizzati due scenari di progetto:

- **Scenario di progetto 1;**
- **Scenario di progetto 2.**

In entrambi gli scenari l'offerta di trasporto coincide con lo stato finale delle infrastrutture (realizzazione della nuova rotatoria tra via Garibaldi e via Nazario Sauro), mentre differiscono dal punto di vista della domanda: mentre nello scenario di progetto 1 la domanda di trasporto è la stessa dello stato di fatto (superficie commerciale non realizzata), nello scenario di progetto 2 la domanda di trasporto è quella che include il traffico indotto dalla nuova struttura, come calcolato nei precedenti capitoli.

L'analisi dello scenario di progetto 1 è utile a capire l'effetto indotto dalla realizzazione delle nuove infrastrutture.

A tutte le strade, sulla base dei dati di traffico e delle caratteristiche geometrico-funzionali, sono stati attribuiti due parametri chiave:

- Capacità massima dell'arco stradale;
- Curva flusso-capacità;

In base alle caratteristiche tecnico-funzionali delle strade, sono state adottate delle capacità-tipo, opportunamente modificate, caso per caso, se tali tratte stradali fossero nei pressi di uno stop, dare precedenza o impianto semaforico.

La scelta della curva flusso-capacità è necessaria per determinare il costo (in questo caso il tempo) di attraversamento dell'arco stradale o dell'intersezione. Tali curve associano ad ogni livello di flusso una penalizzazione dovuta alla presenza degli altri veicoli: per bassi flussi tale penalità è quasi nulla, per alti flussi tali penalità sono molto elevate.

La capacità massima adottata in condizioni di libero deflusso per ogni tipologia di strada è 1.800 veic/ora/corsia. La presenza di intersezioni abbassa tale capacità massima in funzione delle caratteristiche dell'intersezione. Di seguito si riportano le riduzioni medie adottate:

- Dare precedenza: -33 [%]
- Stop: -50 [%]
- Semaforo: - $\frac{t_{rosso}}{t_{ciclo}} * 100$ [%]

Normalmente tali riduzioni di capacità hanno effetto per tratte stradali piuttosto brevi; nel caso in cui tali effetti raggiungono l'intersezione a monte di quella in oggetto, bisognerà valutare di volta in volta il coefficiente di riduzione di capacità più opportuno.

Per via Garibaldi è stata quindi adottata una capacità massima di 1.200 veic/ora/corsia, mentre per via Nazario Sauro di 800 veic/ora/corsia (inferiore ai 900 veic/corsia/ora teorici perché la carreggiata e le banchine sono strette). Per via Nazario Sauro si ipotizza che, a valle della realizzazione della rotatoria, la capacità di deflusso si alzi da 800 a 900 veic/ora/corsia perché si elimina lo stop, e quindi sale la capacità di deflusso.

5.1. Parametri trasportistici analizzati

Sono stati analizzati diversi parametri trasportistici significativi. Al fine di raggiungere ad una maggior comprensione dei risultati sono stati analizzati diverse tipologie di parametri/tematismi:

1. Parametri legati alla macrosimulazione;
2. Parametri legati alla microsimulazione;
3. Parametri globali di funzionamento della rete.

5.1.1. Parametri di Macrosimulazione

Sono stati analizzati due parametri:

- Il flusso veicolare equivalente assegnato alla rete;
- Il rapporto Flusso/Capacità degli archi stradali.

Il flusso veicolare equivalente² assegnato alla rete è il volume di veicoli in transito sui vari archi stradali, secondo quanto calcolato con il metodo dello "Static Traffic Assignment", sulla base del principio di Wardrop. Nelle rappresentazioni riportate a fondo testo gli archi stradali sono colorati secondo una scala cromatica, in cui al verde corrisponde un basso flusso e al marrone un alto flusso.

Il rapporto Flusso/Capacità è un indicatore del livello di servizio della rete stradale. Il modello di macrosimulazione permette di calcolare il rapporto Flusso/Capacità in quanto ad ogni arco stradale viene associata una capacità massima teorica, secondo quanto già illustrato al principio del presente capitolo. Nelle figure a fondo testo il parametro è rappresentato tramite una scala cromatica che varia tra il colore verde e il marrone,

² Per veicoli equivalenti si intende un flusso di traffico calcolato secondo criteri di omogeneizzazione, in modo da rendere confrontabili flussi veicolari con differenti quote di veicoli commerciali. Infatti i veicoli commerciali, per le loro ridotte prestazioni di accelerazione e decelerazione, oltre che per il maggiore ingombro, saturano la capacità della strada con flussi inferiori rispetto alle automobili. Il rapporto di conversione tra le diverse categorie è il seguente:

- 1 automobile = 1 veic. equiv.;
- 1 veicolo comm. <3,5t = 1,5 veic. equiv.;
- 1 veicolo comm. >3,5t = 3 veic. equiv.

rispettivamente per un basso rapporto Flusso/Capacità (corrispondente ad un buon livello di servizio) e per un alto rapporto Flusso/Capacità (corrispondente ad un basso livello di servizio, cioè la congestione).

In base ai valori di Flusso / Capacità è stata associato il Livello di servizio (da “A” ad “F”) secondo la seguente scala di valori:

LIVELLO DI SERVIZIO	Rapporto Flusso/Capacità
A	$\leq 18 \%$
B	$18 \div 32 \%$
C	$32 \div 52 \%$
D	$52 \div 77 \%$
E	$77 \div 100 \%$
F	$> 100 \%$

Il rapporto Flusso / Capacità è utile per il calcolo del livello di servizio degli archi stradali, specie in ambito extraurbano, ed è indicativo della capacità residua della strada.

5.1.2. Parametri di Microsimulazione

È stato analizzato un solo parametro, il perditempo nel superamento del nodo. Il livello di servizio dell'intersezione è un parametro correlato ai perditempo nel superamento dell'intersezione. Si ricorda che il livello di servizio di una intersezione si esprime in funzione del tempo medio di attesa per il superamento dell'intersezione stessa, e varia da “A” a “F”, dove il livello “A” corrisponde a ridotti tempi di attesa, “E” il raggiungimento della capacità ed F alla congestione totale. In ambito urbano il livello di servizio della rete stradale è governato dal livello di servizio dei nodi stradali, mentre in ambito extraurbano da quello degli archi stradali.

Tavola di corrispondenza tra il ritardo medio del veicolo e il livello di servizio per i diversi tipi di intersezioni.

LIVELLO DI SERVIZIO	Ritardo medio (secondi)
A	≤ 10
B	$10 \div 15$
C	$15 \div 25$
D	$25 \div 35$
E	$35 \div 50$
F	> 50

Non sono stati analizzati altri parametri, come la lunghezza delle code, la densità veicolare, ecc... perché ritenuti poco significativi per la rete stradale in oggetto.

5.1.3. Parametri globali della rete

Sono stati analizzati cinque parametri:

- Distanze totali percorse;
- Tempi totali di percorrenza;
- Velocità media dei veicoli sulla rete;
- Ritardo medio;
- Tempo medio di stop.

Questi indici non si presentano sotto forma di rappresentazione grafica, ma sono dei valori numerici. Le distanze percorse dai veicoli rappresentano la somma di tutti i percorsi effettuati dai veicoli presenti sulla rete stradale nell'intervallo di tempo analizzato. Analogamente, i tempi di percorrenza rappresentano la somma dei tempi di percorrenza dei singoli veicoli all'interno della rete analizzata nell'intervallo di tempo. Dal rapporto tra distanze percorse e tempi di percorrenza si ricava infine la velocità media di percorrenza. Infine si analizzano due indicatori della congestione, il ritardo medio e il tempo medio di stop, espresso come perditempo accumulato mediamente da ciascun veicolo nel percorrere la distanza di 1 km di rete stradale.

Non sono importanti tanto i valori assoluti dei vari parametri, quanto piuttosto la loro variazione tra lo scenario di riferimento e gli scenari di progetto, in quanto viene sintetizzato il cambiamento intercorso (ad esempio la maggiore/minore congestione, i cambiamenti nella lunghezza media degli spostamenti tra i vari punti di generazione/attrazione di traffico, l'aumento/riduzione dei perditempo alle intersezioni).

5.2. Scenario di riferimento – Stato di Fatto

5.2.1. Flussi veicolari

Sono i flussi rilevati dai conteggi di traffico. I flussi sulla via Garibaldi sono molto superiori a quelli su via Sauro (1.200-1.400 contro 500).

L'immagine dei flussi veicolari assegnati alla rete stradale nello scenario di riferimento è riportata nella **figura 1.1**.

5.2.2. Rapporto Flusso/Capacità e fenomeni congestivi

Sia in via Garibaldi che in via Sauro ci sono ampie riserve di capacità residua. Il tratto più trafficato è via Garibaldi sud, con una capacità residua media bidirezionale del 45% (circa 1.000 veicoli equivalenti). In via Sauro la capacità media residua bidirezionale è

del 68% (circa 1.200 veicoli equivalenti). Viste le ampie riserve di capacità residua, attualmente non si segnalano fenomeni congestivi.

L'immagine del rapporto Flusso / Capacità nello scenario di riferimento è riportata nella **figura 1.2**.

5.2.3. Perditempo

La maggior parte dei perditempo sono da attribuire ai veicoli provenienti da via Sauro, che devono rispettare uno stop, dal momento che la visibilità è scarsa.

L'immagine dei perditempo nello scenario di riferimento è riportata nella **figura 1.3**.

5.2.4. Distanze percorse, tempi di percorrenza e velocità media dei veicoli

I parametri generali della rete (valori riferiti all'ora di punta simulata) sono:

PARAMETRO	STATO DI FATTO	UNITA' MISURA
DISTANZE PERCORSE [km]	288	km
TEMPO DI PERCORRENZA [ore]	10,3	h
VELOCITA' MEDIA [km/h]	29,1	km/h
RITARDI [sec/km]	13,0	sec/km
TEMPO STOP [sec/km]	9,4	sec/km

5.3. Scenario di progetto 1

5.3.1. Flussi veicolari

I flussi sono gli stessi dello scenario di riferimento, in quanto la matrice Origine / Destinazione è la stessa.

L'immagine dei flussi veicolari assegnati alla rete stradale nello scenario di progetto 1 è riportata nella **figura 2.1**.

5.3.2. Rapporto Flusso/Capacità e fenomeni congestivi

L'unica differenza si riscontra in via Sauro, in quanto si è innalzata la capacità massima di deflusso. La capacità residua passa quindi dal 68 al 76%. Come per lo stato di fatto le capacità residue sono consistenti, e quindi non esiste congestione.

L'immagine del rapporto Flusso / Capacità nello scenario di progetto 1 è riportata nella **figura 2.2.**

5.3.3. Perditempo

L'eliminazione dello stop in via Sauro permette di abbattere in modo sostanziale i perditempo (da 17 a 2 sec, pari a -88%). Su via Garibaldi l'inserimento della rotatoria non comporta alcun aggravio in termini di perditempo.

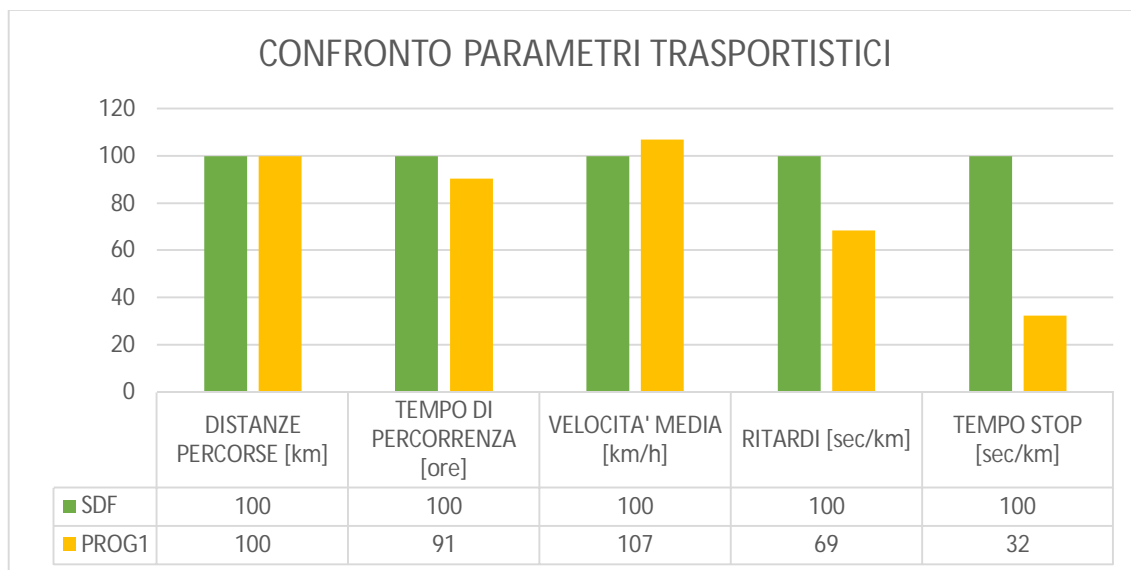
L'immagine dei perditempo nello scenario di progetto 1 è riportata nella **figura 2.3.**

5.3.4. Distanze percorse, tempi di percorrenza e velocità media dei veicoli

I parametri generali della rete (valori riferiti all'ora di punta simulata) sono:

PARAMETRO	SDF	PROG1
DISTANZE PERCORSE [km]	288	288
TEMPO DI PERCORRENZA [ore]	10,3	9,4
VELOCITA' MEDIA [km/h]	29,1	31,1
RITARDI [sec/km]	13,0	8,9
TEMPO STOP [sec/km]	9,4	3,0

Fatto 100 il valore dello scenario di riferimento, l'evoluzione dei parametri è riassunta nel seguente grafico.



Dal precedente grafico si evincono gli effetti della realizzazione della rotatoria: a fronte di una identica matrice Origine / Destinazione, si riducono i tempi di percorrenza (-9%), i ritardi (-31%) e i tempi di stop (-68%) e si alza la velocità media (+7%, perché i veicoli tendono a fermarsi meno, non perché vadano più veloci).

5.4. Scenario di progetto 2

5.4.1. Flussi veicolari

Nello scenario di progetto 2 i flussi veicolari aumentano come conseguenza del traffico indotto dalla nuova struttura di vendita. Il tratto più trafficato risulta essere via Garibaldi Sud, con circa 1.450 veicoli equivalenti bidirezionali, contro i 1.400 dello stato di fatto.

L'immagine dei flussi veicolari assegnati alla rete stradale nello scenario di progetto 2 è riportata nella **figura 3.1**.

5.4.2. Rapporto Flusso/Capacità e fenomeni congestivi

In seguito all'incremento dei flussi veicolari circolanti, la capacità residua delle strade si riduce un po'. In via Garibaldi sud (la strada maggiormente trafficata) si passa da un valore di Flusso / Capacità del 54% al 60%. Dal momento che la capacità residua continua a restare molto elevata, non si presenteranno fenomeni congestivi.

L'immagine del rapporto Flusso / Capacità nello scenario di progetto 2 è riportata nella **figura 3.2**.

5.4.3. Perditempo

Poiché la capacità di deflusso di una rotatoria simile a quella di progetto è molto più elevata del traffico di progetto circolante (circa il doppio), non si avvertono peggioramenti degni di nota dei perditempo in ingresso alla rotatoria. Ci saranno, invece, dei perditempo in uscita dal parcheggio, anche se comunque molto contenuti (mediamente 8 sec).

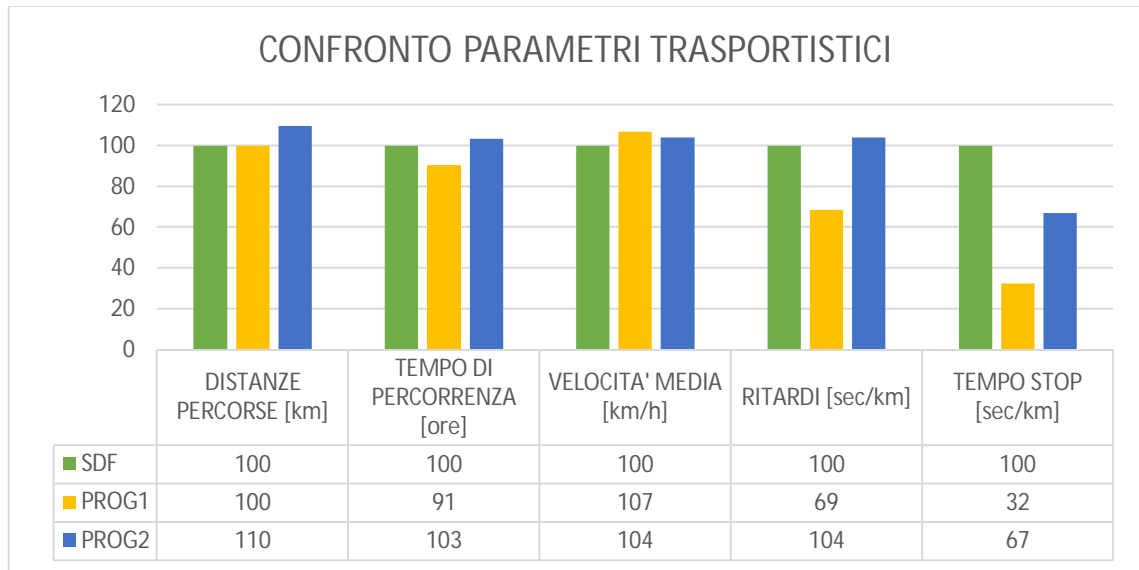
L'immagine dei perditempo nello scenario di progetto 2 è riportata nella **figura 3.3**.

5.4.4. Distanze percorse, tempi di percorrenza e velocità media dei veicoli

I parametri generali della rete (valori riferiti all'ora di punta simulata) sono:

PARAMETRO	SDF	PROG1	PROG2
DISTANZE PERCORSE [km]	288	288	316
TEMPO DI PERCORRENZA [ore]	10,3	9,4	10,7
VELOCITA' MEDIA [km/h]	29,1	31,1	30,3
RITARDI [sec/km]	13,0	8,9	13,5
TEMPO STOP [sec/km]	9,4	3,0	6,3

Fatto 100 il valore dello scenario di riferimento, l'evoluzione dei parametri è riassunta nel seguente grafico.



Come si può vedere, a seguito della realizzazione della struttura di vendita alimentare:

- Le distanze percorse aumentano del 10%;
- I tempi di percorrenza ritornano ai livelli odierni (+3% rispetto allo stato di fatto);
- La velocità media scende rispetto allo scenario 1 (-0,8 km/h), ma è comunque più alta rispetto allo stato di fatto (+1,2 km/h);
- I ritardi tornano a livelli simili a quelli attuali, ma la differenza sostanziale è che nello scenario 2 i ritardi sono in uscita dal parcheggio, e non nella percorrenza della rete stradale (via Nazario Sauro);
- Analogamente ai perditempo, i tempi di stop tornano a livelli più vicini a quelli attuali, con la differenza che nello scenario 2 gli stop sono in uscita dal parcheggio, e non nella percorrenza della rete stradale (via Nazario Sauro).

6. CONCLUSIONI

In considerazione dei risultati conseguiti dalle macro e microsimulazioni, è pertanto possibile affermare, in base alle ipotesi adottate per la stima del traffico circolante, del traffico indotto e per la ripartizione spaziale dello stesso, che la nuova struttura commerciale di vendita risulta compatibile sotto l'aspetto viabilistico, a patto di migliorare la capacità di deflusso dell'intersezione Garibaldi – Nazario Sauro, trasformandola in rotatoria classica.

ALLEGATO A – INDAGINI DI TRAFFICO (CONTEGGI AUTOMATICI)

ALLEGATO B – INDAGINI DI TRAFFICO (CONTEGGI MANUALI)

ALLEGATO C – SIMULAZIONI DI TRAFFICO