



## COMUNE DI MILANO

SETTORE PIANIFICAZIONE TEMATICA E VALORIZZAZIONE AREE (PTVA)

"EX - MAGAZZINI COMMISSARIATO TALIEDO"

VIA BONFADINI 73 - MILANO

PROPOSTA DEFINITIVA DI PIANO ATTUATIVO

### PROPRIETA'

**cdp** CDP Investimenti Sgr

Fondo investimenti per la valorizzazione  
Comparto Extra gestito da  
CDP Investimenti Sgr

### COORDINAMENTO GENERALE

**cdp** CDP Immobiliare

Via Versilia, 2 - 00187- Roma, IT  
Project manager: Arch. Anselmo Comito  
Tel. +39 06 421161

### PROGETTO

**MAB**  
MAROTTA BASILE  
ARCHITETTURA

MAB arquitectura

C.so Sempione, 51 - 20145 - Milano, IT  
Tel. +39 02 83999807  
Mail: basile@mabarquitectura.com  
Arch. Massimo Basile  
Arch. Floriana Marotta

### CONSULENTI:

MOBILITA', ASPETTI AMBIENTALI E AGRONOMICI

**F&M**  
ingegneria

Viale Sondrio, 5 - 20124 - Milano, IT  
Tel. +39 02 67382250 Fax. +39 02 66703443  
Mail: bonfadini@fm-ingegneria.com

---

Verifica di assoggettabilità alla valutazione ambientale strategica VAS

Rapporto preliminare (art. 12, D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)

**ALLEGATO 2 – Studio d'impatto viabilistico**

Data

Giugno 2021

TLD-PA-VAS

REV.	DATA	OGGETTO
02	06/2021	recepimento pareri AMAT del 2 e 16/04/2021



## SOMMARIO

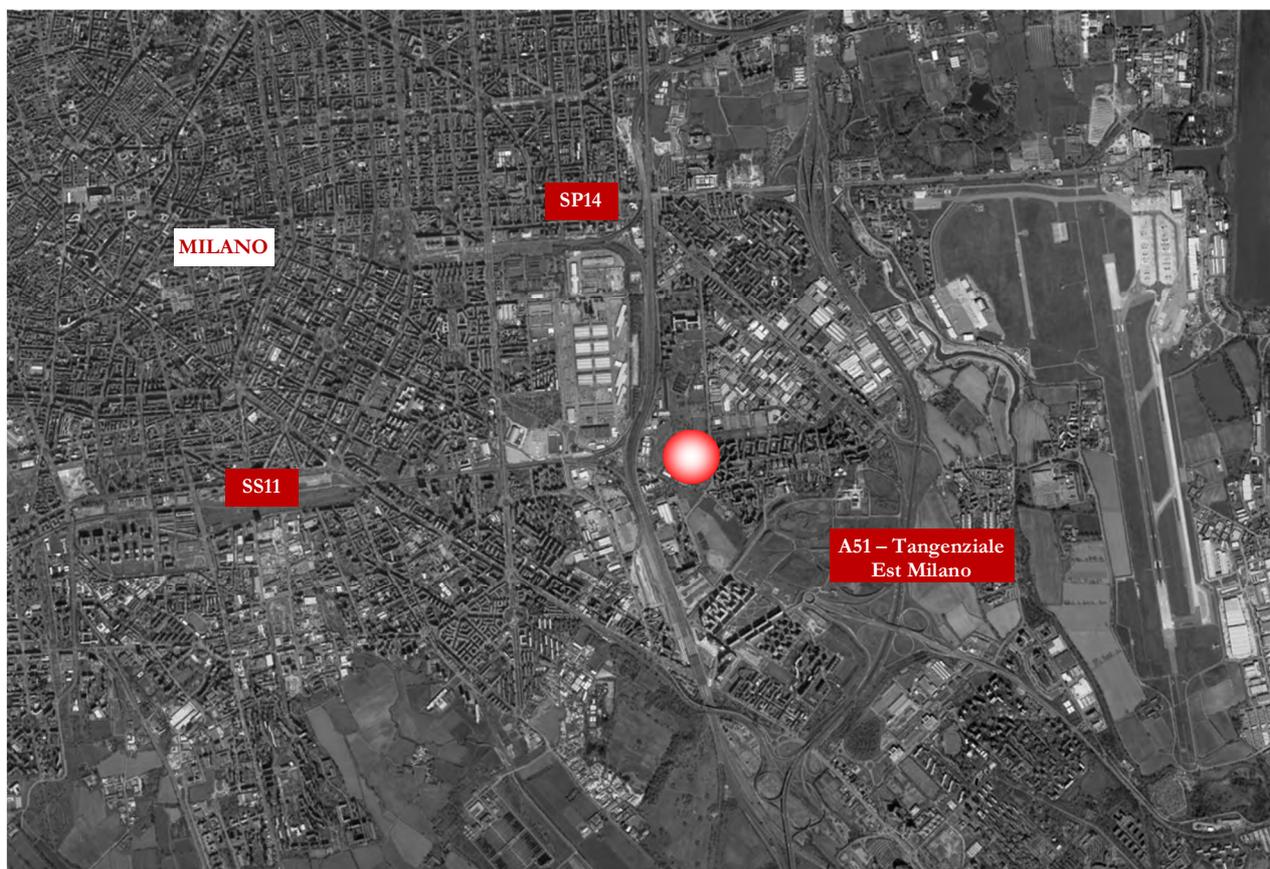
<b>1</b>	<b>GENERALITÀ DELLO STUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>SISTEMA OFFERTA VIARIA .....</b>	<b>7</b>
3.1	Viabilità principale .....	7
3.2	Intersezioni limitrofe all'area.....	12
<b>4</b>	<b>DOMANDA DI TRAFFICO ATTUALE .....</b>	<b>16</b>
4.1	Rilievi automatici.....	16
4.2	Rilievi manuali.....	21
<b>5</b>	<b>SCENARIO FUTURO.....</b>	<b>23</b>
5.1	Scenario di progetto.....	23
5.2	Accessi.....	24
5.3	Flussi di traffico indotto dall'intervento di progetto.....	25
5.4	Altri interventi urbanistici e flussi indotti.....	26
<b>6</b>	<b>ANALISI MACROSIMULATIVA .....</b>	<b>29</b>
<b>6.1</b>	<b>Il modello di simulazione .....</b>	<b>29</b>
6.1.1	Caratterizzazione dell'offerta di trasporto .....	29
6.1.2	Rappresentazione della domanda di traffico.....	32
6.1.3	Procedura di assegnazione.....	33
6.1.4	Metodo di calibrazione.....	33
6.1.5	Caratteristiche del modello di Taliedo - Milano .....	34
<b>6.2</b>	<b>Macrosimulazioni eseguite.....</b>	<b>36</b>
6.2.1	Lo stato di fatto.....	36
6.2.2	Lo scenario futuro di riferimento.....	38
6.2.3	Lo scenario futuro di progetto.....	39
<b>6.3</b>	<b>Risultati .....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>LIVELLI DI SERVIZIO .....</b>	<b>42</b>
7.1	Definizioni.....	42
7.2	Livelli di servizio delle intersezioni semaforizzate .....	43
7.3	Livelli di servizio intersezioni non semaforizzate.....	46

7.4	Livelli di servizio intersezioni a rotatoria.....	48
8	ANALISI MICROSIMULATIVA .....	51
8.1	Microsimulazioni eseguite .....	51
8.2	Valutazione critica dei risultati.....	53
8.2.1	Valutazione di rete .....	54
8.2.2	Valutazione di nodo.....	56
9	CONCLUSIONI.....	64
10	ALLEGATI.....	65
	Intersezione 1 (08:00 – 09:00) .....	65
	Intersezione 1 (18:00 – 19:00).....	65
	Intersezione 2 (08:00 – 09:00) .....	65
	Intersezione 2 (18:00 – 19:00).....	65
	Intersezione 3 (08:00 – 09:00) .....	65
	Intersezione 3 (18:00 – 19:00).....	65
	Flussogrammi stato di fatto attualizzato mattina .....	65
	Flussogrammi stato di fatto attualizzato sera .....	65
	Flussogrammi scenario di riferimento mattina.....	65
	Flussogrammi scenario di riferimento sera.....	65
	Flussogrammi scenario di progetto mattina.....	65
	Flussogrammi scenario di progetto sera.....	65

## 1 GENERALITÀ DELLO STUDIO

Nell'ambito del progetto di riqualificazione urbanistica dell'area "Ex Magazzini Commissariato Taliedo in Via Bonfadini" in Comune di Milano, il seguente studio di impatto viabilistico si pone come obiettivo quello di valutare la sostenibilità dell'intervento verificando l'impatto del nuovo insediamento sulla rete stradale di afferenza.

L'analisi proposta consiste in uno studio approfondito dell'assetto viario esistente, seguito da un'attenta valutazione degli effetti determinati dal futuro carico veicolare indotto. Nello specifico, l'intervento oggetto della presente relazione prevede, in un'area avente estensione di circa 50.000 mq, la realizzazione di un nuovo insediamento a prevalenza residenziale con una minore quota di terziario e commerciale, per una superficie lorda di pavimento complessiva poco inferiore a 37.000 mq. All'interno del comparto di progetto saranno ricavati, inoltre, gli spazi da destinare alla realizzazione di servizi di pubblico interesse come previsti dal piano urbanistico attuativo.



**Figura 1 – Ambito di localizzazione**

La presente relazione d'impatto viabilistico verrà redatta sviluppando in dettaglio i seguenti punti:

- inquadramento territoriale;
- analisi assetto viario esistente: descrizione e rappresentazione della rete viaria principale e secondaria;
- rilievi di traffico automatici e manuali, analisi flussi veicolari attuali;
- descrizione dell'intervento di progetto e degli interventi urbanistici limitrofi e stima dei futuri flussi indotti;
- analisi macrosimulativa per la ricostruzione della domanda negli scenari di riferimento e di progetto;

- breve dissertazione sulle basi teoriche riferite agli indicatori di prestazione utilizzati nello studio;
- analisi della viabilità interessata dagli interventi progettuali secondo i principi della Teoria e Tecnica della Circolazione.

Lo studio ha come obiettivo principale la definizione del livello di servizio (Level Of Service, LOS) delle infrastrutture viarie di afferenza in relazione sia alle portate veicolari attuali che a quelle future.

Nei capitoli che seguono verranno descritte l'offerta e la domanda di trasporto caratterizzanti lo stato di fatto, allo scopo di eseguire una stima attenta e puntuale del grado di funzionalità degli archi e dei nodi stradali. A seguito di una breve dissertazione teorica sui principali parametri utilizzati nell'ingegneria dei trasporti per l'individuazione del cosiddetto livello di servizio, saranno svolte le opportune analisi viabilistiche sulle prestazioni della rete stradale nella fascia oraria di punta identificata, pervenendo infine ad un'agevole comparazione, in termini viabilistici, tra lo stato attuale e gli scenari futuri previsti.

Per valutare accuratamente gli indicatori prestazionali riferiti al funzionamento dei vari elementi della rete stradale, si è deciso di simulare sia allo stato di fatto che negli scenari futuri il funzionamento della rete viaria di afferenza all'area oggetto di intervento mediante l'utilizzo in un primo momento di un modello macrosimulativo per la ricostruzione della domanda ed in un secondo momento di un microsimulatore per l'analisi dei nodi viari. Questa metodologia di verifica permette di generare un immediato output visivo facilmente comprensibile ed è l'unica in grado di tener conto delle possibili interazioni tra archi o nodi adiacenti garantendo quindi una completezza dell'analisi.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto di analisi è ubicata nel Comune di Milano, città di 1.345.851 abitanti al 01/01/2016 secondo quanto rilevato dall'ISTAT, esteso per circa 181 km<sup>2</sup> nella parte occidentale della regione Lombardia.

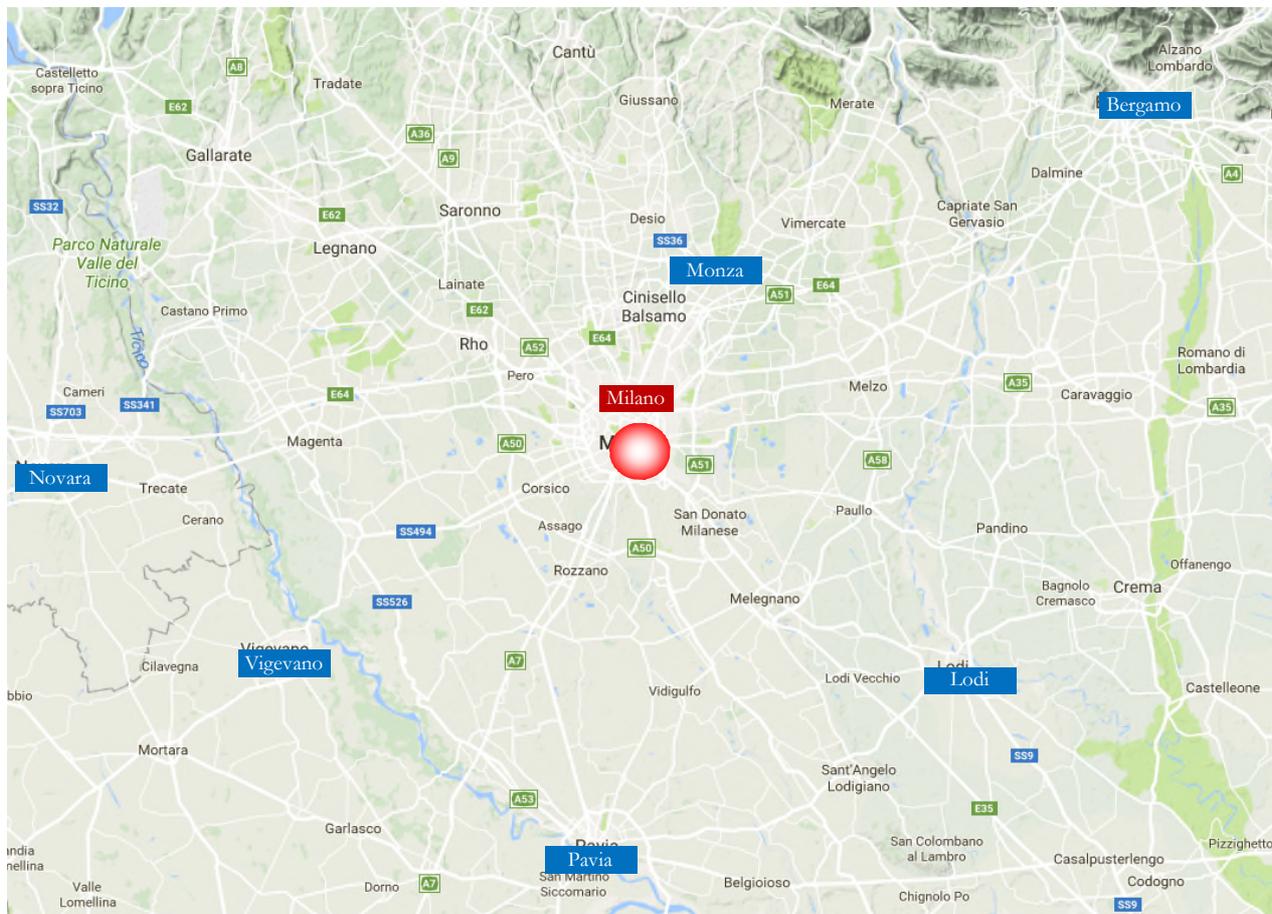


Figura 2 – Inquadramento territoriale comune di Milano

Il territorio comunale di Milano confina con i comuni di Bollate, Novate Milanese, Cormano, Bresso, Sesto San Giovanni e Cologno Monzese a nord, con Vimodrone, Segrate, Peschiera Borromeo e San Donato Milanese ad est, con Opera, Rozzano, Assago, Trezzano sul Naviglio e Corsico a sud, mentre Cesano Boscone, Cusago, Settimo Milanese, Pero, Rho e Arese ne delimitano il confine ovest.

La continuità abitativa rilevata nel territorio del capoluogo lombardo nel tempo si è estesa oltre i confini amministrativi, formando con i comuni contermini e alcuni di cintura un'unica conurbazione.

Dal punto di vista viabilistico il comune è servito da vie di comunicazione di rilevanza regionale, nazionale e internazionale e si presenta come un importante nodo stradale e autostradale, punto di congiunzione della trasversale padana con direzione est-ovest - l'autostrada A4 "Torino-Trieste" - con la dorsale nord-sud - l'A1 "Autostrada del Sole". Il sistema delle tre tangenziali (A50, A51 e A52) collegano tra loro le autostrade che interessano il territorio comunale, compreso un numero considerevole di strade statali e provinciali che nelle tratte suburbane assumono caratteristiche di superstrada.



**Figura 3 – Comuni confinanti con Milano**

L'intervento oggetto del presente studio è ubicato in zona periferica nel quadrante est della città, all'interno di un tessuto edilizio ad alta densità, in prevalenza a carattere residenziale, affiancato da attività commerciali e complessi industriali.

Data la natura prevalentemente residenziale dell'area e grazie alla presenza di arterie viarie disposte a raggiera verso il centro cittadino che intersecano il territorio limitrofo all'ambito di intervento, la posizione risulta essere ideale per lo sviluppo di nuovi interventi di carattere residenziale che vengono così collegati direttamente alla rete viaria principale, riducendo al minimo i possibili effetti negativi causati dal traffico indotto sulla rete urbana.

### 3 SISTEMA OFFERTA VIARIA

Di seguito verrà descritto il sistema dell'offerta di trasporto con la descrizione dei principali assi stradali e delle intersezioni limitrofe all'area di studio.

#### 3.1 VIABILITÀ PRINCIPALE

Le principali direttrici infrastrutturali afferenti all'area oggetto di studio risultano essere Via Bonfadini, Via Zama, Via Salomone e Viale Ungheria.

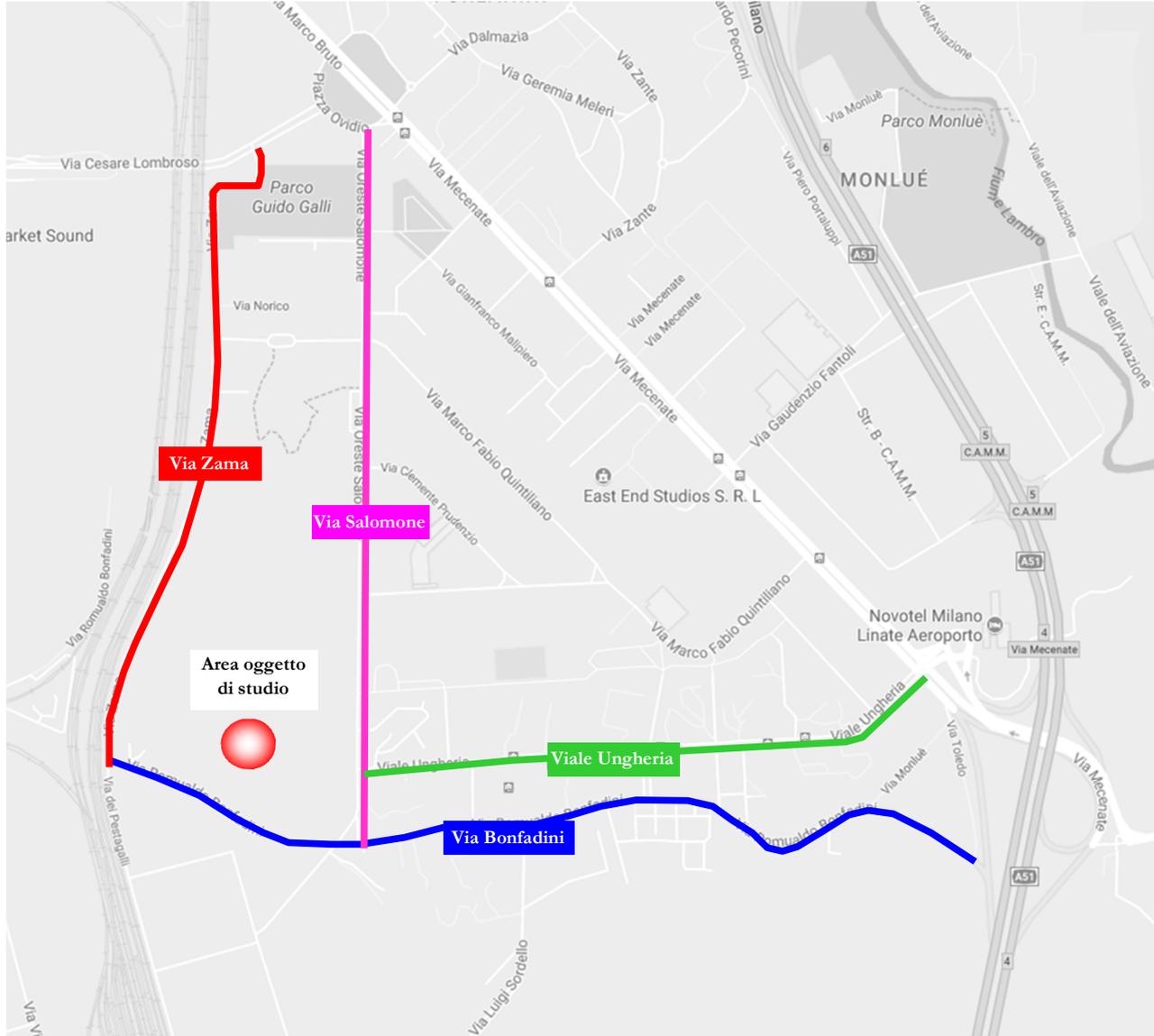


Figura 4 – Assi viari principali

Di seguito si riporta una breve descrizione per ciascuna delle strade citate.

- *Via Bonfadini. È un'arteria stradale di rilevanza locale e rappresenta l'unica viabilità di accesso all'ambito oggetto di intervento, che ne delimita il confine sud. È costituita da un'unica carreggiata con due corsie, una per senso di marcia, e consente un collegamento diretto con l'autostrada A51 – Tangenziale Est Milano.*

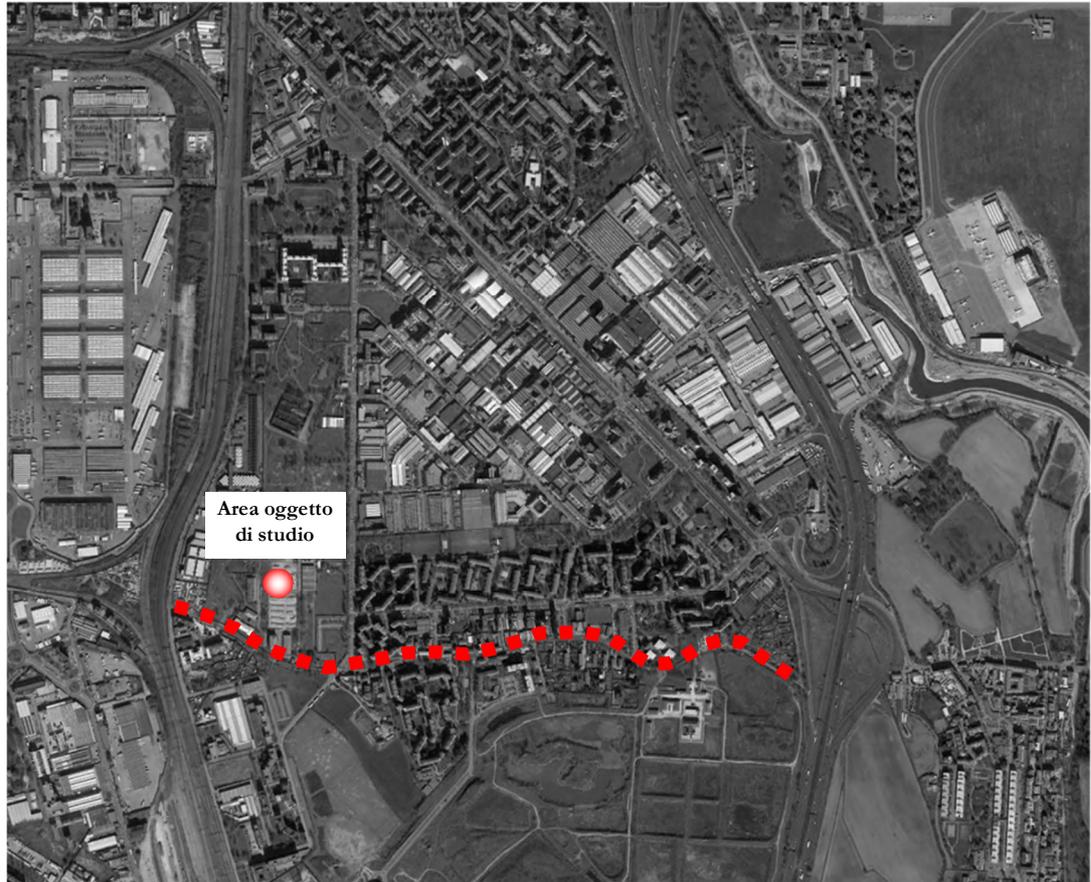


Figura 5 – Ortofoto Via Bonfadini



Figura 6 – Via Bonfadini

- *Via Zama*. È un'arteria stradale di rilevanza locale il cui tracciato segue l'andamento della linea ferroviaria sita ad ovest dell'Area ex Magazzini Commissariato Taliedo. Consente il collegamento diretto di Via Bonfadini con Via Regolo posta a nord dell'ambito di intervento. La strada presenta un'unica carreggiata ed è caratterizzata da due corsie, una per senso di marcia.

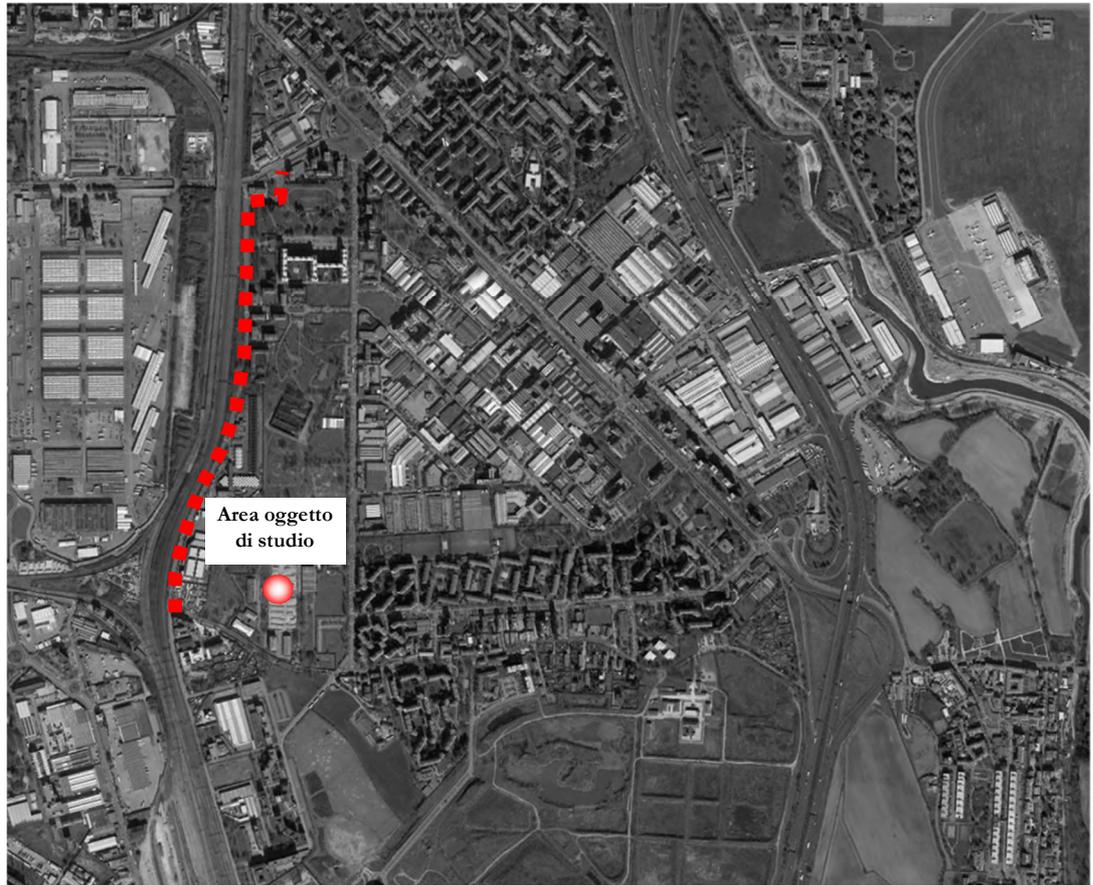


Figura 7 – *Ortofoto Via Zama*



Figura 8 – *Via Zama*

- *Via Salomone*. È un'arteria stradale di rilevanza locale e rappresenta una delle principali viabilità di accesso all'ambito oggetto di intervento, il quale è posizionato ad ovest rispetto l'asse viario. È costituita da un'unica carreggiata con due corsie, una per senso di marcia, e consente il collegamento dei quartieri a sud con un importante snodo di smistamento del traffico sito a nord, rappresentato da Via Marco Bruto, oltre al collegamento con il sottopasso ferroviario di Via Regolo.

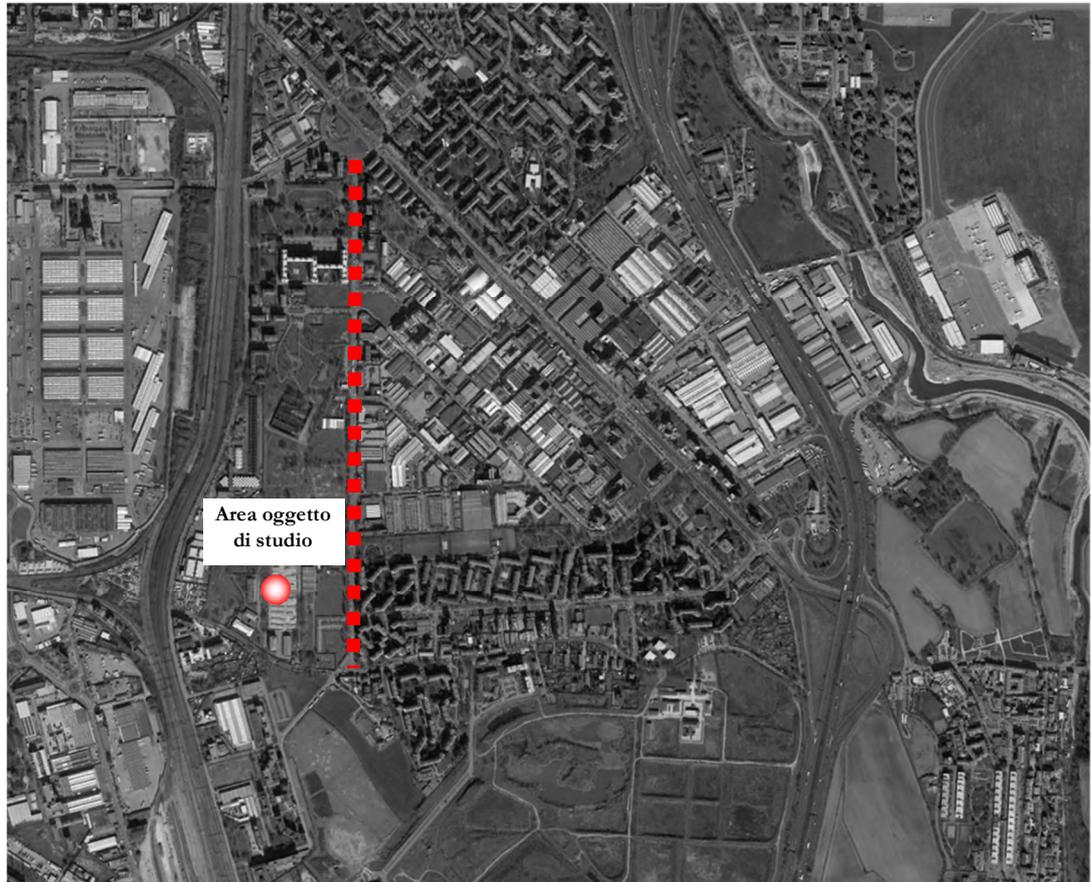


Figura 9 – Ortofoto *Via Salomone*



Figura 10 – *Via Salomone*

- *Viale Ungheria*. È un'arteria stradale di rilevanza locale e rappresenta una delle principali viabilità di accesso all'ambito oggetto di intervento, posizionato ad ovest rispetto l'asse viario. È costituita in parte da un'unica carreggiata con due corsie, una per senso di marcia, ed in parte con una carreggiata a quattro corsie, una per senso di marcia per i veicoli e due dedicate al trasporto tramviario. L'asse viario consente un collegamento diretto con l'autostrada A51 – Tangenziale Est Milano.

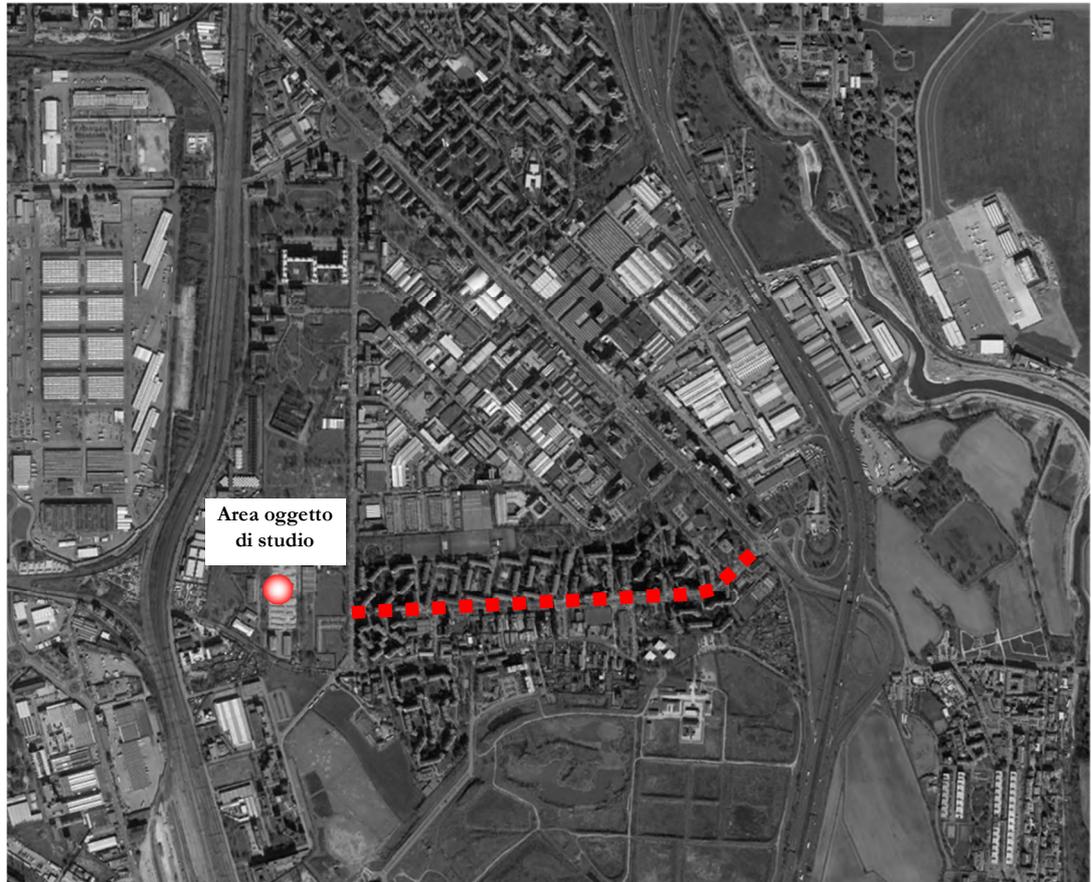


Figura 11 – Ortofoto Viale Ungheria

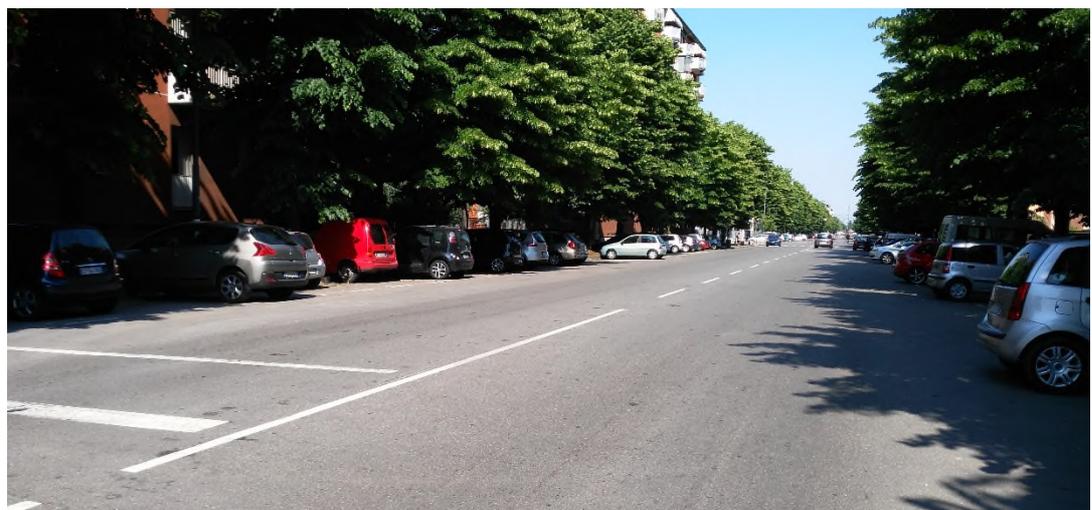


Figura 12 – Viale Ungheria (tratto ad una corsia per senso di marcia)

### 3.2 INTERSEZIONI LIMITROFE ALL'AREA

In questo paragrafo vengono brevemente descritte le intersezioni più significative prossime all'area oggetto di studio, ubicata lungo Via Bonfadini in Comune di Milano.

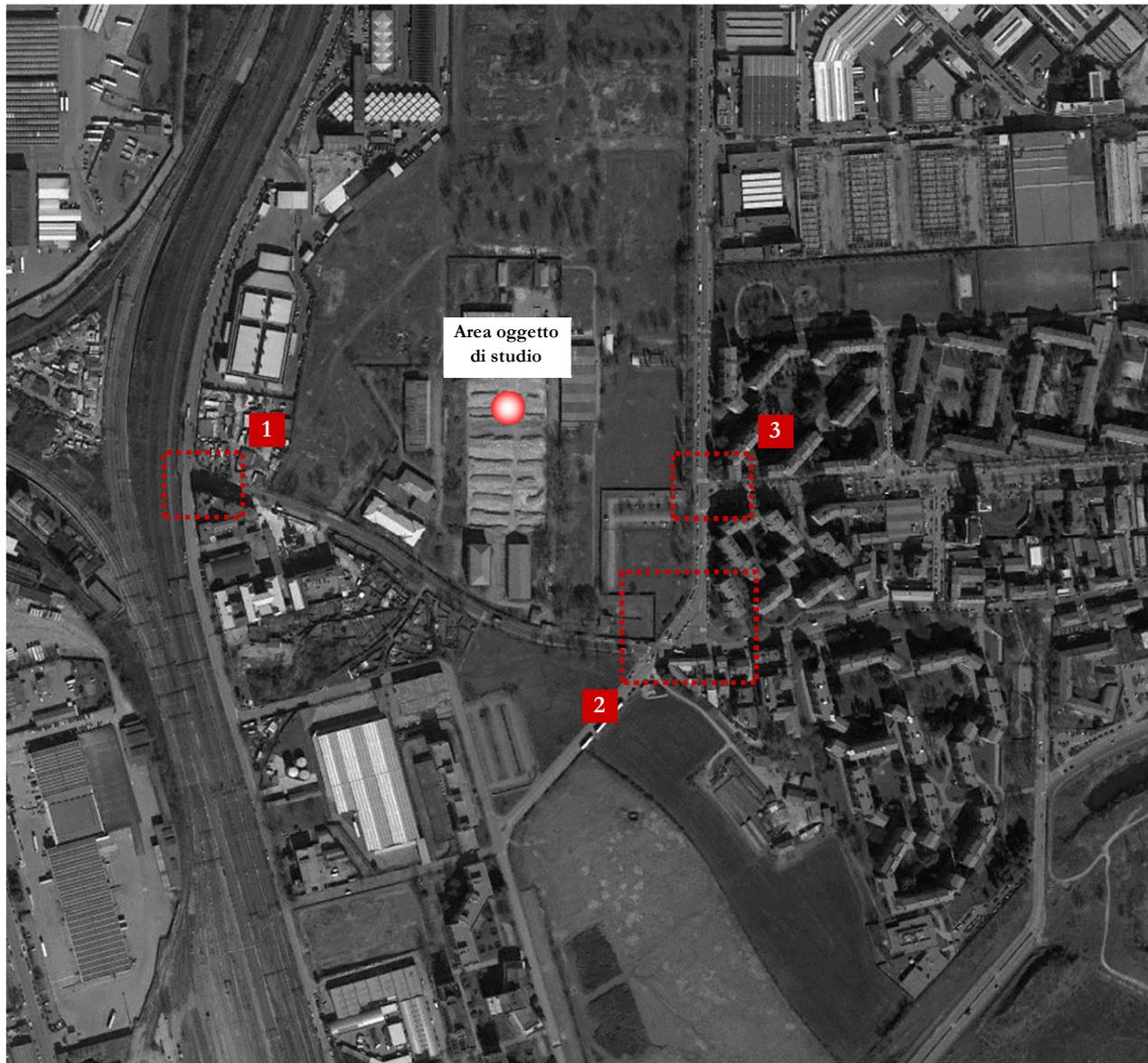


Figura 13 – Intersezioni limitrofe all'area oggetto di studio

Come illustrato in Figura 13, le principali intersezioni limitrofe al lotto esaminato sono rappresentate da:

1. Intersezione a raso tra Via Bonfadini, Via Zama e Via dei Pestagalli;
2. Intersezione a raso semaforizzata tra Via Bonfadini, Via Salomone e Via Merezzate;
3. Intersezione a raso tra Via Salomone e Viale Ungheria.

1. *Intersezione a raso tra Via Bonfadini, Via Zama e Via dei Pestagalli.* È un'intersezione a raso regolata dal segnale di dare precedenza da Via Bonfadini verso l'asse Via Zama – Via dei Pestagalli. Si presenta illuminata e con marciapiede presente solo sul ramo uscente di Via Zama.



Figura 14 – Ortofoto intersezione 1



Figura 15 – Intersezione 1

2. *Intersezione a raso tra Via Bonfadini, Via Salomone e Via Merezzate.* È un'intersezione semaforizzata a quattro rami dove la direttrice principale è rappresentata da Via Bonfadini con direzione est-ovest. Nel tratto di Via Bonfadini est è presente una corsia libera dal semaforo destinata alle manovre di svolta in destra verso Via Salomone. L'intersezione illuminata presenta marciapiedi su tre dei quattro rami.



Figura 16 – Ortofoto intersezione 2



Figura 17 – Intersezione 2

3. *Intersezione a raso tra Via Salomone e Viale Ungheria.* È un'intersezione a raso a tre rami dove la direttrice principale è rappresentata da Via Salomone con direzione nord-sud. L'uscita da Viale Ungheria verso Via Salomone è regolata dal segnale "dare la precedenza". L'intersezione illuminata presenta un'isola spartitraffico su Viale Ungheria e attraversamenti pedonali fra i diversi marciapiedi.



Figura 18 – Ortofoto intersezione 3



Figura 19 – Intersezione 3

## 4 DOMANDA DI TRAFFICO ATTUALE

L'intervento oggetto di studio è rappresentato dalla riqualificazione dell'area un tempo sede dei magazzini del Commissariato Taliedo mediante l'insediamento di superfici residenziali, commerciali e le relative aree a parcheggio e a servizio, ubicata in Via Bonfadini in comune di Milano.

La viabilità di afferenza al lotto risulta interessata sia da flussi di penetrazione verso i quartieri residenziali a nord ed a sud dell'area di intervento e dai quartieri verso i servizi e la A51 – Tangenziale Est di Milano.

In prossimità dell'area di intervento sono presenti altri progetti di nuovi ambiti di trasformazione urbanistica, quali la “Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia”, il “P.R.E.R.P. di Via Merezate”, il “P.d.C. di Via dei Pestegalli”, nonché la realizzazione del futuro tracciato della SS415 “Paulese” che comporteranno delle variazioni all'attuale stato della mobilità.

Per questo motivo risulta di fondamentale importanza analizzare specificatamente le ricadute in termini di traffico originate dall'intervento in progetto e degli interventi di trasformazione urbanistica contermini ad esso, anche in ottica di un riassetto della viabilità locale e riqualificazione delle intersezioni principali.

Per descrivere, quindi, in modo completo ed accurato i flussi veicolari che contraddistinguono la rete viaria si è ricorsi ad una serie di rilievi automatici condotti continuativamente per cinque giorni lungo gli assi stradali caratterizzanti l'area in oggetto.

In aggiunta sono stati eseguiti anche dei rilievi manuali nell'intervallo orario di punta del mattino e della sera di un giorno infrasettimanale in corrispondenza delle principali intersezioni attigue all'area oggetto di studio.

### 4.1 RILIEVI AUTOMATICI

Al fine di monitorare le principali caratteristiche del traffico - tipologie veicolari e flussi veicolari orari -, sono stati effettuati dei rilievi automatici lungo la viabilità di interesse. I rilievi, eseguiti mediante strumentazione radar, hanno permesso un monitoraggio continuativo 00.00 – 24.00 durante cinque giorni.

Le giornate di rilievo sono state pertanto:

- lunedì 15 maggio 2017;
- martedì 16 maggio 2017;
- mercoledì 17 maggio 2017;
- giovedì 18 maggio 2017;
- venerdì 19 maggio 2017.

In tal modo è stato possibile valutare l'entità dei flussi veicolari orari non solo nella fascia oraria del mattino tra le 07.00 e le 09.00 e della sera tra le 17.00 e le 19.00 del venerdì, periodo in cui statisticamente risultano i flussi veicolari di entità maggiore, ma anche verificare che non risultino volumi di traffico maggiori in altri intervalli orari od in altri giorni.

I radar, dotati di propria alimentazione a batteria, sono stati ubicati esternamente alla carreggiata, senza arrecare alcun disturbo al normale deflusso veicolare, con angolazione rispetto all'asse stradale tale da permettere il corretto conteggio dei flussi veicolari.

Durante le operazioni di installazione si è provveduto infatti a calibrare la strumentazione variando l'angolo di inclinazione del radar parallelamente al piano viabile; grazie all'ausilio di un palmare si è potuto inoltre verificare, in tempo reale, l'effettivo conteggio dei veicoli e la loro lunghezza.



Figura 20 – Strumentazione radar utilizzata

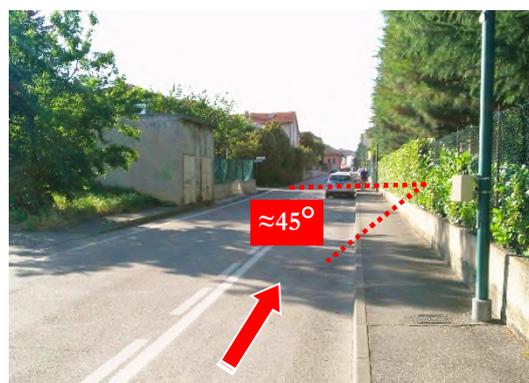
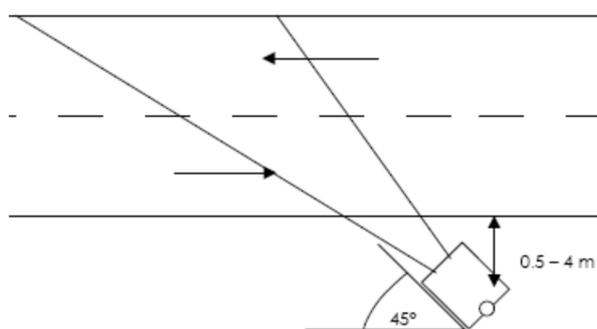


Figura 21 – Angolo di installazione dei radar rispetto alla direzione di marcia

L'indagine è stata condotta relativamente ai flussi di traffico giornalieri (00.00-24.00) divisi per intervalli di 15 minuti. Di seguito si propone una sintetica tabella riportante il numero dei radar e gli assi stradali lungo i quali sono stati collocati:

Numerazione radar	Corsie rilevate	Posizione
Radar 1	1	Via Zama dir. sud
Radar 2	1	Via Zama dir. nord
Radar 3	1	Via Bonfandini ovest dir. nord-ovest
Radar 4	1	Via Bonfandini ovest dir. sud-est
Radar 5	1	Via Merezzate dir. nord-est
Radar 6	1	Via Merezzate dir. sud-ovest
Radar 7	1	Via Bonfandini est dir. ovest
Radar 8	1	Via Bonfandini est dir. est

<b>Radar 9</b>	2	Via Salomone dir. sud
<b>Radar 10</b>	1	Via Salomone dir. nord

Tabella 1 – Specifica radar

Di seguito dopo un'illustrazione puntuale delle sezioni stabilite per il rilievo verranno brevemente sviluppate alcune osservazioni sui dati di traffico, riportati in dettaglio in allegato, in cui, per i cinque giorni di rilievo, verranno specificati:

- dati generali accompagnati da documentazione fotografica;
- volumi di traffico orari;
- grafici finali.

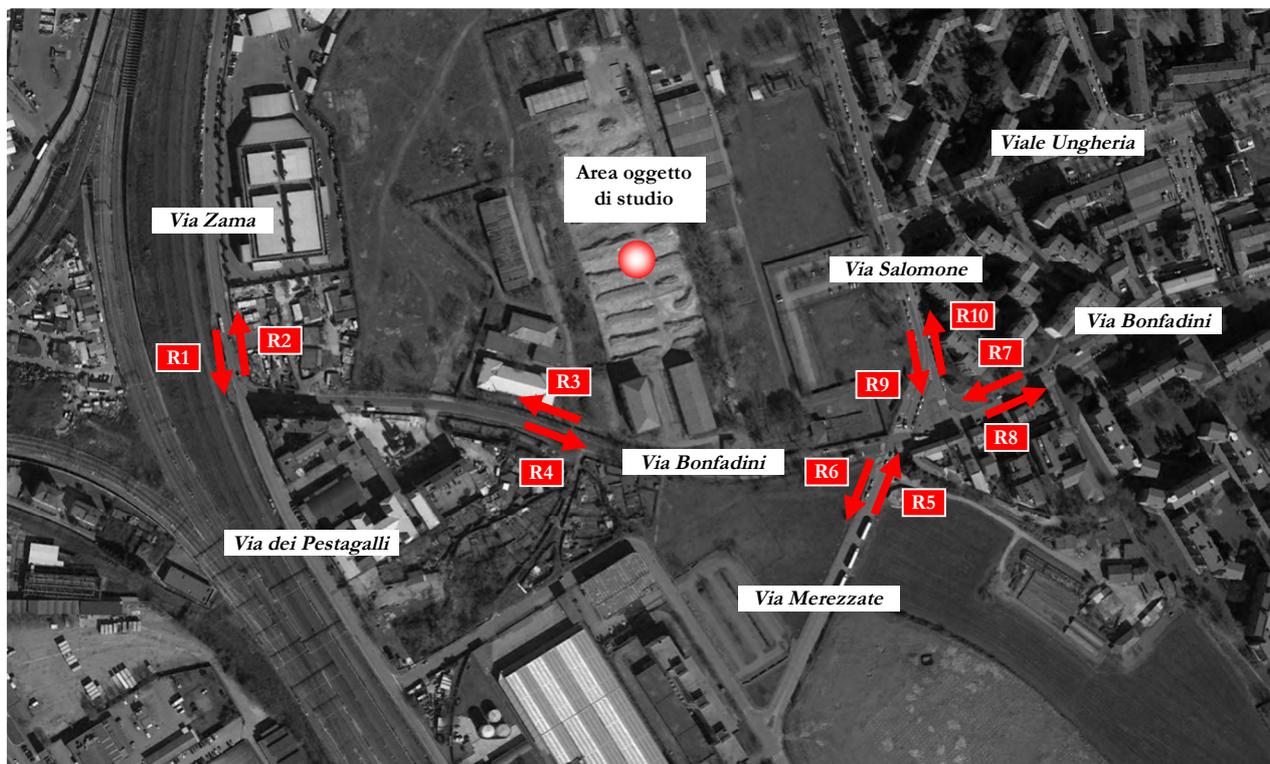


Figura 22 – Sezioni di rilievo tramite strumentazione radar

In aggiunta si riporta la documentazione fotografica di alcuni dei radar installati lungo la viabilità di afferenza, da cui si evince come le apparecchiature siano state posizionate esternamente alla sede stradale sui pali della segnaletica verticale o dell'illuminazione pubblica, senza arrecare alcun disturbo al normale deflusso veicolare.



Figura 23 – Radar 1



Figura 24 – Radar 7

I dati di traffico immagazzinati sono stati rielaborati mediante un apposito database distinguendoli per numero di postazione, direzione, giorno, classe veicolare e fascia oraria. Per quanto concerne le tipologie veicolari utilizzate per le rielaborazioni i veicoli rilevati sono stati suddivisi, in base alla loro lunghezza (L) in 4 classi:

Tipologia veicolare	Lunghezza
Auto	$2.5 \text{ m} < L < 6.0 \text{ m}$
Motocicli	$0.0 \text{ m} < L < 2.5 \text{ m}$
Leggeri	$6.0 \text{ m} \leq L < 8.5 \text{ m}$
Mezzi pesanti	$8.5 \text{ m} \leq L < 21.0 \text{ m}$

Tabella 2 – Suddivisione classi veicolari

I dati sono stati poi aggregati utilizzando come riferimento temporale il quarto d'ora ed omogeneizzati in termini di veicoli equivalenti utilizzando il coefficiente 0.5 per i motocicli, 1.0 per le auto, 1.5 per i mezzi leggeri, 4.0 per i mezzi pesanti.

Si riportano di seguito i flussi veicolari 00.00 – 24.00 in termini di veicoli totali ed equivalenti per ciascuna sezione e ciascun giorno oggetto di monitoraggio.

Dati del traffico in veicoli equivalenti totali					
SEZIONE	LUN.	MAR.	MERC.	GIOV.	VEN.
1	2.178	2.317	2.216	2.252	2.300
2	2.167	2.129	2.072	2.084	2.144
3	1.890	1.909	1.874	1.845	1.933
4	2.003	2.095	2.034	2.024	2.080
5	330	352	319	343	341
6	386	399	380	391	390
7	2.912	2.733	2.611	2.703	2.709
8	2.982	3.089	3.086	3.074	3.067
9	3.460	3.386	3.466	3.463	3.446
10	3.438	3.154	3.053	3.225	3.200
<b>TOTALE</b>	<b>21.746</b>	<b>21.563</b>	<b>21.111</b>	<b>21.404</b>	<b>21.610</b>

Tabella 3 – Veicoli equivalenti giornalieri 00.00 – 24.00

Globalmente, analizzando i dati ricavati dalle apparecchiature radar si osserva come il giorno caratterizzato dai volumi di traffico maggiori sia lunedì 15 maggio 2017. L'ora di punta del mattino evidenziata è compresa tra le 08.00 e le 09.00 del venerdì, mentre quella della sera, risultata inferiore rispetto a quelle mattinane, è compresa tra le 18.00 e le 19.00.

Andando a valutare i dati relativi alle singole sezioni si osserva quanto segue:

- il flusso lungo Via Zama è asimmetrico con una prevalenza dei flussi in direzione nord al mattino;
- il flusso lungo Via Bonfandini ovest è asimmetrico con una prevalenza dei flussi in direzione ovest al mattino;
- il flusso lungo Via Merezzate è asimmetrico con una prevalenza dei flussi in direzione sud-ovest al mattino;
- il flusso lungo Via Bonfandini est è simmetrico con una prevalenza dei flussi in direzione ovest al mattino e verso est alla sera;
- il flusso lungo Via Salomone è simmetrico fra la punta del mattino e della sera per entrambi i sensi di marcia con una prevalenza dei flussi in direzione nord al mattino.

I grafici riportati di seguito rappresentano l'andamento dei flussi veicolari rilevati.

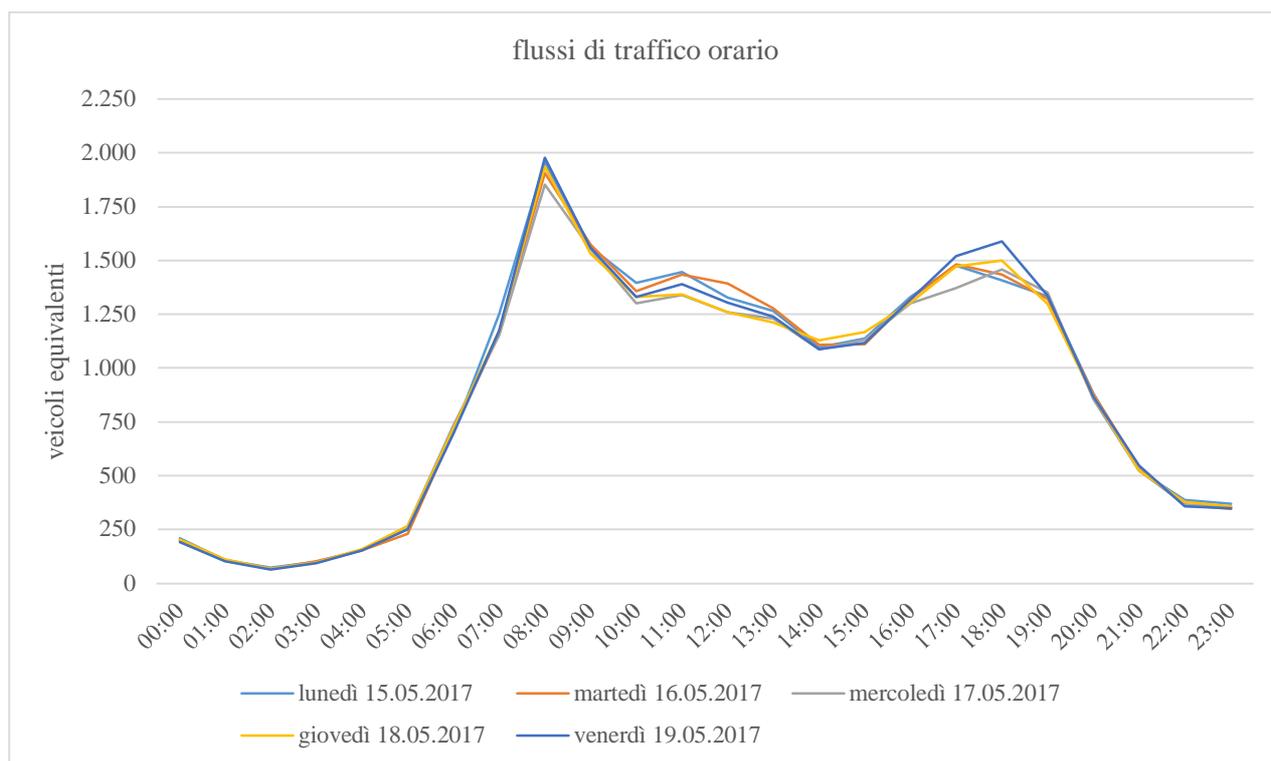
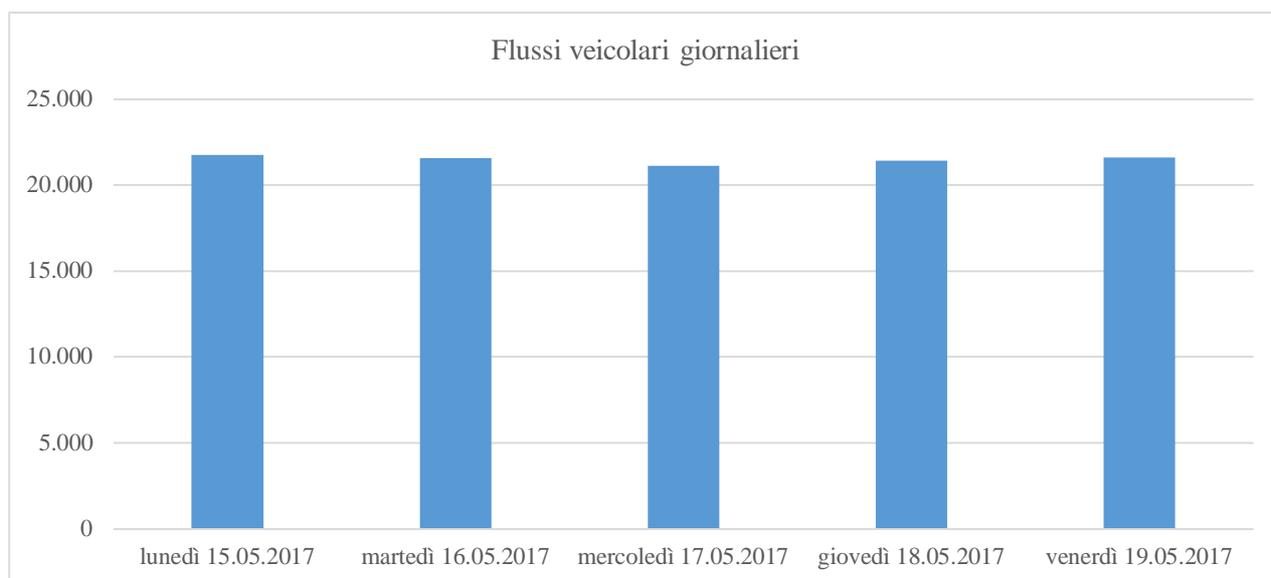


Figura 25 – Andamento volumi di traffico orari complessivi



**Figura 26** – *Andamento volumi di traffico orari giornalieri*

Nello specifico il primo grafico riporta l'andamento orario complessivo distinto per giorno di rilevazione mentre il secondo grafico descrive l'andamento del flusso totale giornaliero nell'arco della settimana.

Dal primo grafico si può dedurre quanto segue:

- il flusso veicolare risulta molto modesto, anche per le ore di punta, in tutti i giorni di rilievo;
- tutti i giorni infrasettimanali presentano un andamento a doppia campana, con massimi nell'ora di punta al mattino e della sera, nelle fasce orarie di movimentazione fra casa e lavoro;
- si evidenziano differenze minime fra i cinque giorni feriali di rilievo per la costanza degli spostamenti e la scarsità del traffico presente nella rete;
- i picchi mattutini e serali risultano maggiormente marcati nella giornata di venerdì.

Dal secondo grafico emerge che:

- il lunedì ed il venerdì sono i giorni caratterizzati da un flusso veicolare giornaliero maggiore;
- osservando i giorni feriali si nota come lo scarto fra i vari giorni di rilievo sia ridotto rispetto ai veicoli equivalenti totali che circolano nella rete.

## 4.2 RILIEVI MANUALI

Oltre ai rilievi automatici che hanno evidenziato le ore di punta caratterizzanti l'area, sono stati eseguiti anche dei rilievi manuali in corrispondenza delle principali intersezioni attigue all'area oggetto di studio:

1. Intersezione a raso tra Via Bonfadini, Via Zama e Via dei Pestagalli;
2. Intersezione a raso tra Via Bonfadini, Via Salomone e Via Merezate;
3. Intersezione a raso tra Via Salomone e Viale Ungheria.

Ogni corrente di traffico interessante le singole intersezioni è stata monitorata da vari operatori compilando appositi moduli di rilevamento sui quali sono stati annotati i passaggi dei veicoli distinti per classe veicolare e per orario.

Nelle figure seguenti si riportano l'ubicazione delle intersezioni interessate da rilievo manuale e la scheda tipo compilata dal personale incaricato del rilievo.

I rilievi sono stati concentrati negli intervalli critici del sistema viario nell'arco della settimana.



## 5 SCENARIO FUTURO

### 5.1 SCENARIO DI PROGETTO

L'intervento oggetto di studio prevede la riconversione di un complesso immobiliare sito lungo Via Bonfadini in comune di Milano, un tempo utilizzato dall'Aeronautica Militare quale deposito mezzi e materiali.

Complessivamente l'ambito di intervento si estende su una superficie di circa 50.000 mq ed è costituito da diversi fabbricati costruiti in muratura o strutture in cemento armato.

La ristrutturazione urbanistica ed edilizia dell'ambito prevede la realizzazione di un nuovo insediamento a carattere prevalentemente residenziale, con una minore quota di terziario e commerciale, oltre ai relativi spazi destinati ai servizi di pubblico interesse.



Figura 29 – Intervento di progetto

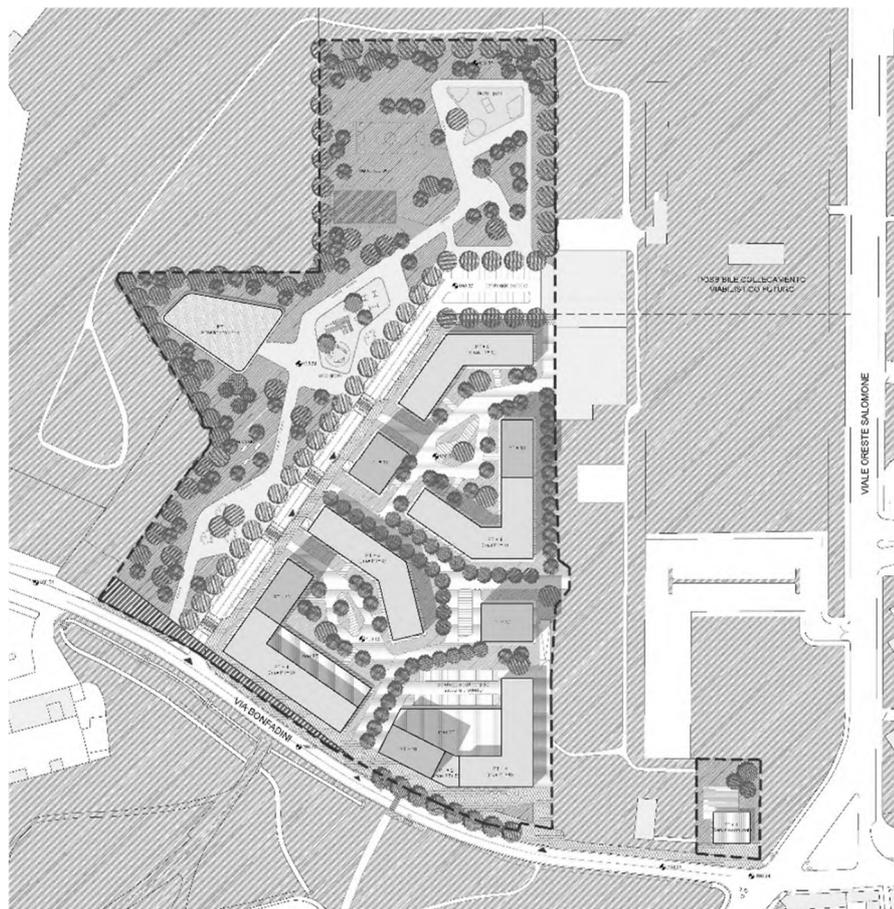
Nella tabella di seguito rappresentata si riportano le superfici di progetto.

EX MAGAZZINI COMMISSARIATO TALIEDO	
Destinazione d'uso	Superficie
<i>Residenza libera, convenzionata ed agevolata</i>	32.747 mq
<i>Terziario</i>	960 mq
<i>Commercio</i>	1.765 mq
<i>Attività di pubblico interesse su aree in cessione</i>	1.400 mq
<b>Totale</b>	<b>36.872 mq</b>

**Tabella 4 – Superfici di progetto area “Ex Magazzini Commissariato Taliedo”**

## 5.2 ACCESSI

L'intero comparto edificatorio sarà caratterizzato da alcuni accessi ubicati tutti in corrispondenza della viabilità pubblica – Via Bonfadini.



**Figura 30 – Planimetria generale dell'intervento riportante gli accessi veicolari e pedonali**

### 5.3 FLUSSI DI TRAFFICO INDOTTO DALL'INTERVENTO DI PROGETTO

Al fine di determinare il reale impatto viabilistico prodotto dal futuro scenario, dopo aver ricostruito lo stato di fatto in termini di offerta e domanda di trasporto e descritto l'intervento di progetto, è necessario stimare i flussi veicolari in accesso/egresso dal lotto in esame e la distribuzione degli indotti relativi ai futuri interventi che interesseranno l'area circostante; in aggiunta a quelli attualmente presenti.

L'entità del movimento di veicoli equivalenti indotto dal nuovo insediamento è stata determinata in base a quanto previsto da AMAT (Agenzia Mobilità Ambiente Territorio) al fine di valutare l'impatto sul traffico generato dai nuovi interventi urbanistici. A tal proposito la zonizzazione trasportistica classifica l'ambito di intervento all'interno della zona contrassegnata dal n. 425.



Figura 31 – Zonizzazione trasportistica – fonte AMAT

La “Procedura approssimata di stima e riparto modale del traffico indotto da nuovi interventi urbanistici” ha permesso di individuare l'entità dei veicoli indotti generati dall'intervento oggetto di studio, sia nell'ora di punta del mattino che nell'ora di punta della sera.

Nello specifico, il foglio elettronico predisposto da AMAT, in seguito all'inserimento dei dati progettuali, ha calcolato l'indotto corrispondente a 35 veicoli in ingresso e 79 in uscita nell'ora di punta del mattino e 98 veicoli in ingresso e 85 in uscita all'ora di punta della sera.

Si specifica che per le funzioni con tipologia sportiva - attività pubblica, non comprese nel modello AMAT, l'indotto è stato assimilato alle funzioni del settore terziario.

Si osserva che i veicoli indotti si riferiscono allo scenario 2 di lungo periodo.

#### 5.4 ALTRI INTERVENTI URBANISTICI E FLUSSI INDOTTI

Per determinare il futuro carico veicolare sulla rete stradale di afferenza all'ambito oggetto di intervento sono stati considerati ulteriori interventi previsti dalla programmazione urbanistica, tra cui:

- la “Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia”;
- il “PRERP Via Merezzate”;
- il “Permesso di costruire” di Via dei Pestegalli.

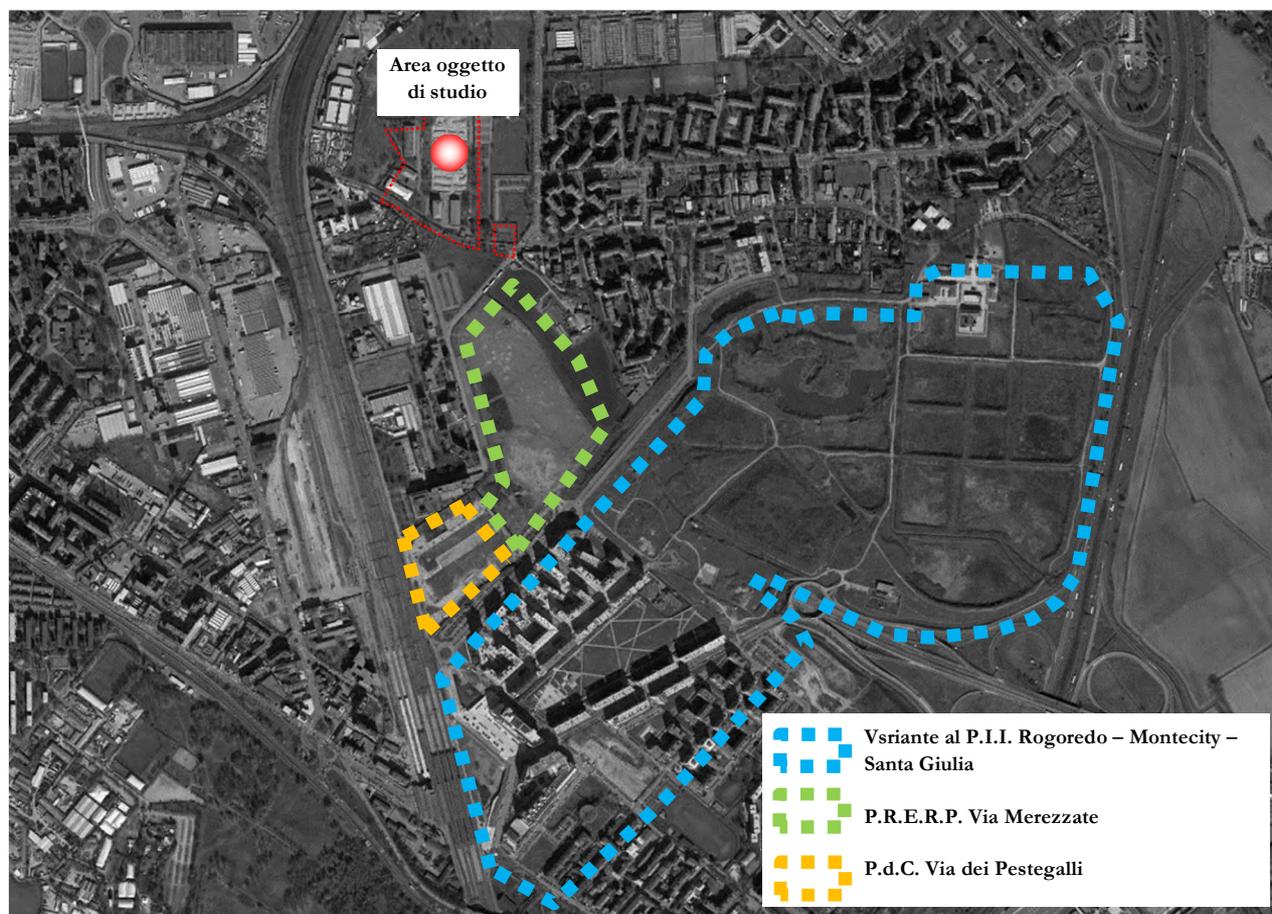


Figura 32 – Superfici di progetto area “Ex Magazzini Commissariato Taliedo”

Il progetto di cui alla “Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia”, esteso su una superficie di circa 1.100.000 mq, si pone l'obiettivo di disegnare una delle nuove porte di accesso alla città di Milano, la porta “Bonfadini – Rogoredo”, che sarà dedicata a funzioni di tipo urbano e metropolitano, quali il Centro Congressi di Milano, attività terziarie e funzioni proprie del sistema dell'informazione, del commercio, dell'intrattenimento collettivo e dell'uso del tempo libero. Le funzioni private, invece, prevedono ambiti destinati alla residenza, uffici e alberghi, commercio e negozi di vicinato, luoghi per lo spettacolo e servizi alla persona (chiesa, asilo, scuola materna, ecc.).

<b>VARIANTE AL P.I.I. ROGOREDO – MONTECITY – SANTA GIULIA</b>	
<b>Destinazione d'uso</b>	<b>Superficie</b>
<i>Residenza</i>	227.355 mq
<i>Terziario</i>	108.325 mq
<i>Ricettivo</i>	25.000 mq
<i>Commercio</i>	90.000 mq
<i>Funzioni compatibili</i>	7.422 mq
<b>Totale</b>	<b>458.102 mq</b>

**Tabella 5** – Superfici di progetto area “Variante al P.I.I. Rogoredo – Montecity – Santa Giulia”

Il progetto di cui al “P.R.E.R.P. Via Merezzate” prevede, invece, in un ambito di circa 76.000 mq, la realizzazione di nuova residenza abitativa a canone di locazione sociale e di strutture compatibili con la residenza, al fine di migliorare la qualità urbana e ambientale del tessuto urbano circostante.

<b>P.R.E.R.P. VIA MEREZZATE</b>	
<b>Destinazione d'uso</b>	<b>Superficie</b>
Residenza (convenzionata e a canone sociale)	58.455 mq
<b>Totale</b>	<b>58.455 mq</b>

**Tabella 6** – Superfici di progetto area “P.R.E.R.P. Via Merezzate”

Il progetto di cui al “P.d.C. Via dei Pestegalli” contempla le destinazioni riportate di seguito.

<b>P.d.C. VIA DEI PESTEGALLI</b>	
<b>Destinazione d'uso</b>	<b>Superficie</b>
<i>Terziario</i>	29.554 mq
<i>Produttivo</i>	12.666 mq
<b>Totale</b>	<b>42.220 mq</b>

**Tabella 7** – Superfici di progetto area “P.d.C. Via dei Pestegalli”

L'entità del movimento di veicoli equivalenti indotto dai tre insediamenti di progetto, anche in questo caso, è stata determinata in base a quanto previsto da AMAT al fine di valutare l'impatto sul traffico generato dai nuovi interventi urbanistici, assumendo che la “Variante al P.I.I. Rogoredo – Montecity - Santa Giulia” ricada nella zona trasportistica contrassegnata dal n. 446, che il “P.R.E.R.P. Via Merezzate” ricada nella zona contrassegnata dal n. 432 e che il “P.d.C. Via dei Pestegalli” ricada nella zona contrassegnata dal n. 442.

Per quanto riguarda la “Variante al P.I.I. Rogoredo – Montecity - Santa Giulia” sono stati stimati in 1.663 i veicoli indotti in ingresso e 685 in uscita dall'area nell'ora di punta del mattino, mentre sono 2.192 i veicoli in ingresso e 3.150 quelli in uscita nell'ora di punta della sera. Si specifica che per le destinazioni di tipo “ricettivo” e “funzioni compatibili”, non comprese nel modello AMAT, l'indotto è stato calcolato con l'ITE per la prima ed è pari a 258

veicoli in ingresso e 47 in uscita dall'area nell'ora di punta del mattino, mentre sono 65 i veicoli in ingresso e 195 quelli in uscita nell'ora di punta della sera. La seconda invece è stata assimilata alla destinazione "commerciale vicinato" presente nel modello AMAT e risultano nell'ora di punta del mattino 42 veicoli in ingresso e 1 in uscita, nell'ora di punta serale 114 i veicoli in ingresso e 169 quelli in uscita.

Per quanto riguarda il P.R.E.R.P. Via Merezzate sono stati stimati in 26 i veicoli indotti in ingresso e 149 in uscita dall'area nell'ora di punta del mattino, mentre sono 159 i veicoli in ingresso e 76 quelli in uscita nell'ora di punta della sera.

Infine in riferimento al P.d.C. di Via dei Pestegalli sono stati stimati in 335 i veicoli indotti in ingresso e 24 in uscita dall'area nell'ora di punta del mattino, mentre sono 37 i veicoli in ingresso e 281 quelli in uscita nell'ora di punta della sera. Si specifica che per la funzione con tipologia produttivo, non compresa nel modello AMAT, l'indotto è stato calcolato con l'ITE ed è pari a 110 veicoli in ingresso e 15 in uscita dall'area nell'ora di punta del mattino, mentre sono 16 i veicoli in ingresso e 116 quelli in uscita nell'ora di punta della sera.

Per tutti gli interventi i veicoli indotti si riferiscono allo scenario 2 di lungo periodo.

Il flusso indotto da tutti gli interventi è stato ripartito nella rete di afferenza all'area sulla base del modello di macrosimulazione prodotto, di cui si tratta nel dettaglio nel Capitolo 6.

## 6 ANALISI MACROSIMULATIVA

### 6.1 IL MODELLO DI SIMULAZIONE

Nel processo di pianificazione del trasporto in cui il progettista viene affiancato dall'uso di un elaboratore elettronico, l'analisi dello stato di fatto ed il lavoro del processo di progettazione viene diviso tra utente e calcolatore. Mentre il progettista migliora successivamente il suo disegno (soluzione suggerita) basato sullo stato corrente, il computer determina l'impatto della soluzione adottata. Nella pianificazione del trasporto con elaboratore, il sistema dei trasporti viene rappresentato attraverso un modello dei trasporti che, come tutti i modelli, è un'astrazione del mondo reale. Lo scopo del processo di modellazione è la realizzazione di un modello basato il più realisticamente possibile sulle decisioni da prendere nel mondo reale. Un macromodello determina gli impatti di un'offerta di trasporto esistente o di progetto che può includere sia una rete di trasporto privato (TPr) che una di trasporto pubblico (TPb, includendo gli orari delle linee).

Il modello matematico, che simula gli aspetti rilevanti del traffico, necessita di una rappresentazione dell'offerta di trasporto (grafo) e della domanda di trasporto (matrici O/D). L'offerta è rappresentata come "grafo". La domanda, espressa dal numero di spostamenti da ciascuna origine ad ogni destinazione in un particolare intervallo di tempo, viene descritta sotto forma di "matrici O/D".

Il software consente la modellizzazione di una rete plurimodale attraverso la rappresentazione sia del traffico privato che del trasporto pubblico. La combinazione del modo e dei mezzi di trasporto (cioè dei veicoli) permette al progettista di definire vari sistemi di trasporto. La velocità corrente dei veicoli nei sistemi di trasporto privato è influenzata dalla capacità della rete, mentre i veicoli del trasporto pubblico operano in accordo agli orari. Il modello di rete contiene i seguenti elementi:

- nodi: intersezioni TPr;
- fermate TPb con aree e punti di fermata;
- zone: origine e destinazione degli spostamenti;
- archi: velocità e capacità per TPr, tempo di viaggio per TPb;
- manovre di svolta: penalità di svolta per TPr, punti di svolta per TPb;
- connessioni: accesso/uscita dalle zone;
- linee con percorsi di linea, profili orari e percorsi di sistema.

La rete può inoltre contenere informazioni riguardanti i veicoli e gli operatori del TPb, punti di interesse, aree per le quali possono essere determinati in modo preciso gli indicatori TPr e TPb, sezioni di rilievo e rilevatori sugli archi per la rappresentazione e la gestione dei flussi veicolari rilevati per direzione.

#### 6.1.1 CARATTERIZZAZIONE DELL'OFFERTA DI TRASPORTO

La rete di offerta stradale è stata rappresentata all'interno del modello attraverso un grafo, costituito da elementi puntiformi (nodi) ed elementi lineari (archi), dove nella realtà gli archi corrispondono alle strade ed i nodi alle intersezioni. L'accesso alla rete dalle zone di traffico, che sono rappresentate da nodi fittizi detti "centroidi", avviene attraverso connessioni che non hanno alcuna corrispondenza con elementi reali della rete.

La base di partenza per la ricostruzione del modello di simulazione del traffico veicolare è costituita dagli shapefile della carta tecnica regionale contenenti le principali caratteristiche della rete stradale da modellare. La fase di

modellazione dell'offerta prevede l'acquisizione delle informazioni utili alla definizione funzionale dei singoli elementi che verranno in seguito inseriti attraverso opportuni codici di elaborazione.

#### **6.1.1.1 Gli archi**

Gli elementi lineari del grafo sono costituiti da archi mono o bidirezionali. Tali elementi sono rappresentati da un insieme di segmenti che schematizzano la rete composta, nella realtà, sia da rettilinei che da curve. Gli archi sono definiti da:

- nodo di origine dell'arco;
- nodo di destinazione dell'arco;
- lunghezza arco espresso in Km;
- sistemi di trasporto abilitati sull'arco; - tipo di arco;
- numero di corsie; - associazione arco/curva di deflusso;
- tempo di percorrenza e velocità di percorrenza dell'arco;
- flusso auto e flusso veicoli commerciali.

#### **6.1.1.2 Nodi**

I nodi del grafo rappresentano le intersezioni della rete stradale oppure gli estremi di tratti stradali con caratteristiche omogenee. Nel grafo ogni nodo viene classificato in funzione del tipo di regolamentazione dell'intersezione. Ogni nodo è caratterizzato da:

- identificativo del nodo;
- coordinata x e coordinata y del nodo;
- coordinata x e coordinata y del nodo connessione;
- costo di percorrenza dell'arco per il traffico privato e commerciale leggero;
- costo di percorrenza dell'arco per il traffico commerciale pesante.

#### **6.1.1.3 Manovre di svolta**

In corrispondenza dei nodi possono essere definite le manovre di svolta, così da completare la rappresentazione funzionale di base. Alle manovre consentite è assegnata una funzione di ritardo, funzione a sua volta del tipo di svolta della gerarchia delle strade che si incrociano e del tipo di intersezione (stop, precedenza, semaforo, rotonda). Per ogni combinazione data dal tipo di intersezione, dal tipo di svolta e dalla relazione gerarchica, è possibile definire una capacità e un perditempo standard che possono essere associati in automatico a ciascuna manovra sulla rete. Ogni manovra è definita da:

- nodo origine;
- nodo attraversato;
- nodo destinazione;
- associazione manovra di svolta/curva di deflusso;
- tempo di verde, tempo del ciclo semaforico, e capacità della manovra, per le intersezioni semaforizzate;
- tempo di ritardo;

- flusso auto e flusso veicoli commerciali.

#### 6.1.1.4 Funzioni di deflusso

L'attributo fondamentale per la definizione di una rete di trasporto individuale è la funzione di costo relativa ad ogni arco stradale, meglio nota con il nome di “funzione di deflusso”, in cui le variabili prese in esame sono i volumi di traffico ed il tempo di percorrenza. Tale funzione permette di rappresentare matematicamente la legge che lega il flusso veicolare nell'unità di tempo alla velocità (in questo caso al tempo di percorrenza). Per questo motivo le curve di deflusso vengono frequentemente individuate in letteratura anche con il nome di “funzioni di ritardo”. Tempo e flusso sono interdipendenti: il tempo di un arco è funzione sia del flusso che percorre l'arco stesso sia dei flussi che percorrono altri archi del grafo. Nelle funzioni di deflusso intervengono alcune grandezze, associate ad ogni arco, legate solo alle caratteristiche geometriche e funzionali della rete e non alla domanda di trasporto, quali:

- la capacità, ossia il numero massimo di veicoli equivalenti che possono defluire in una predefinita sezione dell'arco nell'unità di tempo (in genere l'ora), il cui superamento porta ad un funzionamento instabile del sistema e successivamente al blocco del traffico;
- il tempo di percorrenza a rete scarica, ossia in assenza di traffico (o, ragionando in termini di velocità, la velocità di percorrenza a rete scarica detta anche velocità di libero deflusso);
- curve di deflusso sugli archi;
- curve di deflusso sulle manovre di svolta.

Le curve di deflusso utilizzate sugli archi sono state sviluppate dal Bureau of Public Roads statunitense ed hanno la seguente espressione:

$$t = t_0 \times [1 + \alpha \times (f / cap)^\beta]$$

Dove  $t$  è il tempo di percorrenza che dipende dal tempo di percorrenza a rete scarica  $t_0$ , dal rapporto fra flusso in transito e capacità della strada ( $f/cap$ ) e da due parametri di calibrazione alfa e beta che variano in funzione delle caratteristiche delle diverse strade. Al raggiungere della saturazione (valore di rapporto tra flusso e capacità = 1) le prestazioni della strada degradano rapidamente e il tempo di percorrenza aumenta, disperdendosi sull'asse delle ascisse come rappresentato nella figura sottostante.

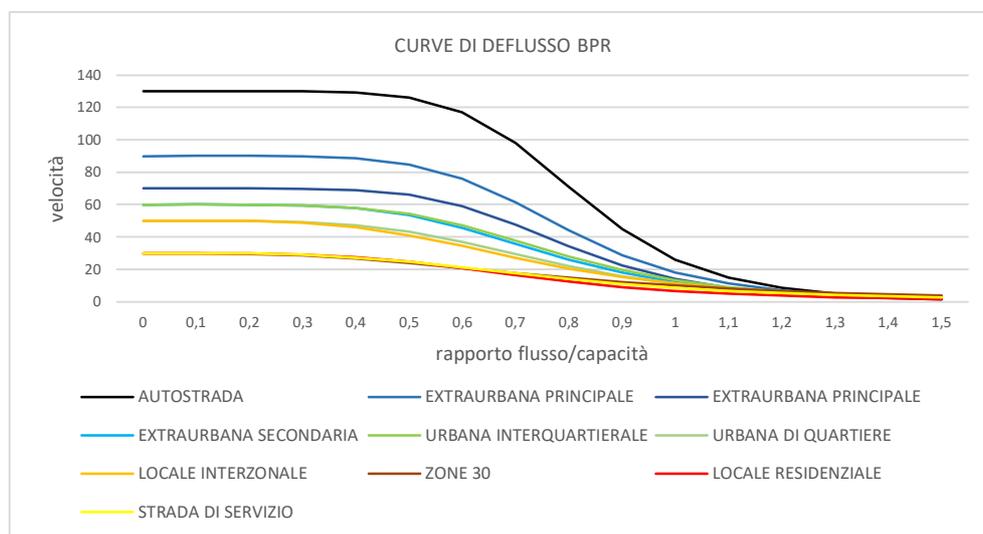


Figura 33 – Sintesi delle curve di deflusso degli archi utilizzate

Anche le intersezioni sono caratterizzate da funzioni di costo. Il modello Visum consente sostanzialmente due tipi di riproduzione del funzionamento degli incroci: con il primo viene associata una penalità di tempo alle manovre di svolta variabile in funzione del traffico in transito sulla manovra; con il secondo l'intersezione viene riprodotta in modo analitico con definizione precisa dall'assetto geometrico, tale da poter calcolare il tempo di percorrenza in funzione delle componenti di traffico che attraversano tutti i rami dell'incrocio. La trattazione analitica dei nodi è di importanza strategica nella rappresentazione di una rete stradale urbana all'interno della quale le caratteristiche di circolazione sono determinate principalmente dal funzionamento delle intersezioni. Nel modello di Sacile sono state quindi rappresentate analiticamente le diverse intersezioni: a rotatoria, semaforizzate e a semplice precedenza. L'inserimento dei tempi semaforici è avvenuto tramite informazioni recuperate nei sopralluoghi e l'osservazione della tipologia degli incroci. Per ogni intersezione il modello ha calcolato il livello di servizio con metodologia HCM - Highway Capacity Manual, ampiamente utilizzata nel settore dell'ingegneria dei trasporti per l'analisi del funzionamento delle infrastrutture stradali.

### **6.1.2 RAPPRESENTAZIONE DELLA DOMANDA DI TRAFFICO**

La domanda di trasporto viene rappresentata nel modello sottoforma di matrice O/D, riferita alle zone di traffico.

#### **6.1.2.1 Le zone**

Le zone sono rappresentate da un punto sul grafo, detto centroide, in cui si ipotizzano concentrati l'uscita e l'ingresso dei movimenti originati e destinati alla zona. Il modello consente inoltre di rappresentare l'estensione areale delle zone. Una zona è descritta dai seguenti attributi di input:

- identificativo della zona;
- coordinata X e coordinata Y del centroide di zona;
- identificatore che specifica se il traffico TPr di origine e destinazione deve essere distribuito proporzionalmente tra le connessioni del trasporto privato.

#### **6.1.2.2 Le connessioni**

Ogni zona deve essere connessa ad almeno un nodo del trasporto privato tramite una connessione, in modo che i viaggiatori possano raggiungere questa zona. Una connessione corrisponde a percorsi di accesso ed uscita per i quali è data una lunghezza ed un tempo di percorrenza. Una connessione ha due direzioni che possono essere usate dal TPr come percorsi di accesso/uscita:

- connessione di origine da zona a nodo;
- connessione di destinazione da nodo a zona.

Le zone sono origine e destinazione degli spostamenti, di conseguenza una connessione di origine è sempre la prima parte, e la connessione di destinazione è sempre l'ultima parte di uno spostamento.

#### **6.1.2.3 Matrice origine/destinazione**

La domanda di trasporto nasce quando una sequenza di attività (casa - lavoro - acquisti - casa) non può essere svolta nello stesso posto e richiede quindi uno spostamento. La domanda è descritta da una matrice O/D:

- un elemento della matrice definisce il numero di viaggi da una zona di origine ad una di destinazione;

- una matrice di domanda si riferisce ad uno specifico intervallo di tempo contenendo solo gli spostamenti la cui partenza è interna all'intervallo specificato;
- gli spostamenti di una matrice possono riferirsi a tutti i sistemi di trasporto, a sistemi di trasporto parziali (es. pedoni, biciclette, TPb, auto), a gruppi di persone (es. impiegati, studenti, pensionati) o a specifici scopi comuni (es. lavoro+scuola, acquisti, tempo libero). Una matrice di domanda viene assegnata esattamente ad un segmento di domanda.

La domanda può essere divisa in domanda rilevata e calcolata così come in domanda attuale e futura:

la domanda di trasporto rilevata descrive il numero di spostamenti e la distribuzione degli stessi in un fissato intervallo di tempo per un determinato sistema di trasporto. Un'indagine esatta della domanda attuale nell'area di studio nella realtà non è possibile poiché tutti i viaggiatori dovrebbero essere intervistati allo stesso istante. Per questa ragione viene intervistato solo un campione rappresentativo dei viaggiatori per determinare la domanda di spostamento necessaria per gli studi di pianificazione dei trasporti;

- la domanda calcolata contiene assunzioni circa il numero di spostamenti e la distribuzione dei viaggi viene definita attraverso modelli di generazione, distribuzione e ripartizione modale. La domanda di viaggio calcolata può essere distinta, in funzione dei dati di input utilizzati in:
  - domanda di trasporto attuale se l'input del calcolo è la struttura attuale di uso del suolo, la popolazione e la struttura economica attuali e l'odierno sistema di offerta di trasporto;
  - domanda di trasporto prevista se basata su dati relativi al futuro uso del suolo, alla futura

### **6.1.3 PROCEDURA DI ASSEGNAZIONE**

Successivamente alla ricostruzione della domanda e dell'offerta di traffico si procede all'assegnazione della prima sulla seconda. Nello specifico si utilizza un'assegnazione all'equilibrio: essa distribuisce la domanda secondo il primo principio di Wardrop: lo stato di equilibrio è raggiunto tramite iterazioni multiple successive basate su un'assegnazione incrementale come soluzione di partenza. In un passo interno di iterazione due itinerari di una stessa relazione sono portati in uno stato di equilibrio trasferendo veicoli da un itinerario ad un altro. Il passo successivo verifica se esistano nuovi itinerari con impedenza minore, calcolata secondo lo stato corrente della rete. Ogni iterazione prevede al suo interno il calcolo del livello di servizio dei nodi che determina l'appetibilità dei percorsi: le penalità di tempo alle manovre di svolta variano in funzione dei flussi in transito sugli incroci e vengono ricalcolate in un processo iterativo fino a che ciascun utente non ha più convenienza a spostare il proprio itinerario.

### **6.1.4 METODO DI CALIBRAZIONE**

La matrice O/D del trasporto privato, per l'ora di punta viene assegnata al modello di offerta per verificare la correlazione con i dati di traffico dei flussi attuali transitanti lungo la viabilità dello stato di fatto

A partire dai risultati dell'analisi di correlazione vengono eseguite, innanzitutto, una serie di modifiche di affinamento delle caratteristiche dei vari elementi di rete, al fine di raggiungere un R2 di partenza soddisfacente. R2 è un coefficiente di determinazione statistica variabile da 0 a 1 che spiega il livello di rispondenza tra valore osservato e valore modellizzato (1 = piena rispondenza). Dal punto di vista metodologico l'intero processo di analisi, assegnazione e calibrazione può essere così sintetizzato:

*Passo 1:* analisi della regressione lineare tra volumi stimati e rilevati dopo la prima assegnazione;

- Passo 2:* screening delle situazioni isolate e diffuse di maggiore anomalia;
- Passo 3:* correzione dei casi in cui si è individuata la causa di disturbo;
- Passo 4:* nuova assegnazione e analisi della regressione lineare;
- (procedura iterativa dei passi 2, 3 e 4)*
- Passo 5:* calibrazione della matrice O/D sulla base di volumi noti.

Questa ultima fase di calibrazione della matrice O/D, viene eseguita utilizzando una particolare procedura “fuzzy”. Il metodo di tipo “fuzzy”, a partire dalla matrice di partenza e dall’insieme dei flussi rilevati, fornisce una matrice di domanda aggiornata. Tale matrice viene calcolata mediante fattori di moltiplicazione per gli elementi della matrice iniziale attraverso una procedura di bilanciamento. La comparazione del flusso calcolato con il flusso rilevato fa sì che le sezioni di rilievo forniscano informazioni sui “fattori di correzione” da applicare. Ovviamente ad una relazione O/D possono riferirsi più sezioni di rilievo e quindi esiste la possibilità che questa venga influenzata da più fattori di correzione.

Convenzionalmente si tende a considerare sufficientemente attendibile un modello con indice R2 non inferiore a 0,80. Tale soglia di riferimento viene individuata anche in ragione della numerosità dei punti di confronto, in quanto maggiore è il campione di riferimento, maggiore è la probabilità di distorsione con i valori simulati.

#### **6.1.5 CARATTERISTICHE DEL MODELLO DI TALIEDO - MILANO**

AMAT SpA ha fornito il grafo da utilizzare per le simulazioni modellistiche a scala macro. Trattasi di una estrazione del grafo del modello di Milano relativa all’area interessata oltre che dall’intervento oggetto di studio (la struttura in area Ex-Magazzini), anche da altre importanti trasformazioni urbanistiche:

- Variante al PII Rogoredo Montecity: 227.355 mq di residenza, 108.325 mq di terziario, 90.000 mq di commerciale, 25.000 mq di ricettivo e 7.422 mq di funzioni compatibili,
- PRERP via Merezzate: 58.455 mq di residenza,
- PdC via dei Pestagalli: 29.554 mq di terziario e 12.666 mq di produttivo.

La rete simulata copre una lunghezza complessiva bidirezionale di circa 198 km per un totale di 965 archi stradali.

Elemento	Valore
Nodi	788
Archi bidirezionali	2.112
Manovre di svolta	5.392
Zone/Connessioni	45/146

**Tabella 8 – Elementi rete simulata**

In base al dato della capacità stradale fornita da AMAT, il grafo stradale è stato tipizzato secondo la classificazione sotto illustrata. Successivamente, ad ogni classe stradale è stata associata la curva di deflusso, scelta tra le funzioni illustrate in precedenza.

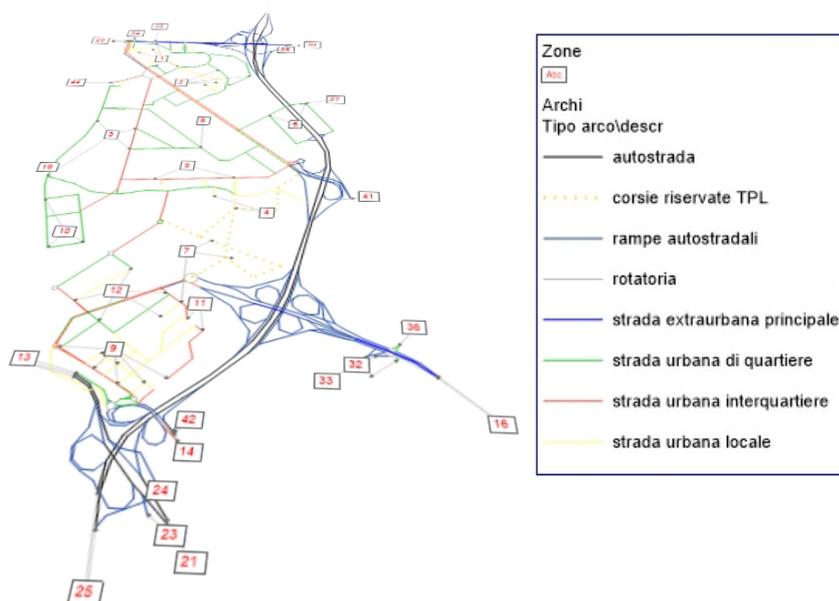


Figura 34 – Rete Macrosimulazione Taliedo – stato di fatto (rappresentazione in 3D)

Si precisa che sottoparti del grafo stradale sono composte da elementi presenti nello stato di fatto, ma soppressi negli scenari futuri. Analogamente, negli scenari futuri sono presenti nuovi elementi stradali, assenti nello stato di fatto. Questo perché gli insediamenti previsti, peraltro con notevoli carichi urbanistici, sono accompagnati da progetti di potenziamento della rete stradale, a supporto del traffico veicolare indotto. Gli archi stradali di progetto sono tutti distinguibili dal tipo di arco, che in questo caso è uguale a 6. I progetti sono sottoelencati.

VL09	Progetto	Scenario in cui va attivato
9001	Chiusura corsia riservata Forlanini per cantieri M4	Stato di fatto
50	Prolungamento Paillese sino a via Merezate	Progettuale
500	Viabilità Santa Giulia (compreso svincolo Mecenate)	Progettuale
501	Viabilità PRERP Merezate	Progettuale

Il grafo contiene anche altri progetti stradali, ma da non attivarsi per gli scenari futuri (quelli con campo VL09 = 51).

Di seguito viene illustrato il grafo stradale nel suo assetto futuro, evidenziando con colore rosso le strade di progetto e quelle esistenti ma riadeguate.



**Figura 35** – Rete Macrosimulazione Taliedo – archi di progetto, o esistenti ma riadeguati (rappresentazione in 3D)

## 6.2 MACROSIMULAZIONI ESEGUITE

Si descrive di seguito il procedimento secondo il quale sono state svolte le analisi modellistiche.

### 6.2.1 LO STATO DI FATTO

- 1) Come primo passo si è rappresentato lo stato di fatto, assegnando al grafo la matrice degli spostamenti consegnata da AMAT, sia per l'ora di punta del mattino che per quella della sera.
- 2) In seguito, le matrici sono state aggiornate sulla base dei rilievi effettuati nel 2017 nei pressi dell'area Ex-Magazzini, ottenendo così lo stato di fatto "attualizzato". I rilievi sono espressi in veicoli equivalenti, utilizzando i coefficienti di equivalenza 0,5 per le moto, 1,5 per i leggeri, 2,5 per i medi e 4 per i pesanti. Per l'aggiornamento delle matrici fornite da AMAT è stata utilizzata la metodologia "t-fuzzy", descritta in precedenza.

Di seguito sono riportati i flussogrammi in veicoli equivalenti rispettivamente nell'ora di punta serale e del mattino, dettagliandoli maggiormente per l'area oggetto di studio.



Figura 36 – Flussogrammi ad ampia scala - stato di fatto – mattina



Figura 37 – Flussogrammi ad ampia scala - stato di fatto – sera

## 6.2.2 LO SCENARIO FUTURO DI RIFERIMENTO

Le matrici dello scenario futuro ricevute da AMAT, contengono volumi di traffico aggiuntivo rispetto allo stato di fatto, indotti dallo sviluppo urbanistico previsto, anche se sono esclusi da questo i tre insediamenti citati in precedenza, oltre che quello oggetto del presente studio.

- 1) Per calcolare le matrici dello scenario futuro di riferimento si è anzitutto applicato alle matrici fornite da AMAT quel coefficiente di correzione che ha permesso di aggiornare lo stato di fatto sulla base dei rilievi di traffico eseguiti nel 2017 (rappresentativo dello stato in essere). Nella sostanza, sono stati aggiunti quegli spostamenti sulle relazioni OD che hanno consentito di avvicinare maggiormente il valore di traffico simulato a quello osservato con i rilievi.
- 2) In seguito è stato aggiunto il traffico indotto dai tre insediamenti Variante al PII Rogoredo Montecity, il PRERP via Merezzate, il PdC via dei Pestagalli, separatamente per la mattina e per la sera, ottenendo così le matrici dello scenario futuro di riferimento. Quanto alla distribuzione OD sono stati utilizzati i pesi di ciascuna zona sia in termini generativi che attrattivi, basandosi sui valori delle matrici attuali.

Per quanto riguarda il grafo stradale, sono stati implementati gli archi relativi ai nuovi progetti o comunque di adeguamento dell'esistente, secondo quanto già detto in precedenza. Per ciascun insediamento previsto è stata inoltre inserita una nuova zona di traffico.



Figura 38 – Flussogrammi ad ampia scala - stato di riferimento – mattina



Figura 39 – Flussogrammi ad ampia scala - stato di riferimento – sera

### 6.2.3 LO SCENARIO FUTURO DI PROGETTO

Allo scenario futuro di riferimento è stato infine aggiunto il traffico indotto dalla struttura prevista nell'area Ex-Magazzini, oggetto del presente studio. Quanto alla distribuzione OD, si sono applicati i pesi in termini di generazione e di attrazione di ciascuna zona di traffico, questa volta considerando anche le nuove zone relative ai tre grandi insediamenti considerati in precedenza.

L'assegnazione al grafo di questa ulteriore quota di traffico produce i flussogrammi in veicoli equivalenti indicati di seguito, rispettivamente per l'ora di punta della sera e quella del mattino.

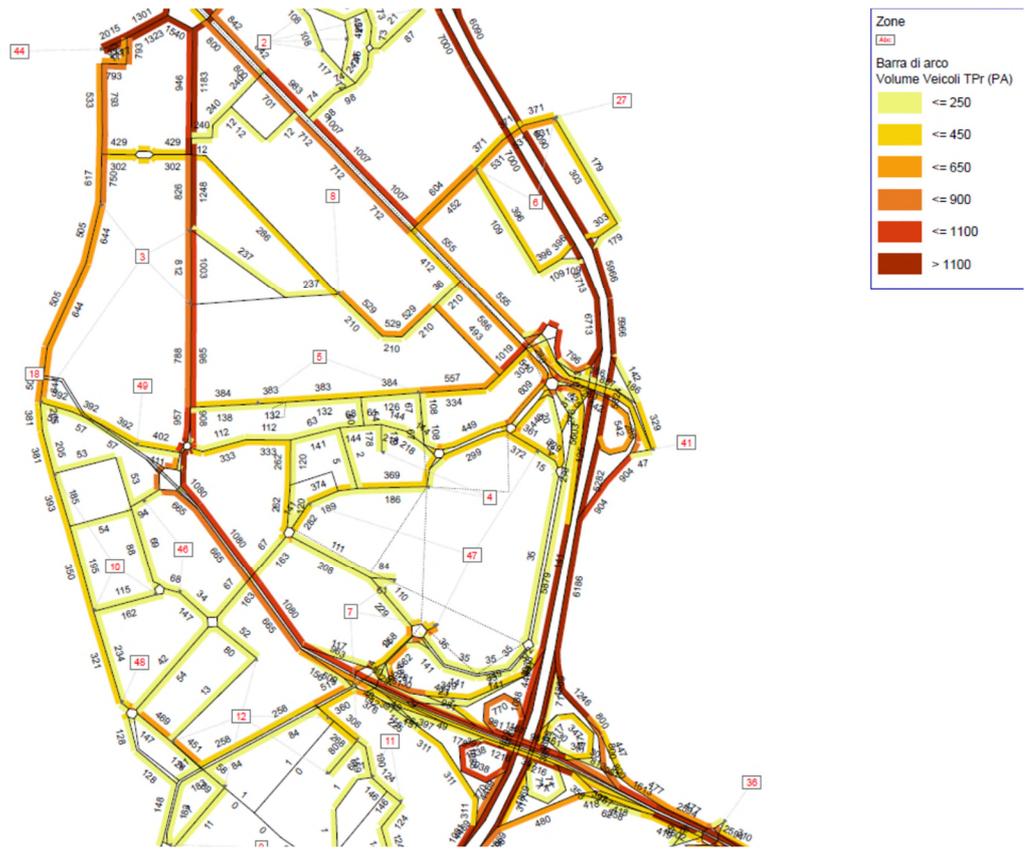


Figura 38 – Flussogrammi ad ampia scala - stato di progetto – mattina



Figura 39 – Flussogrammi ad ampia scala - stato di progetto – sera



### 6.3 **RISULTATI**

Per la valutazione degli impatti sul traffico della nuova struttura di vendita in area Ex-Magazzini, oggetto di studio, è senz'altro risultato molto utile proiettare le analisi verso orizzonti temporali che considerano l'intero sviluppo urbanistico dell'area circostante.

La rete stradale di pertinenza della nuova struttura risulta in questo modo descritta in modo esaustivo e i flussi di traffico prodotti dalla macrosimulazione possono essere presi in considerazione per sviluppare le analisi di rete e di nodo a scala più dettagliata, con microsimulatore dinamico.

Da una prima analisi a macroscala si può osservare che i flussi di traffico indotti dall'intervento oggetto di studio sono del tutto ininfluenti rispetto ai flussi che interesseranno la rete stradale nello scenario di riferimento.

## 7 LIVELLI DI SERVIZIO

### 7.1 DEFINIZIONI

La classificazione qualitativa della congestione è eseguita in genere secondo una scala di sei lettere (da A ad F) che rappresentano i diversi livelli di servizio (LOS), come definiti nel manuale statunitense – l'Highway Capacity Manual (HCM). Nell'ambito dell'ingegneria dei trasporti tali livelli sono utilizzati per descrivere l'entità di traffico su tronchi stradali o intersezioni. Le verifiche analitiche della rete viaria non possono perciò prescindere dall'esposizione di alcuni riferimenti teorici che vengono di seguito chiariti.

I principali indici ai quali si farà riferimento sono:

- *Volume di traffico orario o flusso orario  $f$  (veic/h)*: numero di veicoli che transita - o che si prevede transiterà - in un'ora, attraverso una data sezione di una corsia o di una strada;
- *Traffico medio giornaliero annuo  $T_{mgi}$* : è il rapporto fra il numero di veicoli che attraversano una data sezione (in genere, riferito ai due sensi di marcia) e 365 giorni. Tale dato si riporta ad un intervallo di tempo molto ampio e non tiene conto delle oscillazioni del traffico, nei vari periodi dell'anno, per cui è più significativo il valore del traffico giornaliero medio  $T_{gm}$  definito come rapporto tra il numero di veicoli che, in dato numero di giorni opportunamente scelti nell'arco dell'anno, transitano attraverso la data sezione ed il numero di giorni in cui si è eseguito il rilevamento;
- *Portata veicolare  $Q$* : numero di veicoli transitanti - o che si prevede transiterà - in una sezione della strada durante un intervallo di tempo inferiore all'ora; equivale al prodotto della densità per la velocità media di deflusso. Tra le portate assume fondamentale importanza, in ingegneria stradale, la capacità;
- *Portata di servizio*: flusso massimo gestibile con un determinato livello di servizio;
- *Capacità  $C$* : è la portata massima relativa ad un dato periodo di tempo che, in una sezione di una corsia o di una strada, per determinate condizioni della strada stessa, dell'ambiente e del traffico, ha "sufficiente probabilità di non essere superata". La capacità rappresenta la risposta dell'infrastruttura alla domanda prevalente di movimento. Dal punto di vista tecnico assumerà un valore soddisfacente quando si mantiene superiore alla portata;
- *Intensità di traffico*: portata di punta che deriva dai quindici minuti più carichi all'interno dell'ora;
- *Densità di traffico  $D$* : è il numero dei veicoli presenti in un dato istante in un tratto stradale di determinata lunghezza (in genere 1 km); il volume del traffico sarà pertanto uguale al prodotto della densità per la velocità;
- *Velocità del deflusso  $V$* : velocità media nello spazio;
- Relazione fondamentale del deflusso:

$$Portata (Q) = Densità (D) \cdot Velocità di deflusso (V)$$

Dopo aver chiarito il significato di alcuni tra i parametri fondamentali della teoria della circolazione si può comprendere più facilmente il concetto di Livello di servizio (LOS). Il LOS può essere visto, in generale, come funzione lineare della densità (veicoli/km): è ottimo quando la densità è bassa e viceversa. In pratica si può definire come la misura della prestazione della strada nello smaltire il traffico, ovvero il grado con il quale il traffico presente vincola il conducente durante la marcia. Si tratta, quindi, di un indice maggiormente significativo

rispetto alla semplice conoscenza del flusso massimo o della capacità. L'HCM riconosce generalmente 6 livelli di servizio connotati con le prime sei lettere dell'alfabeto (da A ad E). Ad essi si aggiunge un settimo livello F, nel quale la congestione azzerava il passaggio dei veicoli. La medesima classificazione per gli stati della circolazione è riportata anche dalla normativa regionale vigente. In particolare al comma 3 quater dell'art. 26 dell'Allegato A alla deliberazione del Consiglio Regionale 29 ottobre 1999, n. 563-13414 si riporta:

- *LOS A: gli utenti non subiscono interferenze alla propria marcia, hanno elevate possibilità di scelta delle velocità desiderate (flusso libero); in confort per l'utente è elevato;*
- *LOS B: la densità del traffico è più alta del livello A e gli utenti subiscono lievi condizionamenti alla libertà di manovra e al mantenimento delle velocità desiderate; il confort per l'utente è discreto;*
- *LOS C: le libertà di manovra dei singoli veicoli sono significativamente influenzate dalle mutue interferenze che limitano la scelta della velocità e le manovre all'interno della corrente veicolare; il confort per l'utente è medio;*
- *LOS D: è caratterizzato da alte densità di traffico ma ancora da stabilità di deflusso; la velocità e la libertà di manovra sono condizionate in modo sensibile; ulteriori incrementi di domanda possono creare limitati problemi di regolarità di marcia; il confort per l'utente è medio-basso;*
- *LOS E: rappresenta condizioni di deflusso veicolare che hanno come limite inferiore il valore della capacità della strada; le velocità medie dei veicoli sono modeste (circa la metà di quelle del livello A) e pressoché uniformi; vi è ridotta possibilità di manovra entro la corrente; incrementi di domanda o disturbi alla circolazione sono riassorbiti con difficoltà dalla corrente di traffico; il confort per l'utente è basso;*
- *LOS F: tale condizione si verifica allorché la domanda di traffico supera la capacità di smaltimento della sezione stradale utile, per cui si hanno condizioni di flusso forzato con code di lunghezza crescente, velocità di deflusso molto basse, possibili arresti del moto; il flusso veicolare è critico*

Il livello di servizio si configura quindi, in generale, come una misura qualitativa dell'effetto di certi fattori che comprendono la velocità ed il tempo di percorrenza, le interruzioni del traffico, la libertà di manovra, la sicurezza, la comodità della guida ed i costi di esercizio. La scelta dei singoli livelli è stata definita in base a particolari valori di alcuni di questi fattori.

## 7.2 LIVELLI DI SERVIZIO DELLE INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE

Dati geometria, flussi di traffico e ciclo semaforico, mediante la procedura analitica contenuta nell'HCM, è possibile valutare le condizioni operative (LOS) di un'intersezione semaforizzata. Il parametro che identifica il livello di servizio risulta, analogamente alla verifica di altre tipologie di intersezioni, il ritardo medio, il quale rappresenta un'attendibile misura del disagio che gli utenti manifestano per le attese.

Preliminarmente è necessario stabilire le fasi in cui si articola il ciclo e quali correnti hanno il via libera in ciascuna di esse. Dopo aver rilevato, dunque, i tempi di verde (V), rosso (R) e giallo (G) caratterizzanti ogni fase, è possibile calcolare il verde efficace VE (tempo durante il quale i veicoli di una corrente attraversano la linea di intersezione) mediante la formula:

$$VE = V + G - (t_1 + t_2) = V + G - P$$

dove:

- $t_1$  = perditempo pari all'aliquota del tempo di giallo durante il quale i veicoli sono fermi in attesa del rosso;
- $t_2$  = tempo perso dai primi veicoli della coda, i quali, all'apparire del verde, impiegano un certo tempo per avviarsi e guadagnare velocità;
- $P$  = perditempo totale, che sulla scorta di numerose osservazioni sperimentali, può essere assunto pari a 4 o 5 secondi.

Le durate dei tempi di VE devono essere almeno tali da riuscire a smaltire i flussi veicolari in arrivo; devono quindi essere pari ad una frazione del ciclo uguale al rapporto tra flusso in arrivo e flusso di saturazione (FS).

Quest'ultima grandezza indica il numero di veicoli per ora che possono attraversare la linea di intersezione nell'ipotesi di verde continuo. Può essere calcolata come prodotto tra una serie di coefficienti correttivi ed il flusso di saturazione in condizioni ottimali ( $FS_0$ ), ovvero il flusso di saturazione di una corsia larga 3.60 m, con accesso pianeggiante, con assenza di veicoli pesanti, di parcheggi e fermate di mezzi pubblici per un tratto di 75 m a monte dalla linea di arresto, con traffico ugualmente suddiviso tra le corsie del gruppo, con assenza di svolte a destra e a sinistra e nessuna interferenza con pedoni.

Dopo aver calcolato la capacità di un gruppo di corsie  $c_i$  come prodotto tra il flusso di saturazione e il rapporto di verde (rapporto tra la durata del verde efficace e quella del ciclo semaforico) e il rapporto di saturazione  $x_i$  come rapporto tra flusso in arrivo e capacità è possibile determinare il ritardo medio che subiscono i veicoli per la presenza dell'intersezione.

Nel caso più generale, il ritardo medio di controllo è fornito dalla seguente espressione:

$$d = d_1 \cdot PF + d_2 + d_3$$

dove:

- $d$  = ritardo medio per veicolo (sec/veic);
- $d_1$  = ritardo medio di controllo assumendo arrivi uniformi (sec/veic);
- $PF$  = fattore che tiene conto del tipo di controllo (ciclo fisso, semiattuato, attuato) e della progressione degli arrivi;
- $d_2$  = ritardo incrementale che tiene conto dell'arrivo casuale (e non uniforme), delle code formatesi per sovrasaturazione (grado di saturazione  $x_i > 1$ ) e della durata del periodo di analisi;
- $d_3$  = ritardo dovuto alla presenza di code all'inizio del periodo di analisi.

Nel caso di intersezioni isolate regolate con semaforo a ciclo fisso  $PF$  viene assunto pari a 1; si assume inoltre che non vi siano code residue all'inizio del periodo di analisi. I termini  $d_1$  e  $d_2$  si possono calcolare quindi nel seguente modo:

$$d_1 = \frac{0.5 \cdot C \cdot (1 - RV)^2}{1 - [\min(1, x) \cdot RV]}$$

$$d_2 = 900 \cdot T \cdot \left[ (x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{4 \cdot x}{c \cdot T}} \right]$$

dove:

- $C =$  durata del ciclo (sec);
- $RV =$  rapporto di verde =  $VE/C$ ;
- $x =$  grado di saturazione;
- $c =$  capacità (veic/h);
- $T =$  periodo di analisi espresso in ore (solitamente  $T=0.25$ ).

Dopo aver calcolato il ritardo medio per veicolo è possibile definire il ritardo medio per l'intera intersezione ( $d_{int}$ ).

$$d_{int} = \frac{\sum Q_A \cdot d_A}{\sum Q_A}$$

dove:

- $d_A =$  ritardo medio per il generico accesso (sec/veic);
- $Q_A =$  portata per il generico accesso.

L'HCM indica sei livelli di servizio anche per le intersezioni semaforizzate individuati dai ritardi medi di seguito riportati in tabella.

<b>Livello di servizio (LOS)</b>	<b>Ritardo medio per veicolo (sec/veic)</b>
<b>A</b>	<b>&lt;10</b>
<b>B</b>	<b>&gt;10-20</b>
<b>C</b>	<b>&gt;20-35</b>
<b>D</b>	<b>&gt;35-55</b>
<b>E</b>	<b>&gt;55-80</b>
<b>F</b>	<b>&gt;80</b>

**Tabella 9 – Criterio per individuazione del LOS per intersezioni a raso semaforizzate**

Il *LOS A* si realizza quando sono riscontrabili bassi gradi di saturazione, una uniforme progressione degli arrivi e cicli relativamente corti.

Il *LOS B* manifesta ancora buone condizioni di funzionamento sebbene diversi veicoli sono costretti ad arrestarsi.

Con il *LOS C* si hanno invece pochi veicoli che attraversano l'intersezione senza arrestarsi.

Con il *LOS D* le fasi di verde spesso non sono in grado di smaltire tutti i veicoli accodati.

Il *LOS E* indica condizioni più sfavorevoli del livello di servizio precedente a causa di rapporti di saturazione elevati e cicli troppo lunghi.

Il *LOS F* infine comporta attese intollerabili degli utenti con più cicli di attesa necessari per l'attraversamento dell'intersezione.

### 7.3 LIVELLI DI SERVIZIO INTERSEZIONI NON SEMAFORIZZATE

Il livello di servizio secondo la metodologia HCM, definito per tale tipologia di incrocio, è calcolato sulla base del ritardo relativo a ciascun movimento.

L'intera procedura si fonda su una precisa gerarchia delle correnti di traffico:

- *correnti di priorità 1*: correnti della strada principale dirette e di svolte a destra (movimenti 2, 3, 5, 6);
- *correnti di priorità 2*: correnti di svolta a sinistra dalla strada principale e di svolta a destra dalle secondarie (movimenti 1, 4, 9, 12);
- *correnti di priorità 3*: correnti delle strade secondarie di attraversamento dell'intersezione (movimenti 8, 11);
- *correnti di priorità 4*: correnti delle strade secondarie di svolta a sinistra (movimenti 7, 10).

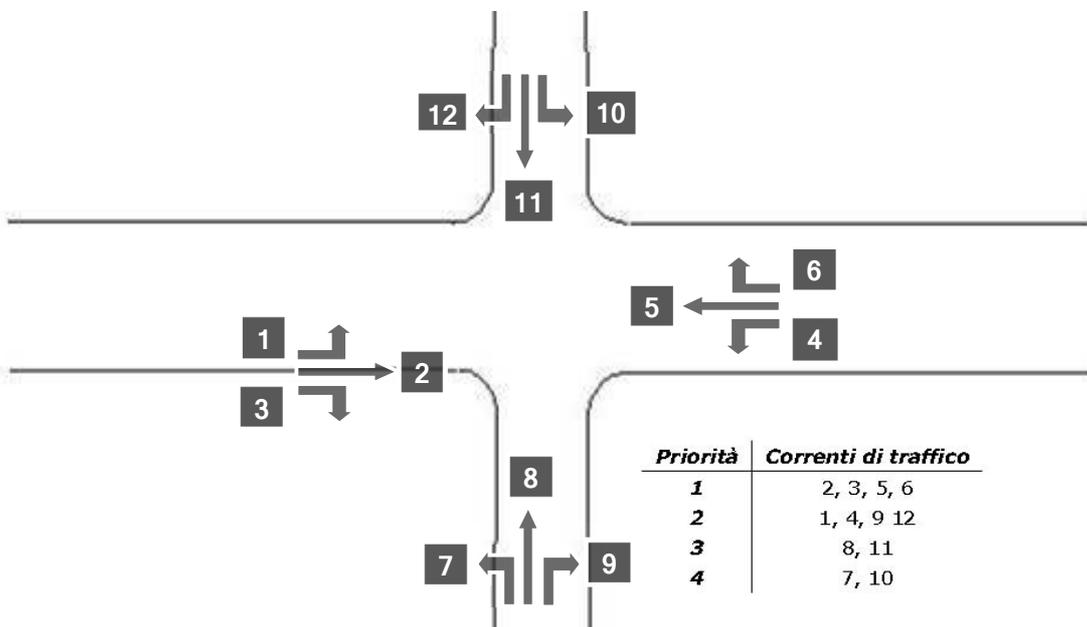


Figura 40 – Gerarchia delle correnti di traffico

Il calcolo finale dei ritardi relativi a ciascun movimento presuppone, secondo la metodologia H.C.M., alcune operazioni preliminari.

#### Determinazione delle portate di conflitto

Il termine “portata di conflitto” rappresenta la somma delle portate a cui una corrente di traffico deve necessariamente dare la precedenza. Le manovre saranno quindi caratterizzate da una portata di conflitto, fatta naturalmente eccezione per le correnti a priorità 1. Essendo N il numero delle corsie della strada principale, le singole portate di conflitto sono:

Tipo di movimento	Determinazione portate di conflitto $q_{c,x}$	
Svolta a sinistra dalla strada principale [1,4]	$q_{c,1} = q_5 + q_6$	$q_{c,4} = q_2 + q_3$
Svolta a destra dalla strada secondaria [9,12]	$q_{c,9} = q_2 / N + 0.5 q_3$	$q_{c,12} = q_5 / N + 0.5 q_6$

<i>Correnti dirette dalla strada secondaria [8,11]</i>	$q_{e,s}=2(q1+q4)+q2+q5+0.5q3+q6$	$q_{e,10}=2(q1+q4)+q2+q5+q3+0.5q6$
<i>Svolta a sinistra dalla strada secondaria [7,10]</i>	$q_{e,7}=2(q1+q4)+q2+q5/N+0.5q3+0.5q6+0.5q_{11}+0.5q_{12}$	$q_{e,10}=2(q1+q4)+q2/N+q5+0.5q3+0.5q6+0.5q8+0.5q9$

**Tabella 10 – Portate di conflitto**

### Determinazione degli intervalli e dei distanziamenti critici

I conducenti appartenenti ad una corrente secondaria per attuare la scelta di attraversamento od immissione in un altro flusso, si basano su delle stime soggettive di posizione e velocità dei veicoli del flusso ostacolante. L'*intervallo critico*  $T_c$  si può quindi definire come il più piccolo intervallo temporale fra i veicoli della corrente principale accettato da un utente della corrente secondaria per effettuare la manovra suddetta. Diverso è il concetto di *intervallo o tempo di sequenza*  $T_f$  che rappresenta, invece, il distanziamento tra veicoli della corrente secondaria che effettuano la manovra di attraversamento od immissione sfruttando lo stesso “varco” nella corrente principale. Sulla base di risultati sperimentali sono stati individuati dei valori base sia per  $T_c$  che per  $T_f$ :

<b>Tipo di movimento</b>	<b>Intervallo critico base <math>T_{cb}</math> (sec)</b>		<b>Intervallo di sequenza base <math>T_{fb}</math> (sec)</b>
	<b>Strada principale a due corsie</b>	<b>Strada principale a quattro corsie</b>	
<i>Svolta a sinistra dalla strada principale</i>	4.1	4.1	2.2
<i>Svolta a destra dalla strada secondaria]</i>	6.2	6.9	3.3
<i>Correnti dirette dalla strada secondaria</i>	6.5	6.5	4.0
<i>Svolta a sinistra dalla strada secondaria</i>	7.1	7.5	3.5

**Tabella 11 – Intervalli critici e di sequenza per ciascuna manovra**

Tali valori, a seconda della particolare situazione, dovranno essere opportunamente corretti in relazione alla percentuale dei veicoli pesanti e alla pendenza delle livellette delle strade secondarie tramite apposite formule suggerite nel manuale.

### Calcolo della capacità potenziale

Dopo aver determinato le portate di conflitto ( $q_{e,x}$ ), gli intervalli critici ( $T_{c,x}$ ) e di sequenza ( $T_{f,x}$ ) è possibile calcolare la “capacità potenziale” relativamente a ciascun movimento mediante la seguente relazione:

$$C_{p,x} = q_{e,x} \cdot \frac{e^{-q_{e,x} \cdot T_{c,x} / 3600}}{1 - e^{-q_{e,x} \cdot T_{f,x} / 3600}}$$

### Calcolo della capacità effettiva mediante correzioni per impedenza

La validità della formula è garantita, tuttavia, solo sotto certe ipotesi restrittive. Quando queste non risultano verificate è necessario applicare dei coefficienti correttivi che riducono il valore della “capacità potenziale” giungendo così alla determinazione della cosiddetta “capacità effettiva” ( $c_{e,x}$ ). Alle correnti a priorità 1 non bisogna applicare alcun coefficiente dal momento che non si arrestano per seguire la manovra. Per le correnti di priorità 2, la capacità effettiva risulta pari a quella potenziale. I movimenti a priorità 3 e 4 invece subiscono una riduzione

di capacità, detta impedenza, la quale risulta tanto minore quanto più elevata è la probabilità di non avere veicoli di rango inferiore in attesa di compiere la loro manovra. Esaurite le operazioni preliminari sopra descritte, per il cosiddetto “ritardo di controllo” viene suggerita la formula:

$$d_x = \frac{3600}{c_{e,x}} + 900 \cdot T \cdot \left[ \frac{q_x}{c_{e,x}} - 1 + \sqrt{\left( \frac{q_x}{c_{e,x}} - 1 \right)^2 + \frac{3600 \cdot q_x}{450 \cdot T \cdot c_{e,x}}} \right] + 5$$

dove  $d_x$  rappresenta proprio il ritardo medio per il generico movimento  $x$  (sec/veic) e  $T$  il periodo di analisi in ore, mentre il termine costante di 5 sec tiene conto dei perditempi in decelerazione ed accelerazione rispetto alla velocità a flusso libero. Nei casi in cui sulla strada principale non vi sia una corsia esclusiva di accumulo per la svolta a sinistra, i veicoli che devono eseguire la manovra diretta o di svolta a destra risultano ostacolati dagli utenti che devono svoltare a sinistra, subendo così un ritardo. Tale grandezza è calcolabile tramite una apposita formula che tiene conto del ritardo medio dei veicoli che eseguono la manovra di svolta a sinistra dalla principale. Il ritardo complessivo dell'intersezione può essere infine calcolato come media pesata sulle portate veicolari:

$$d_T = \frac{\sum d_x \cdot q_x}{\sum q_x}$$

Il criterio per individuare il livello di servizio, una volta determinato il ritardo relativo a ciascun movimento ed il ritardo medio globale, è riportato nella tabella seguente:

<b>Livello di servizio (LOS)</b>	<b>Ritardo di controllo medio (sec/veic)</b>
<b>A</b>	<b>0-10</b>
<b>B</b>	<b>&gt;10-15</b>
<b>C</b>	<b>&gt;15-25</b>
<b>D</b>	<b>&gt;25-35</b>
<b>E</b>	<b>&gt;35-50</b>
<b>F</b>	<b>&gt;50</b>

**Tabella 12 – Criterio per individuazione del LOS per intersezioni a raso non semaforizzate**

#### 7.4 LIVELLI DI SERVIZIO INTERSEZIONI A ROTATORIA

In relazione alla capacità ed al livello di servizio di un'intersezione a rotatoria occorre notare come essi dipendano essenzialmente da due fattori:

- le caratteristiche geometriche;
- i flussi veicolari gravanti sul nodo.

In particolare nella determinazione del livello di servizio è necessario considerare il comportamento del guidatore in quanto le modalità di approccio ad un'intersezione a rotatoria sono fondamentali per la valutazione dell'entità complessiva del ritardo. Facendo riferimento alla classificazione proposta dall'HCM per le intersezioni non semaforizzate i LOS relativi agli approcci di un'intersezione sono stimati sulla base dei ritardi medi accumulati dai veicoli. Il criterio per individuare il livello di servizio, una volta determinato il ritardo relativo a ciascun movimento ed il ritardo medio globale è riassunto nella Tabella 13 – *Definizione tipologie di ritardo per una rotatoria*

. Ciò premesso, mentre per un'intersezione classica la nozione di ritardo risulta essere intuitiva, nel caso delle rotonde il “ritardo complessivo” risulta più articolato. La valutazione del tempo di attraversamento di una rotonda richiede infatti l'analisi delle diverse fasi in cui si svolge tale processo, ad ognuna delle quali è possibile associare una quota parte del ritardo complessivo.

In particolare, come si evince dalla Tabella 13 – *Definizione tipologie di ritardo per una rotonda*

si possono distinguere tre intervalli temporali:

- *Ritardo di approccio ( $d_a$ ):* tale componente deriva dal fatto che il guidatore generalmente riduce la propria velocità in prossimità dell'incrocio con un'altra direttrice di marcia. Tale ritardo è quantificabile come la differenza tra il tempo impiegato dai veicoli per percorrere una distanza prefissata da un punto a monte dell'intersezione ( $L_1$ ) alla linea di dare la precedenza ( $L_4$ ) e il tempo necessario a percorrere la stessa distanza alla velocità di flusso libero ( $V_f$ ). Con riferimento alla figura si ha:

$$d_a = (t_4 - t_1) - \frac{L_4 - L_1}{V_f}$$

- *Ritardo di fermata ( $d$ ):* tale componente deriva dal fatto che generalmente il guidatore prima di attraversare l'intersezione, è costretto a fermarsi ed aspettare il proprio turno. Nel caso delle intersezioni a rotonda, questo avviene anche più volte consecutivamente, per effetto della presenza dei veicoli in coda che precedono il generico utente. Il ritardo di fermata dipende pertanto dal flusso circolante sull'anello e dal cosiddetto “gap-acceptance” (intervallo spaziotemporale accettato) dei guidatori in ingresso. Tale ritardo può essere quindi definito come  $d = t_3 - t_2$ ;

- *Ritardo di controllo ( $d_c$ ):* tale componente include invece il ritardo dovuto alle fasi di decelerazione, di fermata e di accelerazione. Può essere calcolato come la differenza tra il tempo che intercorre tra l'inizio della fase di decelerazione e la fine della fase di accelerazione ed il tempo impiegato a percorrere la stessa distanza alla velocità di flusso libero. Considerando la schematizzazione in figura si ha:

$$d_c = (t_5 - t_1) - \frac{L_5 - L_1}{V_f}$$

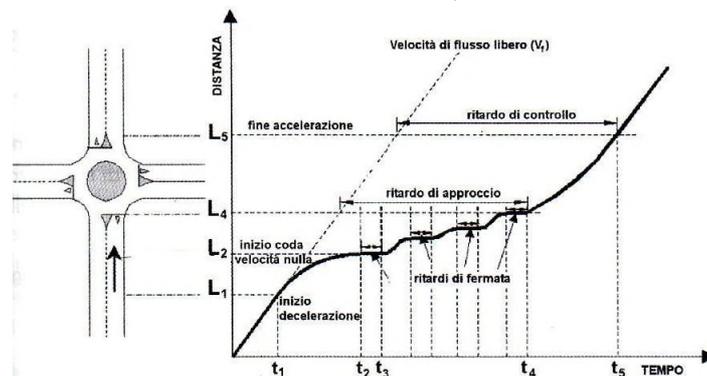


Tabella 13 – *Definizione tipologie di ritardo per una rotonda*

Il livello di servizio si può quindi ricavare confrontando il ritardo medio ricavato con le indicazioni fornite dall'HCM 2000 relativamente alle intersezioni non semaforizzate. Il meccanismo di funzionamento di una rotonda risulta infatti maggiormente accostabile a quello delle intersezioni regolate da “Stop” o dal “Dare precedenza” piuttosto che ad altre modalità di gestione. In pratica anche per quanto riguarda le rotonde, gli utenti in attesa di immettersi nell’anello circolatorio accumulano perditempo commisurati direttamente al flusso veicolare in opposizione. Nel seguito, grazie all’ausilio delle microsimulazioni dinamiche verranno ricavati una serie di indicatori prestazionali relativi agli approcci del nodo oggetto di valutazione tra cui il “ritardo medio per veicolo”. Questo viene calcolato quando il veicolo completa il segmento stradale oggetto di valutazione (che nel caso in esame inizia 150 m prima dell’approccio dell’intersezione e termina in corrispondenza della sezione di uscita) sottraendo il tempo di percorrenza teorico (ideale) dal tempo di percorrenza reale. Il tempo di percorrenza teorico è il tempo che verrebbe impiegato per compiere il tragitto definito se nella rete non ci fossero altri veicoli e nessun impianto semaforico o fermata (tenendo conto delle zone di rallentamento quali ad es. curve o restringimenti).

Anche in questo caso il ritardo complessivo dell’intersezione può essere infine calcolato come media pesata sulle portate veicolari:

$$d_T = \frac{\sum d_x \cdot q_x}{\sum q_x}$$

Direttamente correlato ai perditempo accumulati dai veicoli sui rami di approccio dell’intersezione troviamo infine il concetto di accodamento. Le condizioni di deflusso possono infatti dar luogo, soprattutto nelle ore di punta a formazione di coda. Nelle successive microsimulazioni verrà utilizzata la seguente definizione di “coda”: un veicolo si trova in situazione di accodamento quando la sua velocità scende al di sotto dei 5 km/h e la distanza dal veicolo che lo precede è inferiore ai 20 m. Qualora questa aumenti fino a superare i 20 m o venga superata la velocità di 10 km/h si ritiene che il veicolo non sia più in coda.

## 8 ANALISI MICROSIMULATIVA

### 8.1 MICROSIMULAZIONI ESEGUITE

Al fine di elaborare una stima dei livelli di servizio della rete stradale afferente al nuovo insediamento sono stati valutati sei scenari. L'offerta di traffico per gli scenari di tipo 0 coincide con la rete stradale attuale, in particolare:

- *Scenario 0A*: stato di fatto riferito all'ora di punta della mattina (08:00-09:00);
- *Scenario 0B*: stato di fatto riferito all'ora di punta serale (18:00-19:00).

L'offerta di traffico per gli scenari di tipo 1 e 2 coincide con la rete stradale futura che contempla il prolungamento della SS415 "Paullese" sino a Merezzate, in particolare:

- *Scenario 1A - di riferimento*: traffico indotto dagli interventi di trasformazione urbanistica limitrofi all'ambito di intervento, quali la "Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia", il "P.R.E.R.P. di Via Merezzate", il "P.d.C. di Via dei Pestegalli" riferito all'ora di punta della mattina (08:00-09:00);
- *Scenario 1B - di riferimento*: traffico indotto dagli interventi di trasformazione urbanistica limitrofi all'ambito di intervento, quali la "Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia", il "P.R.E.R.P. di Via Merezzate", il "P.d.C. di Via dei Pestegalli" riferito all'ora di punta della sera (18:00-19:00);
- *Scenario 2A - di progetto*: traffico indotto dagli interventi di trasformazione urbanistica limitrofi all'ambito di intervento, quali la "Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia", il "P.R.E.R.P. di Via Merezzate", il "P.d.C. di Via dei Pestegalli" e gli indotti generati dall'intervento di riconversione dell'area "Ex Magazzini Commissariato Taliedo" riferito all'ora di punta della mattina (08:00-09:00)
- *Scenario 2B - di progetto*: traffico indotto dagli interventi di trasformazione urbanistica limitrofi all'ambito di intervento, quali la "Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia", il "P.R.E.R.P. di Via Merezzate", il "P.d.C. di Via dei Pestegalli" e gli indotti generati dall'intervento di riconversione dell'area "Ex Magazzini Commissariato Taliedo" riferito all'ora di punta della sera (18:00-19:00).

Per tutti gli scenari sono state simulate anche le fermate dei mezzi pubblici basandosi sulle linee che attualmente percorrono le vie interessate della zona oggetto di studio (linee 45 e 66).

Questa modalità di verifica, oltre a produrre un output visivo di immediata interpretazione fornisce anche precisi indicatori prestazionali quali i ritardi e le lunghezze delle code.

Nello sviluppo delle microsimulazioni, i nodi e gli archi della rete stradale sono stati riprodotti rispettando fedelmente le dimensioni geometriche planimetriche e altimetriche; su questi sono state successivamente inserite le zone di rallentamento in corrispondenza dei tratti curvilinei e in prossimità degli approcci delle intersezioni. È stato inoltre imposto il corretto rispetto delle precedenza e degli stop. La rete è stata quindi riprodotta puntualmente e tutti i parametri del software sono stati impostati in maniera tale da ottenere un comportamento realistico dei veicoli.

I parametri utilizzati per definire il comportamento dinamico dei veicoli, quali l'intervallo temporale di "Gap acceptance" o le curve di accelerazione/decelerazione dei mezzi sono state opportunamente differenziate a

seconda delle diverse tipologie veicolari. Tali scelte, essenziali per poter ottenere risultati attendibili, implicano, tra le altre cose, che i mezzi pesanti debbano avere a disposizione un intervallo temporale superiore a quello necessario alle autovetture per impegnare un'intersezione o per compiere qualsiasi altra manovra che modifichi il loro comportamento dinamico.

Sia allo stato attuale che nelle ipotesi future sono stati simulati 7.200 secondi, ovvero l'intera ora di punta estesa alla mezz'ora precedente e successiva per un intervallo complessivo di due ore. Si sono considerate significative le letture relative ai 3.600 secondi centrali, trascurando i primi e gli ultimi 30 minuti in cui il sistema raggiunge ed esaurisce le condizioni di regime.

Di seguito assieme alle illustrazioni delle microsimulazioni a grande scala relative alla rete simulata, si riportano gli estratti esemplificativi di alcuni particolari simulati nei vari scenari.

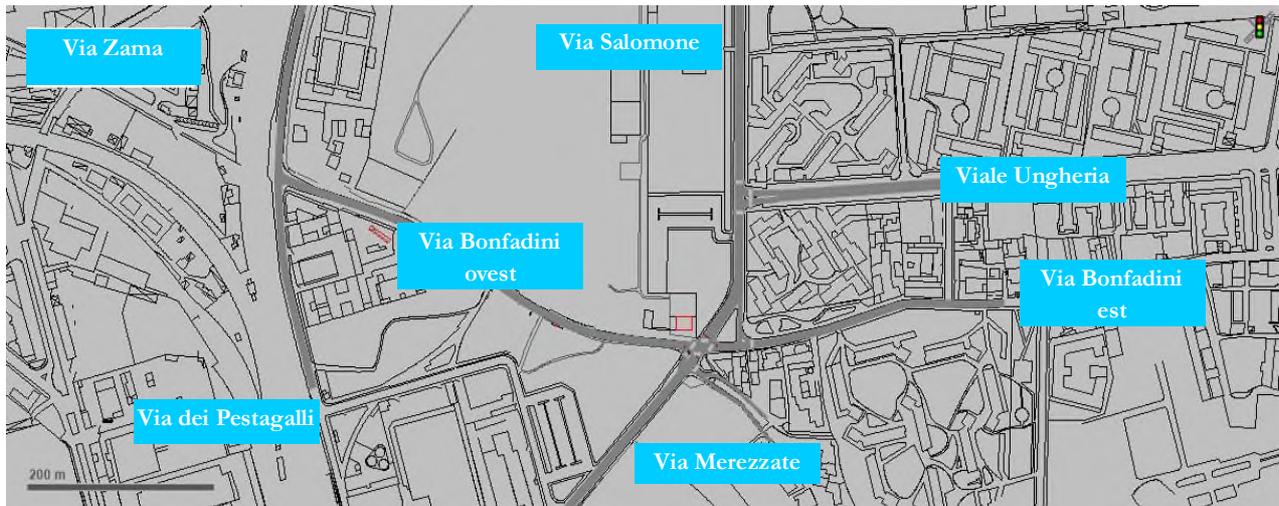


Figura 41 – Rete microsimulata – stato di fatto

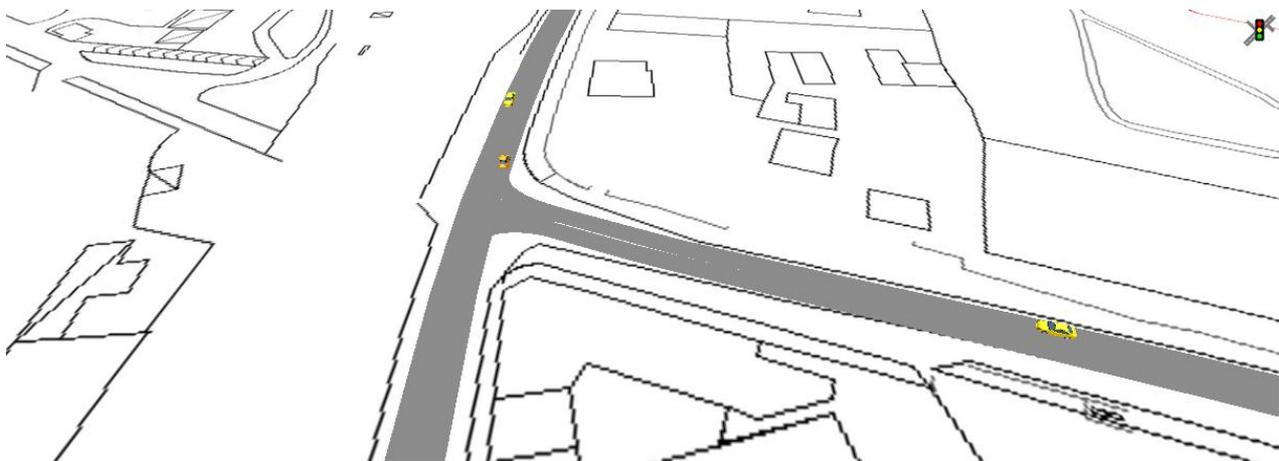
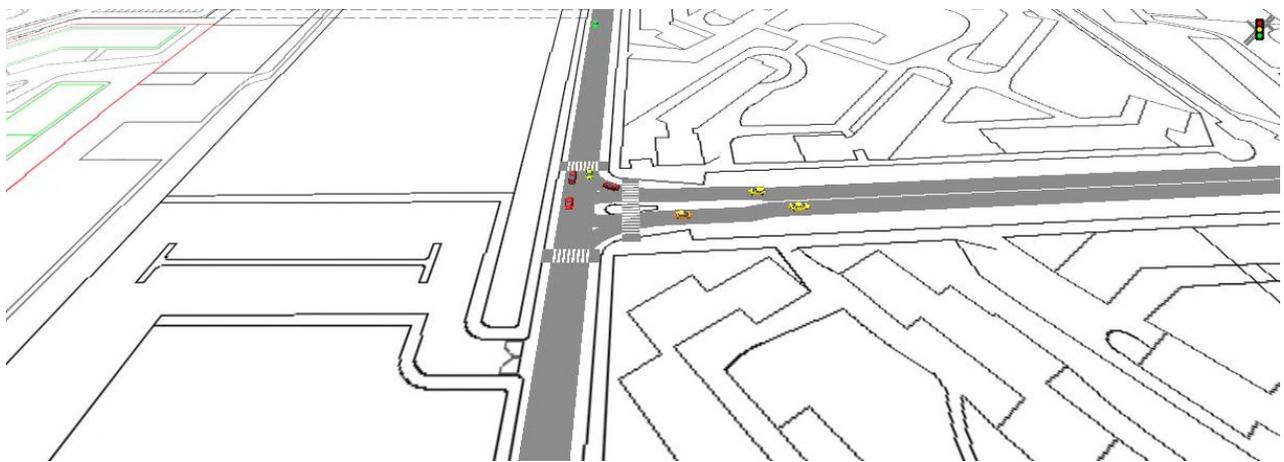


Figura 42 – Rete microsimulata – Nodo 1 – stato di fatto



**Figura 43** – Rete microsimulata – Nodo 2 – stato di fatto



**Figura 44** – Rete microsimulata – Nodo 3 – stato di fatto



**Figura 45** – Rete microsimulata – nuovo insediamento di progetto

## 8.2 VALUTAZIONE CRITICA DEI RISULTATI

Le microsimulazioni dinamiche eseguite producono come output oltre a dei filmati video in tempo reale, utili per un'immediata visione del funzionamento della rete viaria, anche una serie di indicatori prestazionali. I valori ottenuti consentono di ricavare e comparare in modo analitico i LOS dei vari approcci di ogni singola intersezione relativamente agli stati di fatto e agli scenari futuri. Nel dettaglio sono stati utilizzati due distinti livelli di valutazione.

### **Livello 1: Valutazione globale della rete viaria**

Questo livello di analisi fornisce una visione globale e di facile comprensione per quanto riguarda il funzionamento dell'intera rete viaria e ciò consente di comparare in modo immediato differenti scenari grazie all'ausilio di specifici indicatori prestazionali elencati in seguito:

- distanza totale percorsa dai veicoli;
- tempo totale di viaggio;
- velocità media dei veicoli;
- ritardo totale dei veicoli;
- ritardo medio per veicolo.

### **Livello 2: Valutazione di nodo**

Questo livello di analisi ha riguardato i nodi della rete attuale e di progetto così da poter quantificare gli effetti sulla circolazione imputabili alla presenza della nuova struttura di vendita. Gli indicatori prestazionali utilizzati per questa analisi sono stati:

- la lunghezza media della coda per ogni approccio;
- il ritardo medio per i veicoli provenienti dai vari approcci;
- il corrispondente LOS per ogni approccio.

Si precisa che per definire la situazione di coda si è stabilito che un veicolo inizia a fare coda quando si muove a una velocità inferiore ai 5 km/h e si trova ad una distanza dal mezzo che lo precede inferiore ai 20 m; tale situazione perdura fino a quando viene superato questo valore di distanza o la velocità di 10 km/h.

#### **8.2.1 VALUTAZIONE DI RETE**

Basandosi sui valori degli indicatori prestazionali descritti, avvalorati dalla percezione visiva del funzionamento della rete ottenuta mediante l'analisi a video delle simulazioni, si presenta di seguito una valutazione critica dei risultati ottenuti, distinta tra gli stati di riferimento e quelli futuri.

Dalle risultanze emergono le seguenti considerazioni:

- il numero di veicoli simulato risulta congruente ai rilievi di traffico effettuati per lo stato di fatto, mentre per gli scenari futuri tale entità aumenta del numero di veicoli indotti dai nuovi interventi urbanistici. Si precisa che il modello di microsimulazione adotta lievi approssimazioni di generazione dei veicoli;
- è possibile notare che il traffico legato all'insediamento oggetto di studio comporta modifiche limitate alla qualità della circolazione rispetto agli insediamenti già previsti nelle vicinanze (differenze tra scenari 2 e scenari 1).

Si precisa che gli indicatori sono al netto del traffico circolante lungo la nuova tangenziale.

Stato di fatto - Ora di punta 08.00-09.00: Scenario 0A

SCENARIO 0A	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	1127
Totale distanza percorsa veicoli (km)	916,2
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	26,5
Velocità media (km/h)	34,6
Totale ritardo veicoli (h)	5,9
Ritardo medio per veicolo (s)	18,9

Stato di fatto - Ora di punta 18.00-19.00: Scenario 0B

SCENARIO 0B	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	817
Totale distanza percorsa veicoli (km)	664,5
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	18,8
Velocità media (km/h)	35,4
Totale ritardo veicoli (h)	4,1
Ritardo medio per veicolo (s)	18,1

Scenario di riferimento - Ora di punta 08.00-09.00: Scenario 1A

SCENARIO 1A	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	3219
Totale distanza percorsa veicoli (km)	2188,9
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	83,5
Velocità media (km/h)	26,2
Totale ritardo veicoli (h)	35,8
Ritardo medio per veicolo (s)	40,0

Scenario di riferimento - Ora di punta 18.00-19.00: Scenario 1B

SCENARIO 1B	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	3811
Totale distanza percorsa veicoli (km)	2347,4
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	79,3
Velocità media (km/h)	29,6
Totale ritardo veicoli (h)	24,9
Ritardo medio per veicolo (s)	23,5

Scenario di progetto - Ora di punta 08.00-09.00: Scenario 2A

SCENARIO 2A	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	3326
Totale distanza percorsa veicoli (km)	2233,4
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	90,1
Velocità media (km/h)	24,8
Totale ritardo veicoli (h)	48,3
Ritardo medio per veicolo (s)	52,3

Scenario di progetto - Ora di punta 18.00-19.00: Scenario 2B

SCENARIO 2B	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	3907
Totale distanza percorsa veicoli (km)	2411,7
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	86,3
Velocità media (km/h)	27,9
Totale ritardo veicoli (h)	30,6
Ritardo medio per veicolo (s)	28,2

### 8.2.2 VALUTAZIONE DI NODO

Per quanto riguarda la “valutazione di nodo” verranno di seguito analizzate le intersezioni per la rete viaria di afferenza:

1. Intersezione a precedenza tra via Bonfadini e via Zama;
2. Intersezione tra via Salomone e via Bonfadini;
3. Intersezione a precedenza tra via Salomone e viale Ungheria;

Nell'analisi che seguirà saranno pertanto posti a confronto, per ciascun nodo della rete, gli indicatori prestazionali dei sei scenari analizzati.



Figura 46 – Nodi valutati – stato di fatto



Figura 47 – Nodi valutati – stato di progetto

**Nodo 1: intersezione a precedenza tra via Bonfadini e via Zama**

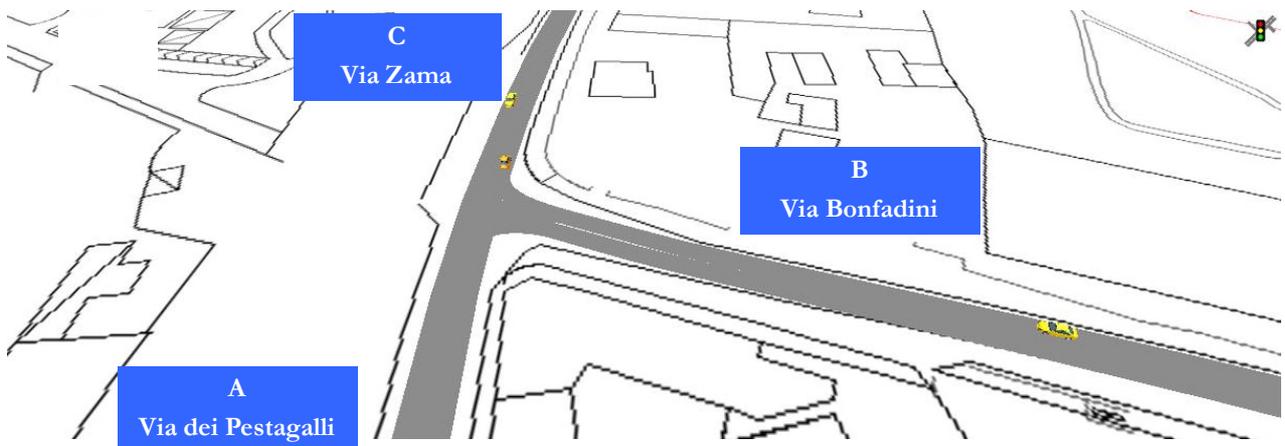


Figura 48 – Nodo 1 – stato di fatto

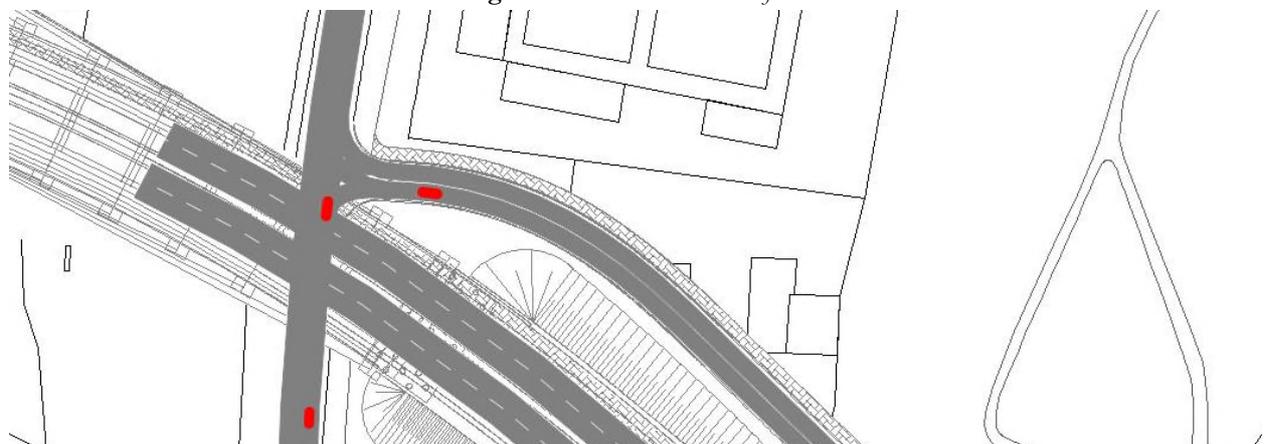


Figura 49 – Nodo 1 - stato di progetto

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	1,4	A
B	0,5	2,4	A
C	0,1	1,9	A
<b>TOT</b>	-	<b>2,1</b>	<b>A</b>

**Tabella 14** – Indicatori prestazionali scenario 0A – nodo 1

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	1,3	A
B	0,2	1,6	A
C	0,1	1,8	A
<b>TOT</b>	-	<b>1,6</b>	<b>A</b>

**Tabella 15** – Indicatori prestazionali scenario 0B – nodo 1

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	0,5	A
B	0,0	0,4	A
C	0,0	0,2	A
<b>TOT</b>	-	<b>0,3</b>	<b>A</b>

**Tabella 16** – Indicatori prestazionali scenario 1A – nodo 1

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	0,4	A
B	0,0	0,3	A
C	0,0	0,2	A
<b>TOT</b>	-	<b>0,2</b>	<b>A</b>

**Tabella 17** – Indicatori prestazionali scenario 1B – nodo 1

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	0,5	A
B	0,0	0,3	A
C	0,0	0,3	A
<b>TOT</b>	-	<b>0,3</b>	<b>A</b>

**Tabella 18** – Indicatori prestazionali scenario 2A – nodo 1

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	0,4	A
B	0,0	0,4	A
C	0,1	0,3	A
<b>TOT</b>	-	<b>0,3</b>	<b>A</b>

**Tabella 19** – Indicatori prestazionali scenario 2B – nodo 1

Negli scenari 0A e 0B il nodo supporta in maniera ottimale i flussi di traffico previsti nelle diverse ore di punta. Lo stesso vale per il nodo 1 degli scenari di riferimento e di progetto, il quale però non coincide con quello dello stato di fatto a causa della riconfigurazione della viabilità in seguito al completamento della SS415 “Paulesse”.

**Nodo 2: Intersezione tra via Salomone e via Bonfadini**



**Figura 50** – Nodo 2 – stato di fatto



**Figura 51** – Nodo 2 – stato di progetto

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,3	12,7	B
B	2,3	15,5	B
C	7,2	20,1	C
D	2,9	25,8	C
<b>TOT</b>	-	<b>19,9</b>	<b>B</b>

**Tabella 20** – Indicatori prestazionali scenario 0A – nodo 2

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,4	11,5	B
B	1,2	15,5	B
C	5,9	19,8	B
D	2,3	23,4	C
<b>TOT</b>	-	<b>19,4</b>	<b>B</b>

**Tabella 21** – Indicatori prestazionali scenario 0B – nodo 2

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	75,1	15,3	B
B	2,2	22,9	C
C	59,5	26,5	C
<b>TOT</b>	-	<b>20,5</b>	<b>C</b>

**Tabella 22** – Indicatori prestazionali scenario 1A – nodo 2

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	1,7	5,8	A
B	0,5	6,3	A
C	42,5	15,4	B
<b>TOT</b>	-	<b>11,5</b>	<b>B</b>

**Tabella 23** – Indicatori prestazionali scenario 1B – nodo 2

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	125,4	19,2	B
B	1,4	12,0	B
C	40,3	19,3	B
<b>TOT</b>	-	<b>18,9</b>	<b>B</b>

**Tabella 24** – Indicatori prestazionali scenario 2A – nodo 2

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,9	4,3	<b>A</b>
B	0,7	6,0	<b>A</b>
C	71,5	20,6	<b>C</b>
<b>TOT</b>	-	<b>13,4</b>	<b>B</b>

**Tabella 25** – Indicatori prestazionali scenario 2B – nodo 2

L'incrocio semaforico attuale risulta essere l'intersezione più delicata. Il piano semaforico ha un ciclo piuttosto breve ed adeguato ai flussi in transito. L'attuale livello di servizio complessivo è B e il ritardo medio per veicolo è di poco inferiore a 20 secondi ed i rami più critici sono via Salomone e via Bonfadini ovest (LOS C).

Negli scenari 1 e 2 è prevista un'intersezione a rotatoria, la quale risulta adeguata allo smaltimento dei flussi di traffico con un ritardo medio totale inferiore rispetto alla configurazione con il semaforo (LOS B).

Tuttavia nell'ora di punta del mattino il valore delle code lungo il ramo A non è trascurabile, considerato che l'intersezione è vicina allo svincolo della nuova tangenziale. A tale proposito si riportano le matrici OD del nodo in questione per agevolare eventuali considerazioni di merito.

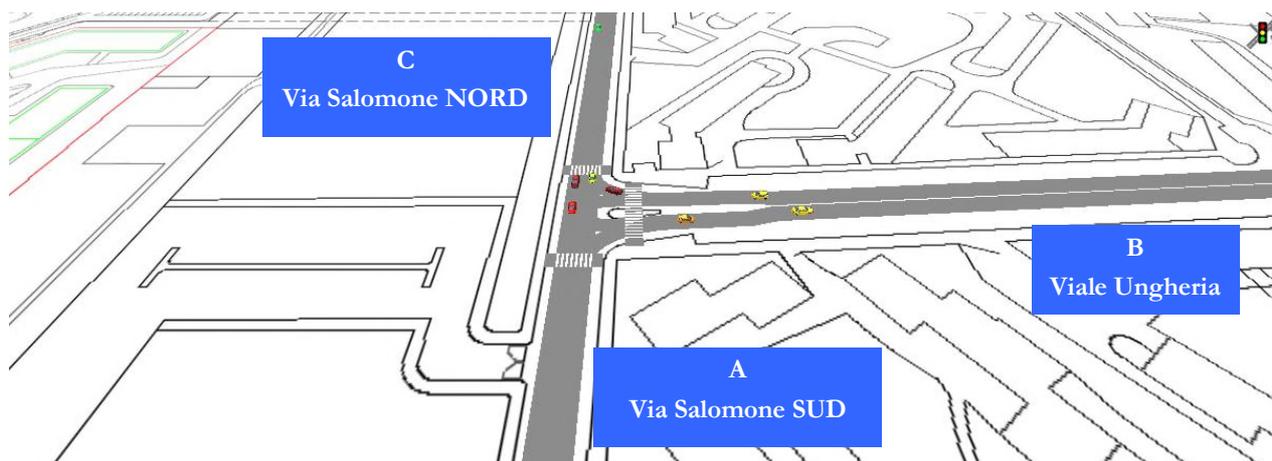
	A	B	C
A	114	125	841
B	35	-	66
C	758	185	-

	A	B	C
A	119	148	842
B	47	-	66
C	773	185	

OD nodo 2 scenario 1A - veicoli equivalenti

OD nodo 2 scenario 2A - veicoli equivalenti

### Nodo 3: Intersezione tra via Salomone e viale Ungheria



**Figura 52** – Nodo 3

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	1,4	<b>A</b>
B	0,6	3,7	<b>A</b>
C	0,5	4,1	<b>A</b>
<b>TOT</b>	-	<b>2,8</b>	<b>A</b>

**Tabella 26** – Indicatori prestazionali scenario 0A – nodo 3

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	1,3	<b>A</b>
B	0,1	2,3	<b>A</b>
C	0,3	3,1	<b>A</b>
<b>TOT</b>	-	<b>2,1</b>	<b>A</b>

**Tabella 27** – Indicatori prestazionali scenario 0B – nodo 3

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	0,3	<b>A</b>
B	79,4	42,4	<b>E</b>
C	5,3	18,5	<b>C</b>
<b>TOT</b>	-	<b>14,4</b>	<b>B</b>

**Tabella 28** – Indicatori prestazionali scenario 1A – nodo 3

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	2,4	<b>A</b>
B	54,1	37,3	<b>E</b>
C	66,8	29,1	<b>D</b>
<b>TOT</b>	-	<b>22,5</b>	<b>C</b>

**Tabella 29** – Indicatori prestazionali scenario 1B – nodo 3

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	0,7	<b>A</b>
B	92,1	49,2	<b>E</b>
C	1,9	11,4	<b>B</b>
<b>TOT</b>	-	<b>14,9</b>	<b>B</b>

**Tabella 30** – Indicatori prestazionali scenario 2A – nodo 3

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,0	3,3	<b>A</b>
B	57,5	37,8	<b>E</b>
C	69,7	29,6	<b>D</b>
<b>TOT</b>	-	<b>22,8</b>	<b>C</b>

**Tabella 31** – *Indicatori prestazionali scenario 2B – nodo 3*

L'intersezione allo stato attuale non presenta problemi di capacità, salvo episodiche code nelle svolte a sinistra, e mantiene un livello di servizio ottimale sempre pari ad A.

Negli scenari 1 e 2 Viale Ungheria registra accodamenti sostenuti visto il notevole flusso su Via Salomone, mentre Via Salomone nord presenta degli accodamenti dovuti alla svolta a sinistra su Viale Ungheria.

Globalmente comunque l'intersezione ha un livello di servizio B/C sia per gli scenari di riferimento sia per gli scenari di progetto.

## 9 CONCLUSIONI

Il presente documento ha analizzato l'impatto viabilistico correlato al progetto di riconversione dell'area ex Magazzini Commissariato Taliedo, ubicata in Via Bonfadini in comune di Milano.

Si precisa che lo stato attuale della viabilità è stato descritto grazie ad un preciso ed accurato rilievo automatico e manuale dei flussi veicolari che attualmente caricano la rete: a questi sono stati sommati i veicoli indotti dall'intervento di progetto. Sono stati considerati, a tal proposito, anche gli indotti generati da altri interventi di trasformazione urbanistica limitrofi, quali la "Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia", il "P.R.E.R.P. di Via Merezzate", il "P.d.C. di Via dei Pestegalli".

Lo studio in un primo momento ha individuato 6 scenari attraverso un modello macrosimulativo.

L'offerta di traffico per gli scenari di tipo 0 coincide con la rete stradale attuale, in particolare:

- *Scenario 0A*: stato di fatto riferito all'ora di punta della mattina (08:00-09:00);
- *Scenario 0B*: stato di fatto riferito all'ora di punta serale (18:00-19:00).

L'offerta di traffico per gli scenari di tipo 1 e 2 coincide con la rete stradale futura che contempla il prolungamento della SS415 "Paulese" fino a Merezzate, in particolare:

- *Scenario 1A - di riferimento*: traffico indotto dagli interventi di trasformazione urbanistica limitrofi all'ambito di intervento, quali la "Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia", il "P.R.E.R.P. di Via Merezzate", il "P.d.C. di Via dei Pestegalli" riferito all'ora di punta della mattina (08:00-09:00);
- *Scenario 1B - di riferimento*: traffico indotto dagli interventi di trasformazione urbanistica limitrofi all'ambito di intervento, quali la "Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia", il "P.R.E.R.P. di Via Merezzate", il "P.d.C. di Via dei Pestegalli" riferito all'ora di punta della sera (18:00-19:00);
- *Scenario 2A - di progetto*: traffico indotto dagli interventi di trasformazione urbanistica limitrofi all'ambito di intervento, quali la "Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia", il "P.R.E.R.P. di Via Merezzate", il "P.d.C. di Via dei Pestegalli" e gli indotti generati dall'intervento di riconversione dell'area "Ex Magazzini Commissariato Taliedo" riferito all'ora di punta della mattina (08:00-09:00);
- *Scenario 2B - di progetto*: traffico indotto dagli interventi di trasformazione urbanistica limitrofi all'ambito di intervento, quali la "Variante al Programma Integrato di Intervento Rogoredo – Montecity – Santa Giulia", il "P.R.E.R.P. di Via Merezzate", il "P.d.C. di Via dei Pestegalli" e gli indotti generati dall'intervento di riconversione dell'area "Ex Magazzini Commissariato Taliedo" riferito all'ora di punta della sera (18:00-19:00).

Da una prima analisi a macroscala si può osservare che i flussi di traffico indotti dall'intervento oggetto di studio sono del tutto ininfluenti rispetto ai flussi che interesseranno la rete stradale nello scenario di riferimento.

Successivamente grazie alla domanda ed all'offerta rappresentata nel macromodello si sono sviluppate delle analisi microsimulative. I risultati delle analisi dimostrano che gli incrementi di traffico dovuti alla riqualificazione in oggetto non variano i livelli di servizio rispetto allo scenario di riferimento.



## **10 ALLEGATI**

**INTERSEZIONE 1 (08:00 – 09:00)**

**INTERSEZIONE 1 (18:00 – 19:00)**

**INTERSEZIONE 2 (08:00 – 09:00)**

**INTERSEZIONE 2 (18:00 – 19:00)**

**INTERSEZIONE 3 (08:00 – 09:00)**

**INTERSEZIONE 3 (18:00 – 19:00)**

**FLUSSOGRAMMI STATO DI FATTO ATTUALIZZATO MATTINA**

**FLUSSOGRAMMI STATO DI FATTO ATTUALIZZATO SERA**

**FLUSSOGRAMMI SCENARIO DI RIFERIMENTO MATTINA**

**FLUSSOGRAMMI SCENARIO DI RIFERIMENTO SERA**

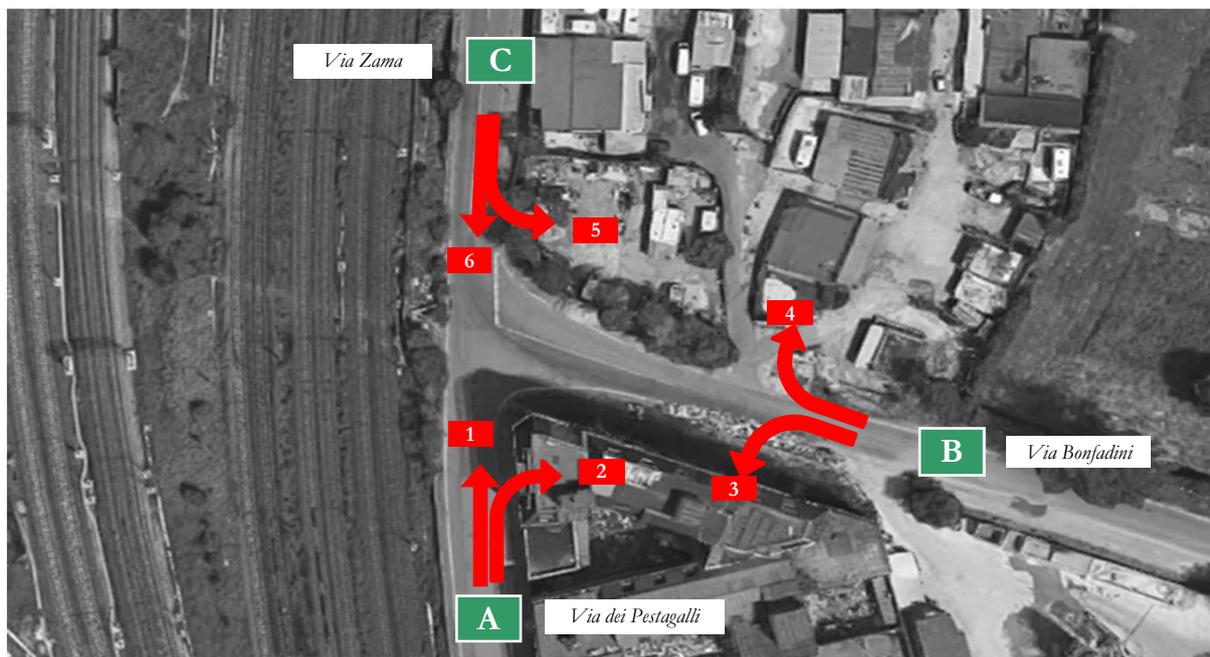
**FLUSSOGRAMMI SCENARIO DI PROGETTO MATTINA**

**FLUSSOGRAMMI SCENARIO DI PROGETTO SERA**



**Intersezione 1: Via dei Pestagalli, Via Bonfadini, Via Zama**

intervallo orario: 08.00 - 09.00

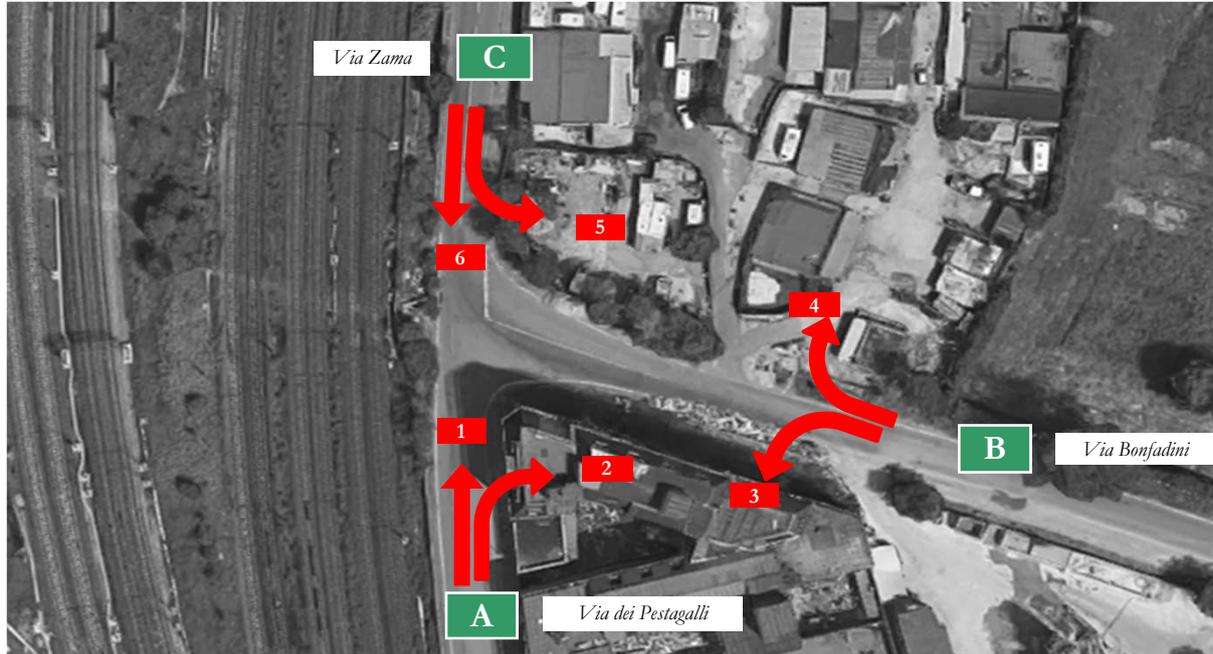


	08.00-08.15						08.15-08.30						08.30-08.45						08.45-09.00					
	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq
<b>MANOVRA 1</b>	7	0	2	0	1	14	11	1	0	0	0	12	13	0	0	1	0	16	8	0	0	0	0	8
<b>MANOVRA 2</b>	4	0	2	0	0	7	6	1	0	0	1	11	5	1	0	0	0	6	7	0	2	1	0	13
<b>MANOVRA 3</b>	1	1	2	1	1	11	3	1	0	0	0	4	2	0	2	0	1	9	3	0	3	2	0	13
<b>MANOVRA 4</b>	29	2	1	0	2	40	33	1	2	2	1	46	31	2	1	1	1	40	39	1	1	2	1	50
<b>MANOVRA 5</b>	21	1	1	1	2	34	14	1	0	1	0	17	20	0	2	1	2	34	12	0	2	0	1	19
<b>MANOVRA 6</b>	11	0	0	0	0	11	17	1	0	0	0	18	14	0	0	0	0	14	20	0	0	0	0	20



**Intersezione 1: Via dei Pestagalli, Via Bonfadini, Via Zama**

intervallo orario: 08.00 - 09.00



08.00 - 09.00						
	A	M	CL	CM	P	Veic. eq.
MANOVRA 1	39	1	2	1	1	49
MANOVRA 2	22	2	4	1	1	36
MANOVRA 3	9	2	7	3	2	36
MANOVRA 4	132	6	5	5	5	175
MANOVRA 5	67	2	5	3	5	103
MANOVRA 6	62	1	0	0	0	63
<b>TOTALE</b>	<b>331</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>462</b>



**Matrici OD Intersezione 1: Via dei Pestagalli, Via Bonfadini, Via Zama**

**INTERVALLO ORARIO 08.00 - 09.00 - MATRICI PER CLASSE VEICOLARE**

COEFFICIENTI DI EQUIVALENZA	
Autovetture	1,00
Motocicli	0,50
Veicoli commerciali medi	1,50
Veicoli commerciali medi	2,50
Mezzi pesanti e Bus	4,00

MOTOCICLI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	2	1	3
B	2	0	6	8
C	1	2	0	3
totali	3	4	7	14

LEGGERI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	22	39	61
B	9	0	132	141
C	62	67	0	129
totali	71	89	171	331

COMMERCIALI MEDI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	1	1	2
B	3	0	5	8
C	0	3	0	3
totali	3	4	6	13

COMMERCIALI LEGGERI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	4	2	6
B	7	0	5	12
C	0	5	0	5
totali	7	9	7	23

PESANTI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	1	1	2
B	2	0	5	7
C	0	5	0	5
totali	2	6	6	14

**INTERVALLO ORARIO 08.00 - 09.00 - MATRICI VEICOLI TOTALI/EQUIVALENTI**

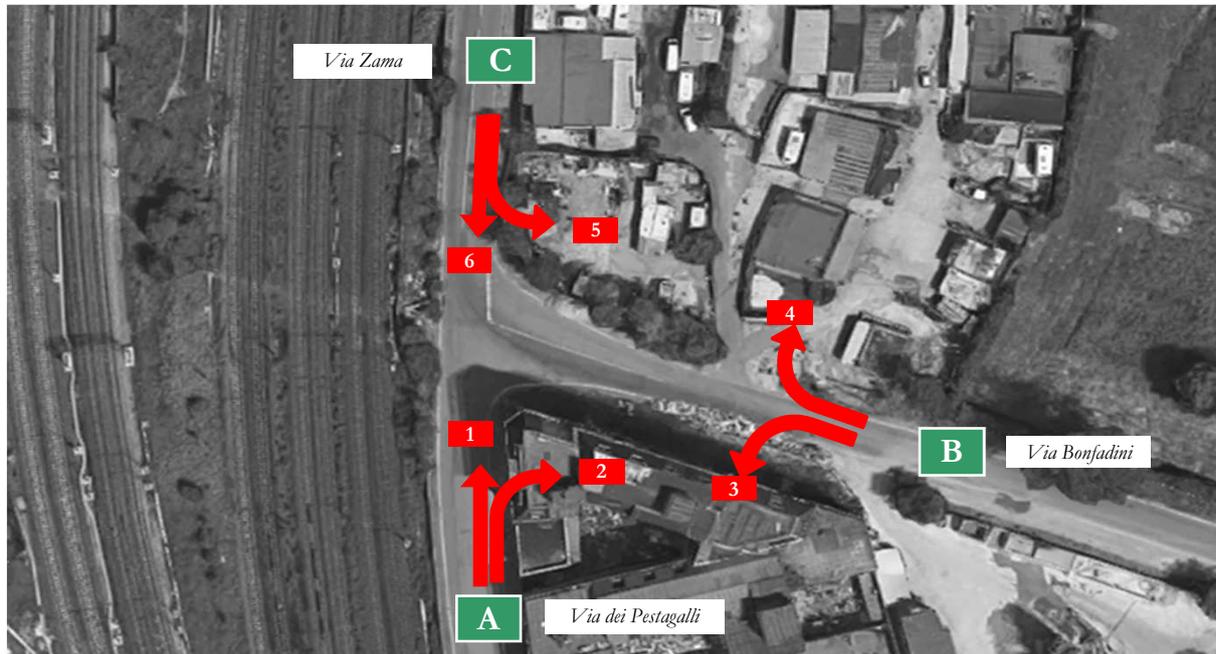
VEICOLI TOTALI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	30	44	74
B	23	0	153	176
C	63	82	0	145
totali	86	112	197	395

VEICOLI EQUIVALENTI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	36	49	85
B	36	0	175	211
C	63	103	0	166
totali	99	139	224	462



**Intersezione 1: Via dei Pestagalli, Via Bonfadini, Via Zama**

intervallo orario: 18.00 - 19.00

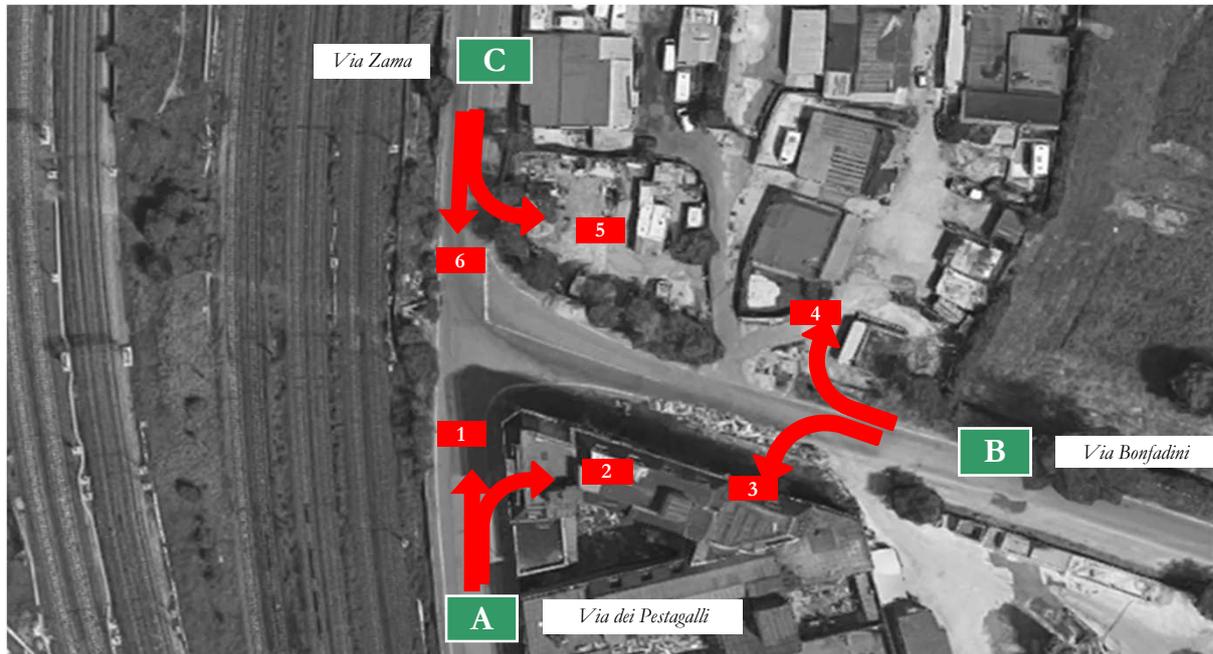


	18.00-18.15						18.15-18.30						18.30-18.45						18.45-19.00					
	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq
<b>MANOVRA 1</b>	6	3	2	1	0	13	8	3	0	0	1	14	7	1	0	0	0	8	8	0	0	0	0	8
<b>MANOVRA 2</b>	5	0	2	0	0	8	4	1	1	1	0	9	5	1	0	0	1	10	2	1	0	0	0	3
<b>MANOVRA 3</b>	2	0	1	1	0	6	1	1	0	0	0	2	4	1	0	1	1	11	3	2	0	0	0	4
<b>MANOVRA 4</b>	17	2	0	1	2	29	18	2	2	0	1	26	15	1	2	1	1	25	16	1	2	0	1	24
<b>MANOVRA 5</b>	22	0	1	1	2	34	26	0	0	1	1	33	18	0	0	1	0	21	23	1	0	1	1	30
<b>MANOVRA 6</b>	12	0	0	0	1	16	12	1	0	0	0	13	16	1	0	1	0	19	22	0	2	0	0	25



**Intersezione 1: Via dei Pestagalli, Via Bonfadini, Via Zama**

intervallo orario: 18.00 - 19.00



18.00 - 19.00						
	A	M	CL	CM	P	Veic. eq.
MANOVRA 1	29	7	2	1	1	42
MANOVRA 2	16	3	3	1	1	29
MANOVRA 3	10	4	1	2	1	23
MANOVRA 4	66	6	6	2	5	103
MANOVRA 5	89	1	1	4	4	117
MANOVRA 6	62	2	2	1	1	73
<b>TOTALE</b>	<b>272</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>387</b>



**Matrici OD Intersezione 1: Via dei Pestagalli, Via Bonfadini, Via Zama**

**INTERVALLO ORARIO 18.00 - 19.00 - MATRICI PER CLASSE VEICOLARE**

COEFFICIENTI DI EQUIVALENZA	
Autovetture	1,00
Motocicli	0,50
Veicoli commerciali medi	1,50
Veicoli commerciali medi	2,50
Mezzi pesanti e Bus	4,00

MOTOCICLI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	3	7	10
B	4	0	6	10
C	2	1	0	3
totali	6	4	13	23

LEGGERI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	16	29	45
B	10	0	66	76
C	62	89	0	151
totali	72	105	95	272

COMMERCIALI MEDI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	1	1	2
B	2	0	2	4
C	1	4	0	5
totali	3	5	3	11

COMMERCIALI LEGGERI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	3	2	5
B	1	0	6	7
C	2	1	0	3
totali	3	4	8	15

PESANTI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	1	1	2
B	1	0	5	6
C	1	4	0	5
totali	2	5	6	13

**INTERVALLO ORARIO 18.00 - 19.00 - MATRICI VEICOLI TOTALI/EQUIVALENTI**

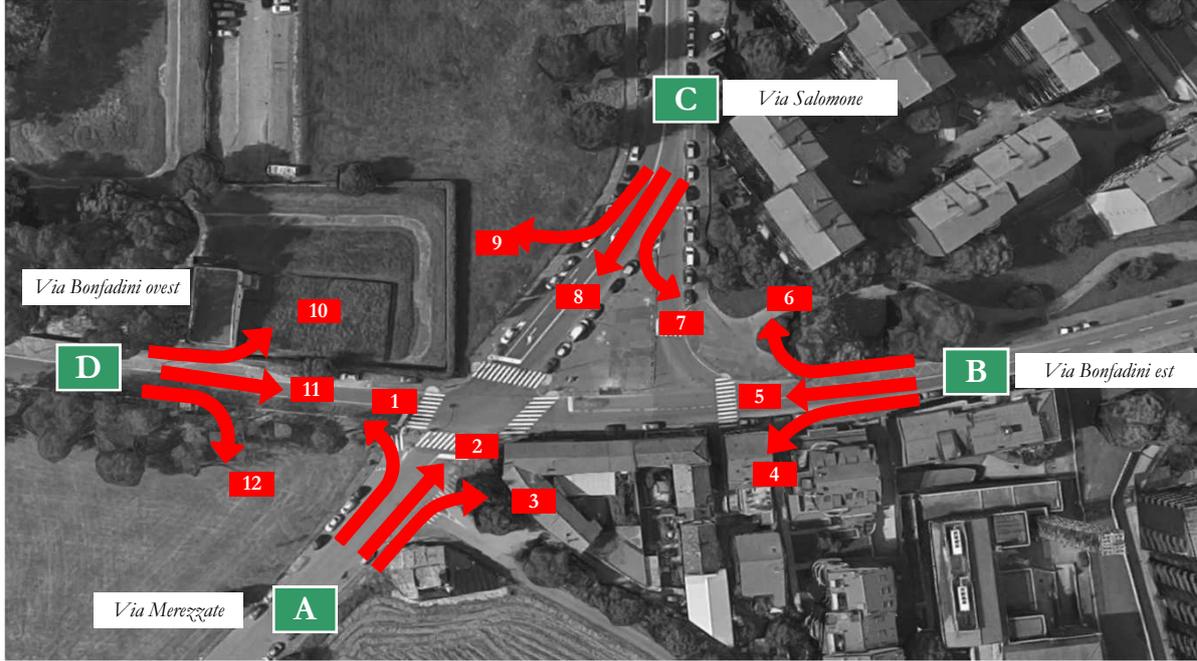
VEICOLI TOTALI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	24	40	64
B	18	0	85	103
C	68	99	0	167
totali	86	123	125	334

VEICOLI EQUIVALENTI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	29	42	71
B	23	0	103	126
C	73	117	0	190
totali	96	146	145	387



**Intersezione 2: Via Merezzate, Via Bonfadini est, Via Salomone, Via Bonfadini ovest**

intervallo orario: 08.00 - 09.00

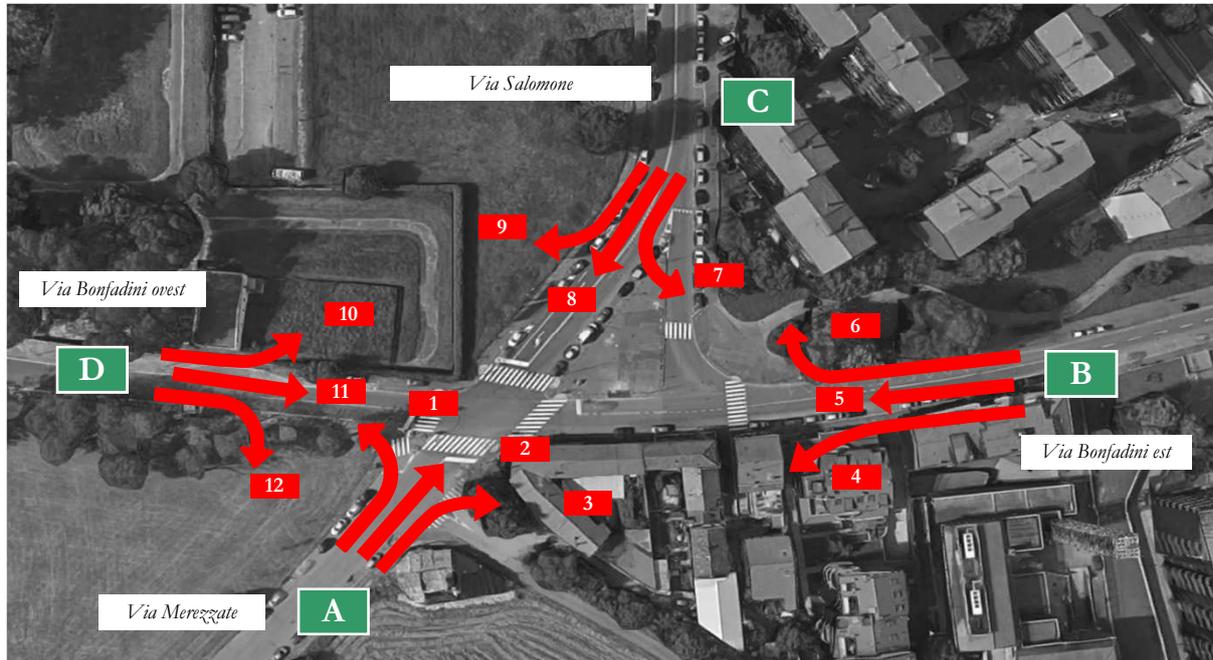


	08.00-08.15						08.15-08.30						08.30-08.45						08.45-09.00					
	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq
<b>MANOVRA 1</b>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>MANOVRA 2</b>	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
<b>MANOVRA 3</b>	3	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	5	1	0	0	0	0	1
<b>MANOVRA 4</b>	2	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	4	1	0	1	0	0	3	3	0	0	0	0	3
<b>MANOVRA 5</b>	16	1	0	1	1	23	19	1	2	0	0	23	15	1	0	1	1	22	15	1	2	0	0	19
<b>MANOVRA 6</b>	48	3	2	1	1	59	57	3	2	3	2	77	44	2	2	2	2	61	45	3	2	2	2	63
<b>MANOVRA 7</b>	15	1	1	1	2	28	19	1	2	1	1	29	21	0	2	0	1	28	34	1	2	0	1	42
<b>MANOVRA 8</b>	4	1	2	0	0	8	7	0	0	0	0	7	7	1	0	0	0	8	11	0	2	0	0	14
<b>MANOVRA 9</b>	12	2	2	2	2	29	16	1	2	1	1	26	18	1	2	1	1	28	29	0	3	1	1	40
<b>MANOVRA 10</b>	10	1	1	1	2	23	8	1	0	0	1	13	10	1	1	1	2	23	8	0	2	0	1	15
<b>MANOVRA 11</b>	15	0	1	0	0	17	12	1	0	1	0	15	14	0	1	0	0	16	11	0	2	0	0	14
<b>MANOVRA 12</b>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2



**Intersezione 2: Via Merezzate, Via Bonfadini est, Via Salomone, Via Bonfadini ovest**

intervallo orario: 08.00 - 09.00



08.00 - 09.00						
	A	M	CL	CM	P	Veic. eq.
MANOVRA 1	1	0	0	0	0	1
MANOVRA 2	3	0	1	0	0	5
MANOVRA 3	7	0	2	0	0	10
MANOVRA 4	8	0	2	0	0	11
MANOVRA 5	65	4	4	2	2	86
MANOVRA 6	194	11	8	8	7	260
MANOVRA 7	89	3	7	2	5	126
MANOVRA 8	29	2	4	0	0	36
MANOVRA 9	75	4	9	5	5	123
MANOVRA 10	36	3	4	2	6	73
MANOVRA 11	52	1	4	1	0	61
MANOVRA 12	2	0	1	0	0	4
<b>TOTALE</b>	<b>561</b>	<b>28</b>	<b>46</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>796</b>



**Matrici OD Intersezione 2: Via Merezzate, Via Bonfadini est, Via Salomone, Via Bonfadini ovest**

**INTERVALLO ORARIO 08.00 - 09.00 - MATRICI PER CLASSE VEICOLARE**

COEFFICIENTI DI EQUIVALENZA	
Autovetture	1,00
Motocicli	0,50
Veicoli commerciali leggeri	1,50
Veicoli commerciali medi	2,50
Mezzi pesanti e Bus	4,00

MOTOCICLI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	0	0	0	0
B	0	0	11	4	15
C	2	3	0	4	9
D	0	1	3	0	4
totali	2	4	14	8	28

LEGGERI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	7	3	1	11
B	8	0	194	65	267
C	29	89	0	75	193
D	2	52	36	0	90
totali	39	148	233	141	561

COMMERCIALI MEDI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	0	0	0	0
B	0	0	8	2	10
C	0	2	0	5	7
D	0	1	2	0	3
totali	0	3	10	7	20

COMMERCIALI LEGGERI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	2	1	0	3
B	2	0	8	4	14
C	4	7	0	9	20
D	1	4	4	0	9
totali	7	13	13	13	46

PESANTI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	0	0	0	0
B	0	0	7	2	9
C	0	5	0	5	10
D	0	0	6	0	6
totali	0	5	13	7	25

**INTERVALLO ORARIO 08.00 - 09.00 - MATRICI VEICOLI TOTALI/EQUIVALENTI**

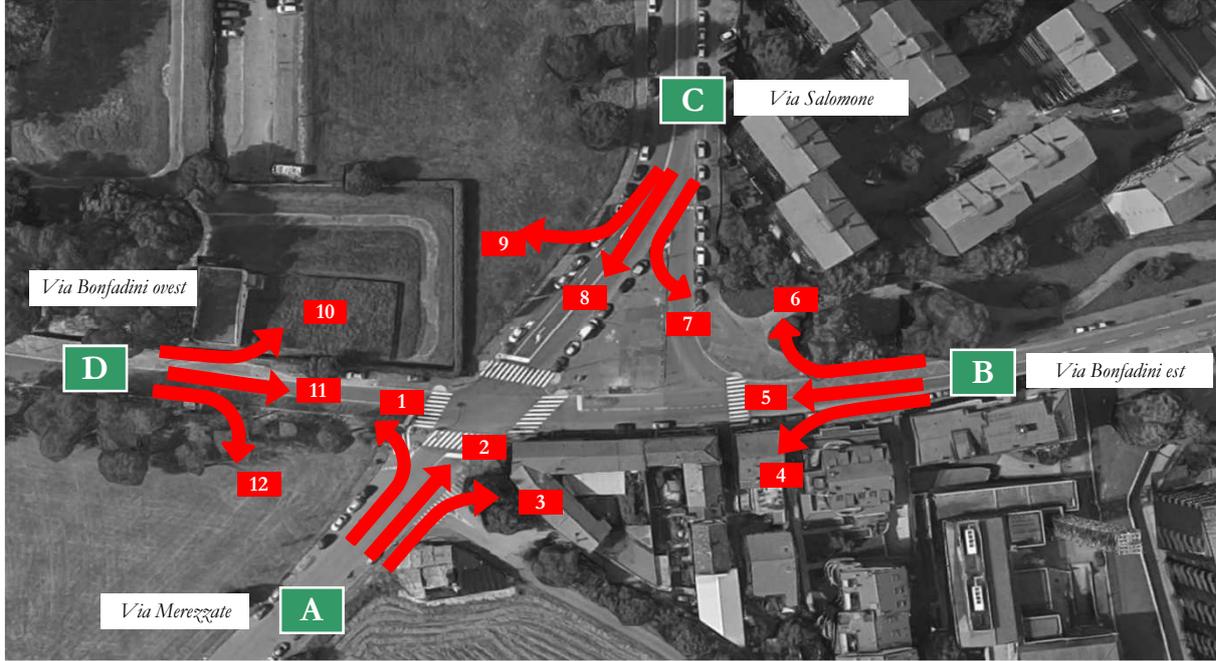
VEICOLI TOTALI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	9	4	1	14
B	10	0	228	77	315
C	35	106	0	98	239
D	3	58	51	0	112
totali	48	173	283	176	680

VEICOLI EQUIVALENTI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	10	5	1	16
B	11	0	260	86	357
C	36	126	0	123	285
D	4	61	73	0	138
totali	51	197	338	210	796



**Intersezione 2: Via Merezzate, Via Bonfadini est, Via Salomone, Via Bonfadini ovest**

intervallo orario: 18.00 - 19.00

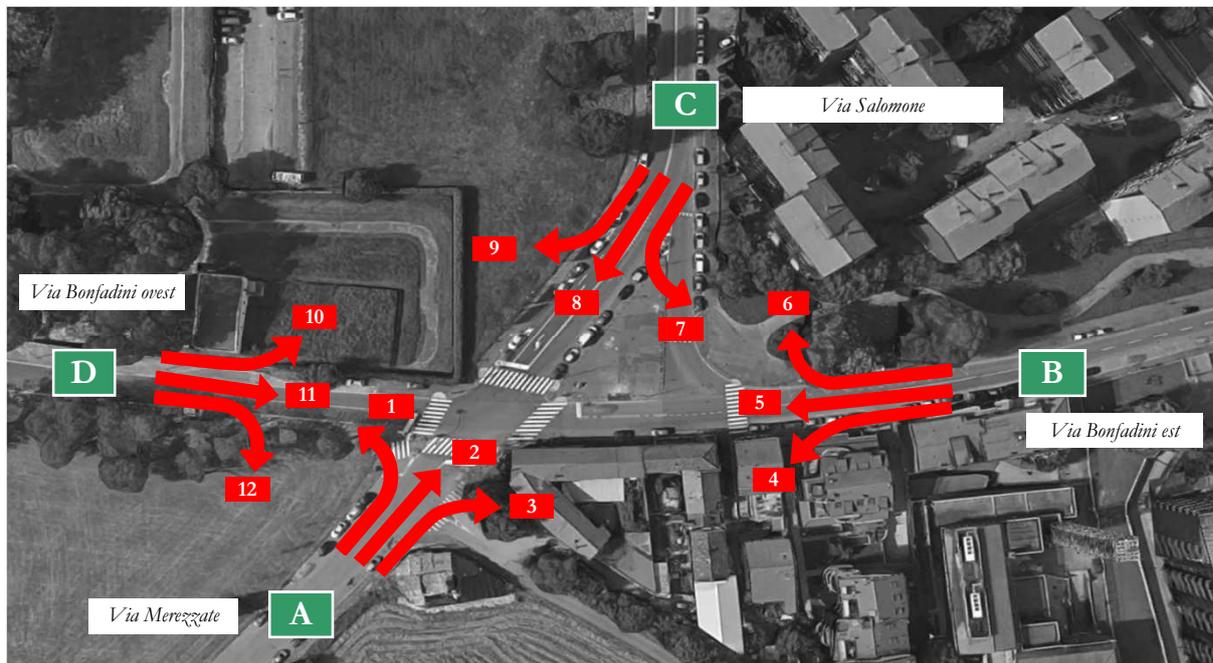


	18.00-18.15						18.15-18.30						18.30-18.45						18.45-19.00					
	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq
<b>MANOVRA 1</b>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
<b>MANOVRA 2</b>	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	5
<b>MANOVRA 3</b>	3	1	0	0	0	4	4	1	1	0	0	6	3	0	0	0	0	3	4	0	1	0	0	6
<b>MANOVRA 4</b>	2	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	3
<b>MANOVRA 5</b>	11	1	0	1	0	14	12	2	1	1	0	17	13	1	2	0	0	17	10	2	0	0	0	11
<b>MANOVRA 6</b>	18	1	1	1	1	27	19	3	2	0	1	28	22	1	1	1	1	31	16	3	2	1	1	27
<b>MANOVRA 7</b>	48	2	2	3	2	68	33	1	2	1	2	47	36	1	2	2	2	53	41	2	2	2	1	54
<b>MANOVRA 8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<b>MANOVRA 9</b>	9	1	1	0	2	19	6	1	0	0	1	11	7	0	2	0	1	14	8	1	1	1	1	17
<b>MANOVRA 10</b>	18	0	2	0	2	29	20	1	2	0	1	28	15	1	0	1	1	22	17	1	0	1	1	24
<b>MANOVRA 11</b>	9	0	0	1	0	12	10	0	0	0	1	14	7	0	1	0	0	9	8	1	0	0	0	9
<b>MANOVRA 12</b>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



**Intersezione 2: Via Merezzate, Via Bonfadini est, Via Salomone, Via Bonfadini ovest**

intervallo orario: 18.00 - 19.00



	18.00 - 19.00					
	A	M	CL	CM	P	Veic. eq.
MANOVRA 1	2	1	0	0	0	3
MANOVRA 2	2	0	0	0	2	10
MANOVRA 3	14	2	2	0	0	18
MANOVRA 4	9	0	1	0	0	11
MANOVRA 5	46	6	3	2	0	59
MANOVRA 6	75	8	6	3	4	112
MANOVRA 7	158	6	8	8	7	221
MANOVRA 8	1	0	0	0	0	1
MANOVRA 9	30	3	4	1	5	60
MANOVRA 10	70	3	4	2	5	103
MANOVRA 11	34	1	1	1	1	43
MANOVRA 12	1	0	0	0	0	1
<b>TOTALE</b>	<b>442</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>17</b>	<b>24</b>	<b>642</b>



**Matrici OD Intersezione 2: Via Merezzate, Via Bonfadini est, Via Salomone, Via Bonfadini ovest**

**INTERVALLO ORARIO 18.00 - 19.00 - MATRICI PER CLASSE VEICOLARE**

COEFFICIENTI DI EQUIVALENZA	
Autovetture	1,00
Motocicli	0,50
Veicoli commerciali leggeri	1,50
Veicoli commerciali medi	2,50
Mezzi pesanti e Bus	4,00

MOTOCICLI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	2	0	1	3
B	0	0	8	6	14
C	0	6	0	3	9
D	0	1	3	0	4
totali	0	9	11	10	30

LEGGERI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	14	2	2	18
B	9	0	75	46	130
C	1	158	0	30	189
D	1	34	70	0	105
totali	11	206	147	78	442

COMMERCIALI MEDI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	0	0	0	0
B	0	0	3	2	5
C	0	8	0	1	9
D	0	1	2	0	3
totali	0	9	5	3	17

COMMERCIALI LEGGERI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	2	0	0	2
B	1	0	6	3	10
C	0	8	0	4	12
D	0	1	4	0	5
totali	1	11	10	7	29

PESANTI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	0	2	0	2
B	0	0	4	0	4
C	0	7	0	5	12
D	0	1	5	0	6
totali	0	8	11	5	24

**INTERVALLO ORARIO 18.00 - 19.00 - MATRICI VEICOLI TOTALI/EQUIVALENTI**

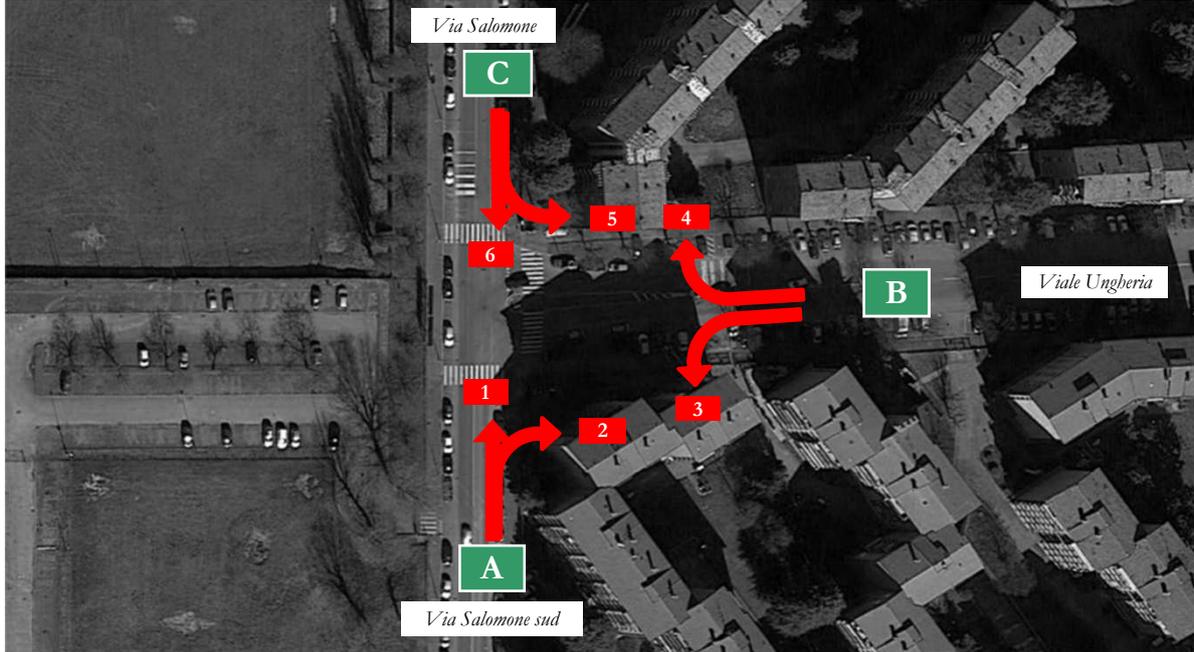
VEICOLI TOTALI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	18	4	3	25
B	10	0	96	57	163
C	1	187	0	43	231
D	1	38	84	0	123
totali	12	243	184	103	542

VEICOLI EQUIVALENTI					
O/D	A	B	C	D	totali
A	0	18	10	3	31
B	11	0	112	59	182
C	1	221	0	60	282
D	1	43	103	0	147
totali	13	282	225	122	642



**Intersezione 3: Via Salomone sud, Viale Ungheria, Via Salomone nord**

intervallo orario: 08.00 - 09.00

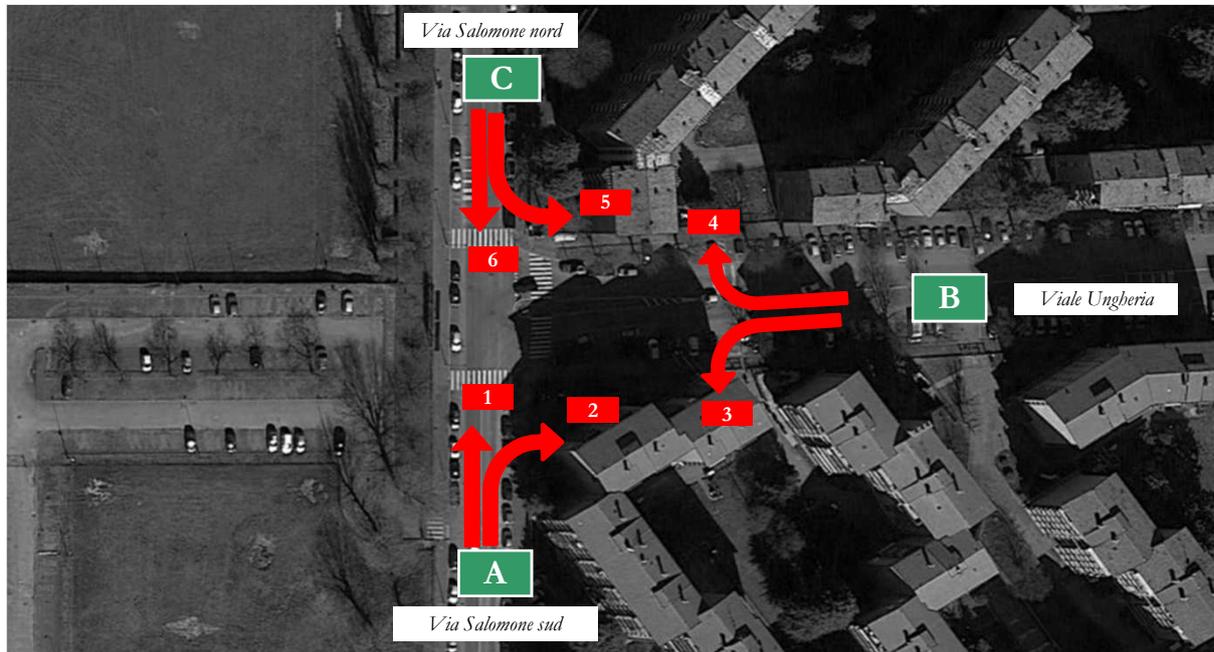


	08.00-08.15						08.15-08.30						08.30-08.45						08.45-09.00					
	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq
<b>MANOVRA 1</b>	41	3	2	2	1	55	45	2	1	2	1	57	33	2	1	2	2	49	39	1	3	2	2	57
<b>MANOVRA 2</b>	17	1	3	1	1	29	19	2	2	1	2	34	22	1	3	1	1	34	14	2	1	1	1	23
<b>MANOVRA 3</b>	13	3	3	3	2	35	18	1	2	1	1	28	19	0	2	0	0	22	40	0	4	2	1	55
<b>MANOVRA 4</b>	15	1	1	0	1	21	14	0	1	1	1	22	23	1	1	1	1	32	27	1	1	0	0	29
<b>MANOVRA 5</b>	17	0	1	1	0	21	19	1	1	1	1	28	25	1	2	0	1	33	28	0	1	1	0	32
<b>MANOVRA 6</b>	19	1	1	1	1	28	24	1	2	1	1	34	27	2	2	1	2	42	34	1	2	0	1	42



**Intersezione 3: Via Salomone sud, Viale Ungheria, Via Salomone nord**

intervallo orario: 08.00 - 09.00



08.00 - 09.00						
	A	M	CL	CM	P	Veic. eq.
MANOVRA 1	158	8	7	8	6	217
MANOVRA 2	72	6	9	4	5	119
MANOVRA 3	90	4	11	6	4	140
MANOVRA 4	79	3	4	2	3	104
MANOVRA 5	89	2	5	3	2	113
MANOVRA 6	104	5	7	3	5	127
<b>TOTALE</b>	<b>592</b>	<b>28</b>	<b>43</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>820</b>



**Matrici OD Intersezione 3: Via Salomone sud, Viale Ungheria, Via Salomone nord**

**INTERVALLO ORARIO 08.00 - 09.00 - MATRICI PER CLASSE VEICOLARE**

COEFFICIENTI DI EQUIVALENZA	
Autovetture	1,00
Motocicli	0,50
Veicoli commerciali medi	1,50
Veicoli commerciali medi	2,50
Mezzi pesanti e Bus	4,00

MOTOCICLI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	6	8	14
B	4	0	3	7
C	5	2	0	7
totali	9	8	11	28

LEGGERI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	72	158	230
B	90	0	79	169
C	104	89	0	193
totali	194	161	237	592

COMMERCIALI MEDI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	4	8	12
B	6	0	2	8
C	3	3	0	6
totali	9	7	10	26

COMMERCIALI LEGGERI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	9	7	16
B	11	0	4	15
C	7	5	0	12
totali	18	14	11	43

PESANTI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	5	6	11
B	4	0	3	7
C	5	2	0	7
totali	9	7	9	25

**INTERVALLO ORARIO 08.00 - 09.00 - MATRICI VEICOLI TOTALI/EQUIVALENTI**

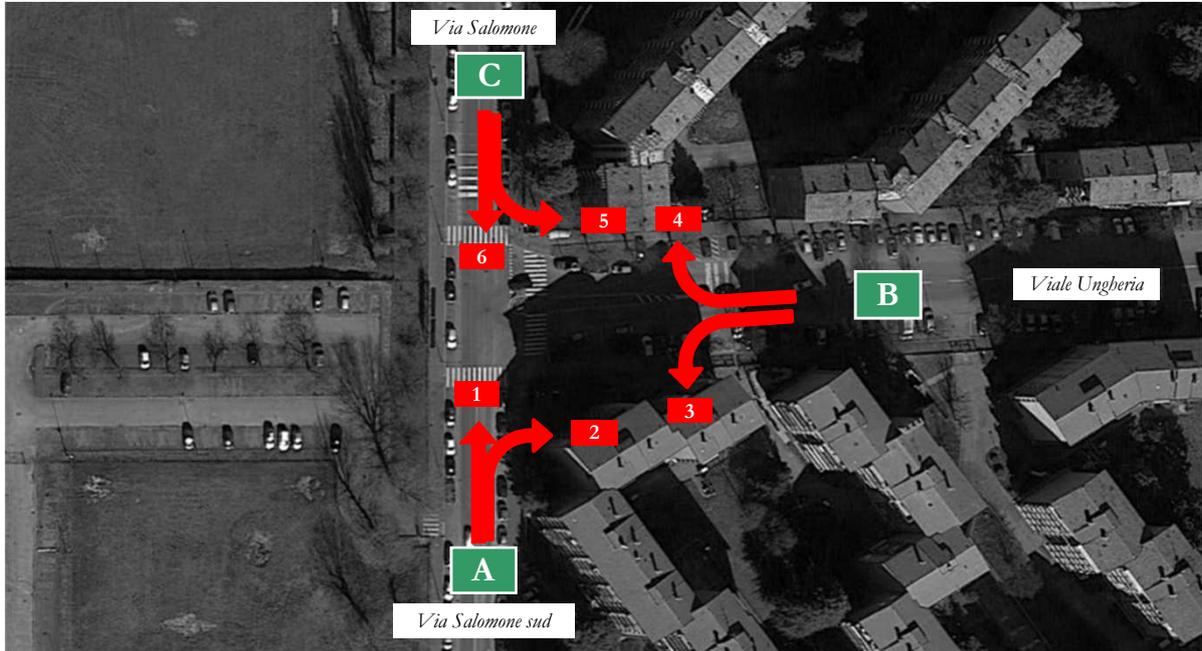
VEICOLI TOTALI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	96	187	283
B	115	0	91	206
C	124	101	0	225
totali	239	197	278	714

VEICOLI EQUIVALENTI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	119	217	336
B	140	0	104	244
C	127	113	0	240
totali	267	232	321	820



**Intersezione 3: Via dei Pestagalli, Via Bonfadini, Via Zama**

intervallo orario: 18.00 - 19.00

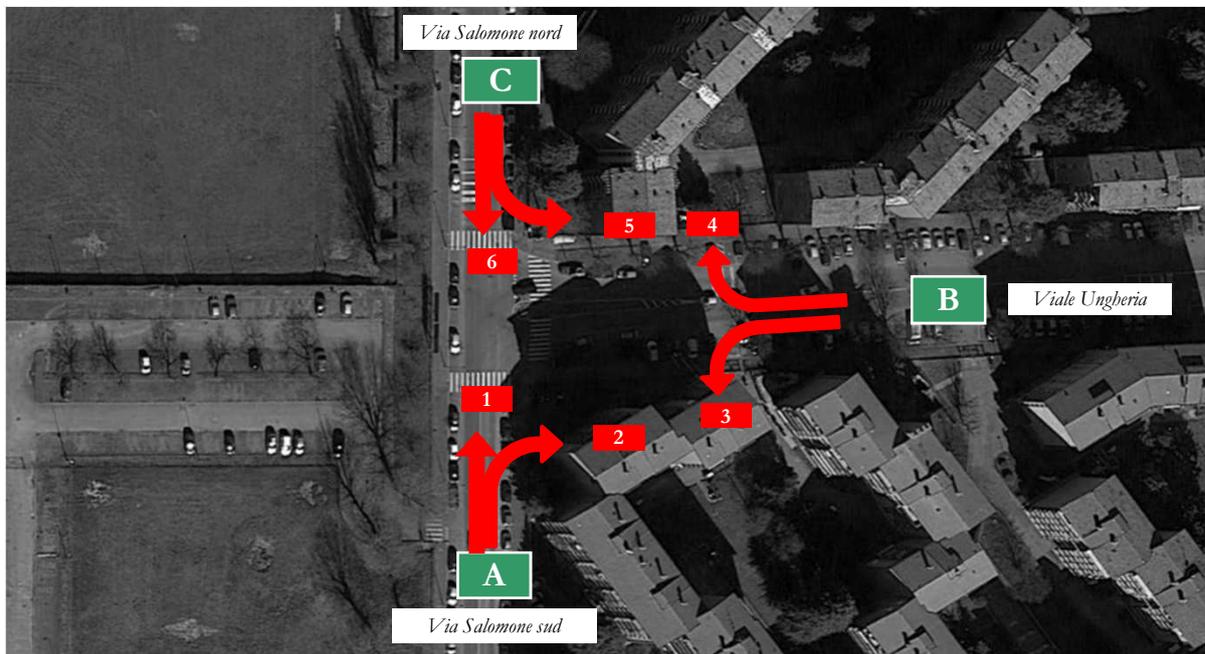


	18.00-18.15						18.15-18.30						18.30-18.45						18.45-19.00					
	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq	A	M	CL	CM	P	Veic eq
<b>MANOVRA 1</b>	28	0	1	1	1	36	27	2	0	1	1	35	26	1	1	0	0	28	25	2	1	0	2	36
<b>MANOVRA 2</b>	9	1	1	1	2	22	13	2	3	0	1	23	12	1	1	1	1	21	10	2	2	0	1	18
<b>MANOVRA 3</b>	22	1	2	3	1	37	9	1	2	1	1	19	12	0	2	1	1	22	18	2	1	2	1	30
<b>MANOVRA 4</b>	13	1	1	0	1	19	14	2	1	1	1	23	11	0	0	0	0	11	15	0	1	0	0	17
<b>MANOVRA 5</b>	17	1	1	1	0	22	19	0	1	0	1	25	21	1	1	1	1	30	18	1	1	0	0	20
<b>MANOVRA 6</b>	35	2	2	1	1	46	30	1	1	0	1	36	31	1	2	1	2	45	33	1	1	1	1	42



**Intersezione 3: Via dei Pestagalli, Via Bonfadini, Via Zama**

intervallo orario: 18.00 - 19.00



18.00 - 19.00						
	A	M	CL	CM	P	Veic. eq.
MANOVRA 1	106	5	3	2	4	134
MANOVRA 2	44	6	7	2	5	83
MANOVRA 3	61	4	7	7	4	107
MANOVRA 4	53	3	3	1	2	70
MANOVRA 5	75	3	4	2	2	96
MANOVRA 6	129	5	6	3	5	168
<b>TOTALE</b>	<b>468</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>658</b>



**Matrici OD Intersezione 3: Via dei Pestagalli, Via Bonfadini, Via Zama**

**INTERVALLO ORARIO 18.00 - 19.00 - MATRICI PER CLASSE VEICOLARE**

COEFFICIENTI DI EQUIVALENZA	
Autovetture	1,00
Motocicli	0,50
Veicoli commerciali medi	1,50
Veicoli commerciali medi	2,50
Mezzi pesanti e Bus	4,00

MOTOCICLI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	6	5	11
B	4	0	3	7
C	5	3	0	8
totali	9	9	8	26

LEGGERI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	44	106	150
B	61	0	53	114
C	129	75	0	204
totali	190	119	159	468

COMMERCIALI MEDI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	2	2	4
B	7	0	1	8
C	3	2	0	5
totali	10	4	3	17

COMMERCIALI LEGGERI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	7	3	10
B	7	0	3	10
C	6	4	0	10
totali	13	11	6	30

PESANTI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	5	4	9
B	4	0	2	6
C	5	2	0	7
totali	9	7	6	22

**INTERVALLO ORARIO 18.00 - 19.00 - MATRICI VEICOLI TOTALI/EQUIVALENTI**

VEICOLI TOTALI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	64	120	184
B	83	0	62	145
C	148	86	0	234
totali	231	150	182	563

VEICOLI EQUIVALENTI				
O/D	A	B	C	totali
A	0	83	134	217
B	107	0	70	177
C	168	96	0	264
totali	275	179	204	658

Zone

Abc

Barra di arco  
Volume Veicoli TPr (PA)

Lightest yellow	<= 250
Yellow	<= 450
Light orange	<= 650
Orange	<= 900
Dark orange	<= 1100
Darkest orange	> 1100





Zone

Abc

Barra di arco  
Volume Veicoli TPr (PA)

Lightest yellow	<= 250
Yellow	<= 450
Orange	<= 650
Dark orange	<= 900
Red-orange	<= 1100
Darkest red	> 1100





Zone

Abc

Barra di arco  
Volume Veicoli TPr (PA)

Lightest yellow	<= 250
Yellow	<= 450
Orange	<= 650
Dark orange	<= 900
Red-orange	<= 1100
Darkest red	> 1100



Zone

Abc

Barra di arco  
Volume Veicoli TPr (PA)

Lightest yellow	<= 250
Yellow	<= 450
Orange	<= 650
Dark orange	<= 900
Red-orange	<= 1100
Dark red	> 1100

