

COMMITTENTE

PIRANI GROUP S.r.l.

LOCALITÀ

CARPI (MO)
Tangenziale Bruno Losi - Via Quattro Pilastrì

OGGETTO

PIANO PARTICOLAREGGIATO IN VARIANTE
AL P.R.G. VIGENTE PER L'ATTUAZIONE DEL
COMPARTO DI TRASFORMAZIONE F14**Cotefa.ingegneri&architetti***Sede legale, amministrativa, operativa*

25124 Brescia, via Cefalonia n. 70

tel. +39.030.220692 +39.030.2424177 fax +39.030.220655

Sede operativa

27100 Pavia, via Capsoni n. 27

tel. +39.0382.303999 fax +39.0382.1753916

e-mail cotefa@cotefa.com

consulenza & ingegneria
*esperienza per l'ambiente**Sede centrale: Carrara, Via Frassina 21, 54033 (MS)*

tel. +39.0585.855624 Fax +39.0585.855617

e-mail: home@ambientesc.it

Altre sedi: Firenze, Milano, Roma, Venezia, Ravenna, Taranto

TECNICO
INCARICATO

ING. ANDREA LUCIONI

REV.	DESCRIZIONE REVISIONE	REDAZ.	DATA	CONTR.	DATA	APPROV.	DATA
0	PRIMA STESURA	Ambiente SpA	03/11/2021	Ambiente SpA	03/11/2021	Ambiente SpA	03/11/2021
1	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-

ELABORATO

R06

STUDIO IMPATTO VEICOLARE IN ATMOSFERA

SCALA

-

DATA

02/12/2021

PROT.

20-04

ARCH.GEN.

48178



VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' A V.A.S.

**STUDIO TRASPORTISTICO E DI IMPATTO DELLA
VIABILITA' INDOTTA SULLA VIABILITA' ESTERNA**

**COMPARTO DIREZIONALE- COMMERCIALE
ZONA F – AMBITO F14**

**TANGENZIALE BRUNO LOSI – VIA QUATTRO
PILASTRI**

Elaborazioni:



Aleph s.r.l.

Via Carducci 17 – 50121 Firenze

P.IVA 05839370482

info@alephprogetti.com - www.alephprogetti.com

Oggetto	Relazione trasportistica
Commessa	C245 – 3
Revisione	01.00
Gruppo di Lavoro	Ing. Camilla Baroncelli Dott. Matteo Casamenti Dott. Giulio Zilli
Approvato	Ing. Luigi Costalli
Data di emissione	28/10/2021

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	INQUADRAMENTO VIABILITA' ESTERNA.....	7
3.	MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO.....	9
3.1	Metodologia	9
3.2	Descrizione degli scenari di analisi	11
4.	RILIEVI DI TRAFFICO	12
5.	STIMA DEL TRAFFICO INDOTTO	15
6.	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI.....	17
6.1	Scenario attuale	17
6.2	Scenario di progetto 1	18
6.3	Scenario di progetto 2	19
6.4	Scenario di progetto 3	20
6.5	Confronto dei risultati	21
7.	VERIFICA DEI LIVELLI DI SERVIZIO DELLA ROTATORIA DI PROGETTO	22
7.1	Sintesi metodologica	22
8.	CONCLUSIONI	28

1. PREMESSA

Il presente studio si pone l'obiettivo di valutare l'impatto del traffico indotto dalle attività previste dalla Variante Urbanistica, e contestuale Piano Particolareggiato, per la realizzazione di nuove strutture all'interno del comparto F14, individuato come zona "di trasformazione direzionale- commerciale" dal vigente PRG della città di Carpi.

Nell'area oggetto di studio è previsto l'insediamento di funzioni terziarie e direzionali all'interno di un sistema di aree verdi di pregio. Nei tre diversi lotti del comparto saranno realizzati una medio-piccola struttura alimentare, due medio-piccola strutture non alimentari e un pubblico servizio.

Per quanto riguarda la viabilità sono previsti collegamenti diretti con la viabilità pubblica esistente a margine del comparto. L'accesso e l'uscita all'area avverrà da via Quattro Pilastrì.

Per mitigare l'incremento del traffico sulla rete viaria esistente si propone di realizzare una rotatoria sulla tangenziale Bruno Losi, all'incrocio con via Quattro Pilastrì.

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

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

- stato attuale;
- scenario di progetto 1: offerta di trasporto attuale + nuove strutture;
- scenario di progetto 2: programmatico (rotatoria) + previsione dell'ospedale;
- scenario di progetto 3: rotatoria + nuove strutture + previsione ospedale

L'offerta di trasporto è stata ricostruita considerando la rete stradale limitrofa all'area di studio e aggiungendo, nello stato di progetto, gli archi di accesso all'area.

È necessario, in questa sede, effettuare una precisazione in merito agli *Scenari di progetto 3 e 4*; tali scenari risultano correlati a quanto definito all'interno della *proposta di Accordo* tra la società Pirani Group Srl ed il Comune di Carpi ai fini dell'attuazione del comparto F14 in variante al PRG vigente. L'Accordo difatti prevede, tra le altre cose, anche la: *"riorganizzazione dell'intersezione tra Via B. Losi e Via Quattro Pilastrì tramite l'inserimento di una rotatoria in sostituzione dell'incrocio semaforizzato che, oltre a consentire un'adeguata accessibilità al nuovo insediamento, servirà a razionalizzare e migliorare la fluidità del traffico"*

che transita sull'asse Nord-Sud, anche in previsione della realizzazione della bretella stradale a completamento di via dell'Industria ed all'accessibilità su Via Quattro Pilastrini del transito che si verrà a generare a seguito della realizzazione del nuovo Ospedale".

In ragione di quanto espresso è stato necessario prendere in considerazione anche l'ipotetica domanda di trasporto conseguente la realizzazione del futuro polo ospedaliero di Carpi ai fini di garantire che la previsione della suddetta rotatoria fosse in grado di gestire il traffico veicolare atteso prioritariamente dalla previsione del nuovo ospedale, in quanto fonte indiscussa del maggior carico veicolare rispetto all'intervento oggetto della presente procedura di valutazione ambientale. L'Amministrazione comunale ha quindi fornito alcuni dati relativi alle previsioni dei flussi veicolari attesi dal nuovo polo ospedaliero e riferite allo scenario attualmente più plausibile dello stesso¹. Poiché i dati non disponevano di alcuni dettagli specifici, al fine di comunque effettuare una valutazione tarata ai fini della presente procedura, questi sono stati integrati con alcune stime della matrice OD a partire dai flussi attuali registrati al fine di ottenere le proiezioni degli scenari futuri di interesse.

¹ Si ricorda che quanto in questa sede indicato non può essere presa a riferimento per valutazioni correlate della progettazione del nuovo Polo ospedaliero, che troverà, in altra sede, i dovuti e necessari approfondimenti del caso. I dati correlati agli Scenari che prendono in considerazione la previsione del nuovo ospedale sono stati impiegati esclusivamente al fine di provvedere ad una valutazione dei livelli di servizio della rotatoria di progetto.

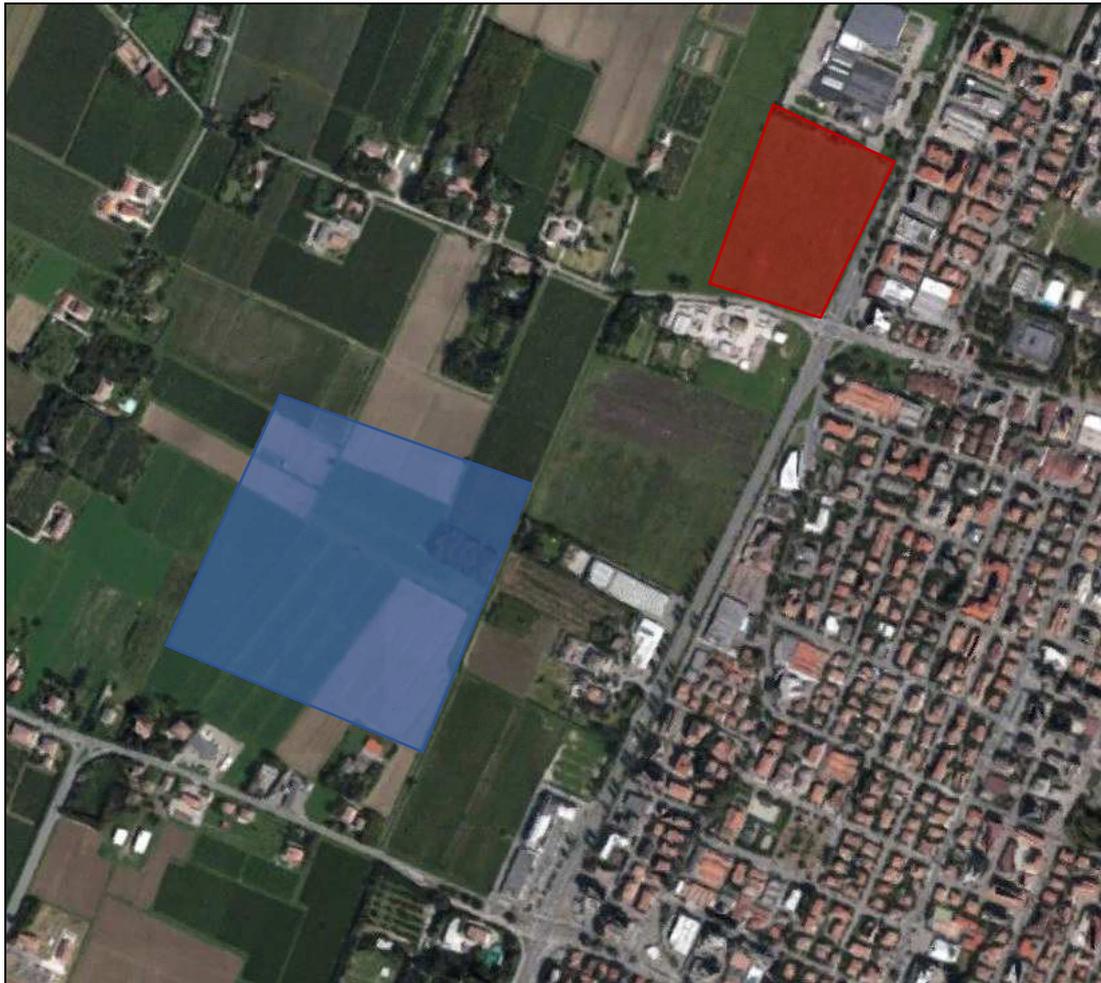


Figura 1 - Inquadramento dell'area oggetto di studio – In blu l'area interessata dalla realizzazione dell'ospedale mentre in rosso l'area oggetto del nostro studio

La domanda di trasporto è stata ricostruita mediante l'uso di alcune postazioni di rilievo di traffico posizionate ad hoc sulla viabilità circostante all'area. Il traffico indotto di progetto è stato stimato mediante il Trip Generation Manual (10th Edition) dell'ITE (Institution of Transportation Engineering) a partire dalle superfici e dalle destinazioni d'uso previste nella Variante Urbanistica. Infine, gli impatti sulle condizioni di deflusso sono stati quantificati mediante il confronto di alcuni indicatori trasportistici estratti dal modello di simulazione, così da verificare la sostenibilità dell'intervento.

2. INQUADRAMENTO VIABILITA' ESTERNA

La viabilità oggetto di valutazione è caratterizzata dalla tangenziale Bruno Losi e da via Quattro Pilastri, le quali si intersecano in maniera ortogonale.



Figura 2 - Inquadramento dell'area oggetto di studio

Allo stato attuale, essendo l'area di interesse non edificata, non è presente nessuna viabilità interna, che sarà prevista invece nel progetto.

Nello stato di progetto è prevista la realizzazione di una rotatoria sulla tangenziale Bruno Losi, all'incrocio con via Quattro Pilastri.

All'interno del comparto è prevista una viabilità principale sud/nord a doppio senso di marcia che permette l'accessibilità ai parcheggi pubblici e privati distribuiti sui fronti e sui lati degli edifici. I mezzi di trasporto pesante potranno accedere alle aree di carico/scarico merci con apposita viabilità, separata dal traffico veicolare, con ingresso e uscita da via Quattro Pilastri,

I parcheggi, sia pubblici sia privati, saranno in massima parte localizzati sul fronte dei lotti a margine della tangenziale Bruno Losi.

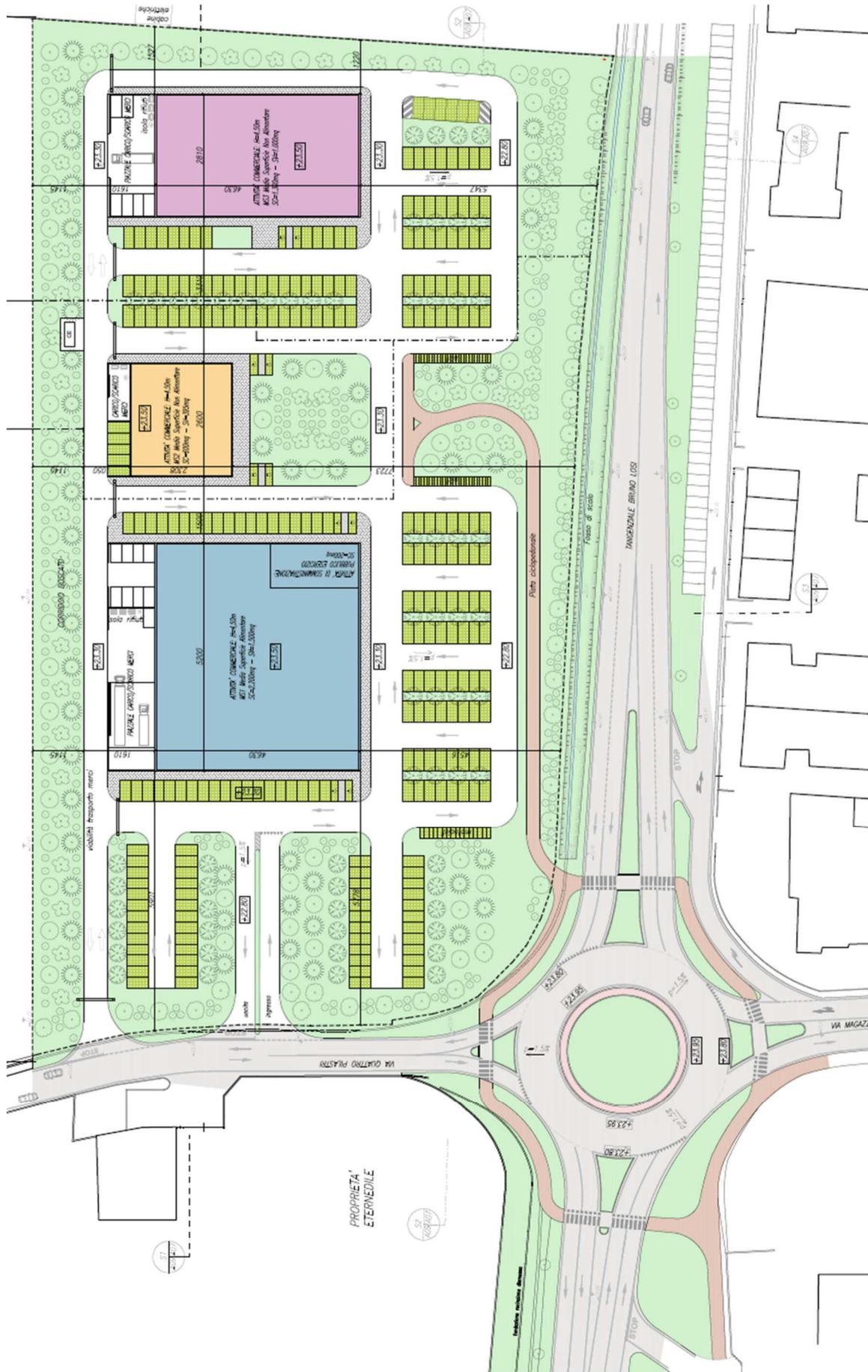


Figura 3 - Planivolumetrico di progetto

3. MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO

3.1 Metodologia

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

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

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

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

- id – identificativo univoco dell'arco;
- id_from – nodo di partenza;
- id_to – nodo di fine;
- t0 – tempo di percorrenza in condizioni di flusso libero;
- a, b – parametri della funzione di deflusso BPR;
- c - capacità totale dell'arco;
- e - costo del pedaggio calcolato come lunghezza per il costo chilometrico del pedaggio - se presente;
- f - lunghezza dell'arco;
- tipo (motorway, primary, trunk, secondary);
- kph – velocità di base dell'arco;
- cap_corsia – capacità di deflusso per singola corsia di marcia;
- n_corsie – numero di corsie per senso di marcia.

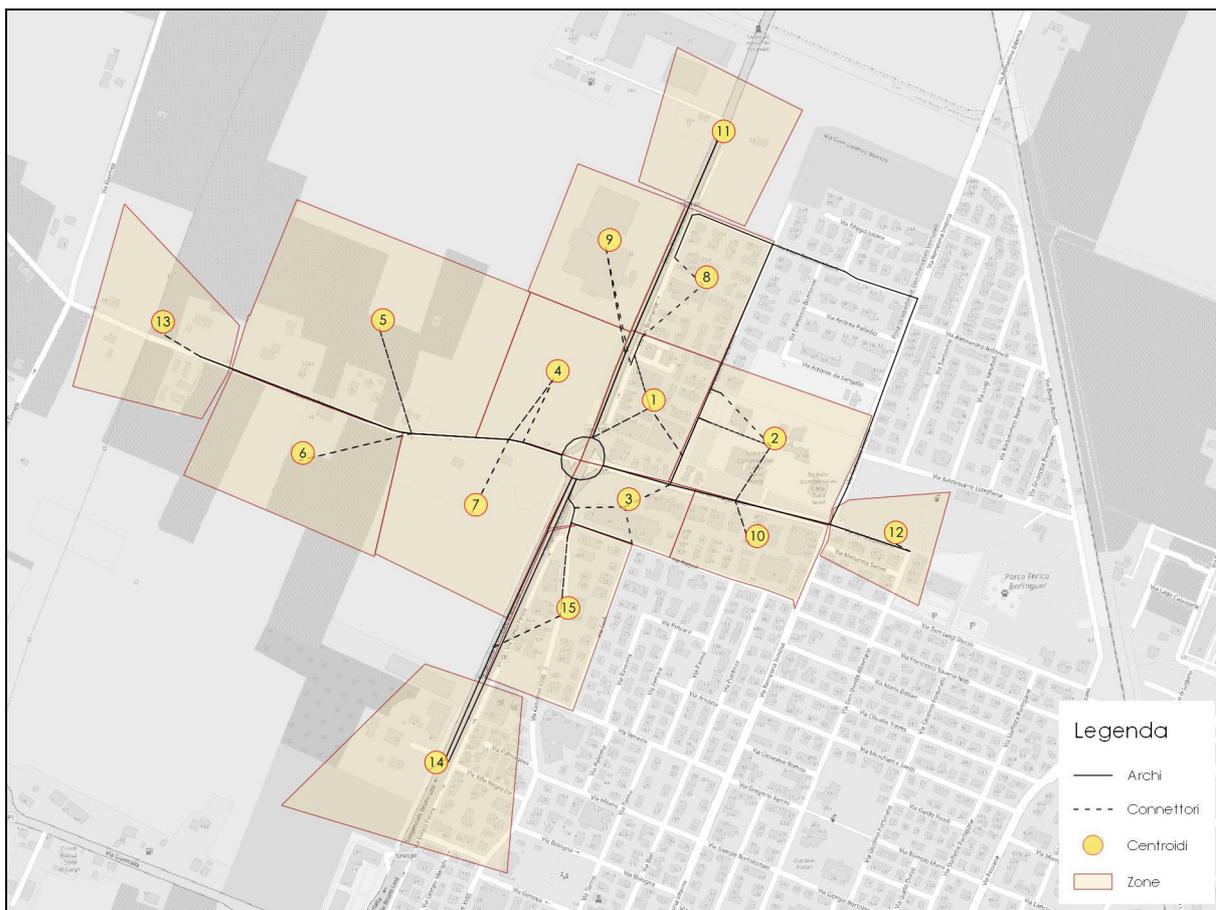


Figura 4 – Zonizzazione dell'area di studio con i relativi centroidi e i connettori del grafo

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

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

Dove:

t - tempo di percorrenza dell'arco;

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

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

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

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

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

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

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

3.2 Descrizione degli scenari di analisi

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

- Scenario attuale: caratterizzato dall'offerta e dalla domanda di trasporto attuali;
- Scenario di progetto 1: caratterizzato dall'offerta di trasporto attuale e la domanda di trasporto incrementata dal traffico indotto dalla realizzazione delle nuove strutture;
- Scenario di progetto 2: caratterizzato dall'offerta di trasporto considerando la realizzazione della rotatoria di progetto e dalla domanda di trasporto nello scenario programmatico. In questo scenario quindi si va a considerare la domanda indotta dal nuovo complesso ospedaliero previsto;
- Scenario di progetto 3: caratterizzato dall'offerta di trasporto considerata la rotatoria di progetto e la domanda di trasporto indotta dalla realizzazione delle nuove strutture e dell'ospedale.

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

4. RILIEVI DI TRAFFICO

La campagna di indagine ha previsto il monitoraggio del traffico mediante due postazioni mobili dotate di radar, dal giorno 15 settembre 2021 al 22 settembre 2021. Le stazioni sono state posizionate sulla via Quattro Pilastri e sulla tangenziale Bruno Losi, come evidenziato dalla successiva immagine.



Figura 5 Inquadramento delle postazioni di misura del traffico veicolare



Figura 6 Postazioni di misura del traffico veicolare: a sx Via Quattro Pilastri, a dx Via Tangenziale Bruno Losi

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

- due ruote;
- auto;
- furgoni;
- camion;
- autoarticolati.

Qui di seguito riportiamo, a titolo esemplificativo, l'andamento dei flussi veicolari rilevati in due giorni feriali di settembre (16 e 17 settembre 2021) per entrambe le postazioni di rilievo.

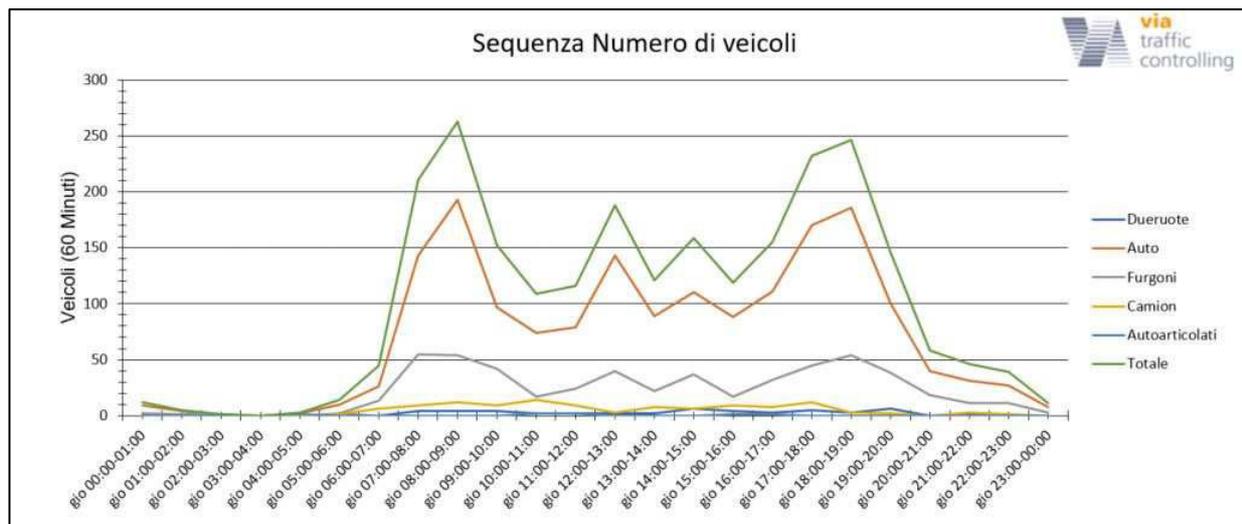


Figura 7 Andamento orario del traffico di giovedì 16 settembre 2021 sulla sezione di Via Quattro Pilastri

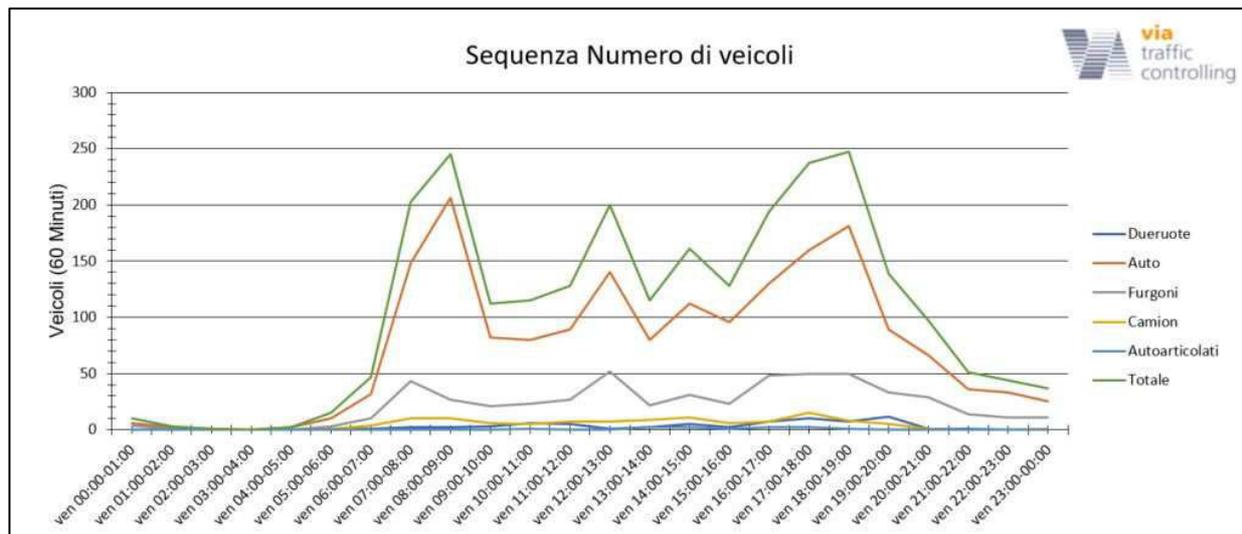


Figura 8 Andamento orario del traffico di venerdì 17 settembre 2021 sulla sezione di Via Quattro Pilastri

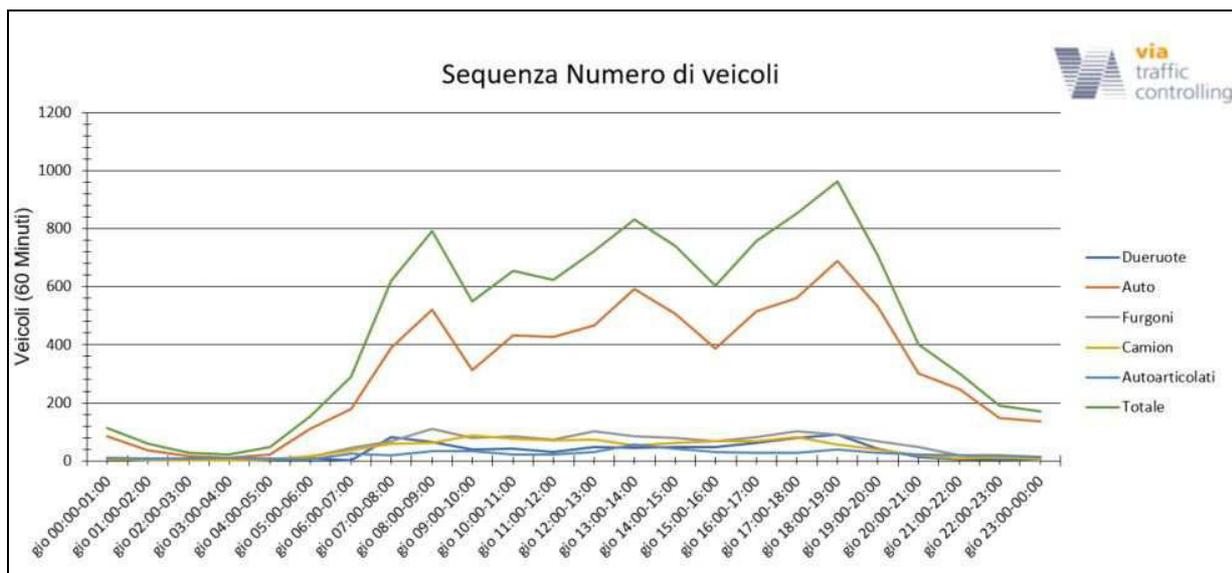


Figura 9 Andamento orario del traffico di giovedì 16 settembre 2021 sulla sezione della Tangenziale Bruno Losi

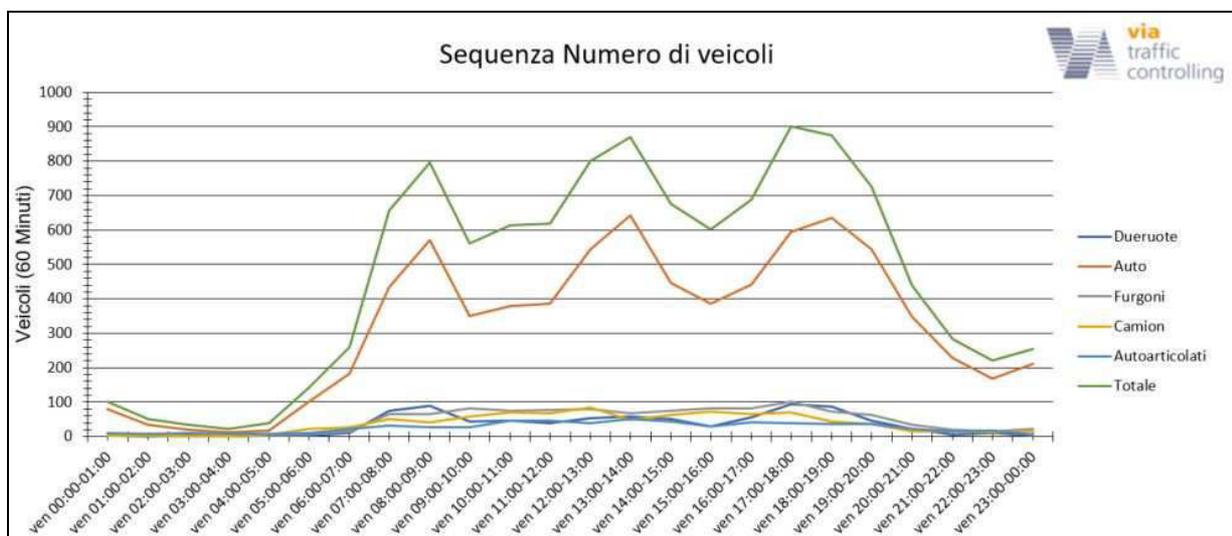


Figura 10 Andamento orario del traffico di venerdì 17 settembre 2021 sulla sezione della Tangenziale Bruno Losi

5. STIMA DEL TRAFFICO INDOTTO

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

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

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

La Tabella 1 illustra i dati di input utilizzati per la stima del traffico indotto e le categorie di utilizzo del Trip Generation Manual. Si riportano successivamente anche le brevi descrizioni delle tipologie di destinazioni d'uso del campione di casi studio su cui si basa la stima del Manuale ITE.

Tabella 1 - Ripartizione delle superfici edificabili in funzione delle destinazioni d'uso di progetto e Land Use associata dal Manuale ITE

Destinazione d'uso	Edificio	Sup. di vendita (mq)	ITE Land Use
Media superficie di vendita alimentare	1	2200	Supermarket
Media superficie di vendita non alimentare	2	1900	Shopping Center
Pubblico esercizio	1	200	Shopping Center

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

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

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

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

L'applicazione della metodologia del Trip Generation Manual restituisce il numero di auto generate e attratte complessivamente nell'ora di punta e la relativa ripartizione direzionale. Si riporta nella Tabella 2 il risultato della procedura di stima del traffico indotto e la ripartizione in veicoli entranti e uscenti dall'area.

Tabella 2 - Stima del traffico indotto dell'ora di punta e ripartizione in veicoli entranti/uscenti

Destinazione d'uso	Veicoli	Entranti	Uscenti
Superficie di vendita alimentare	183	95	88
Pubblico esercizio	11	6	5
Superficie di vendita non alimentare	134	72	62
totale	328	173	155

6. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

6.1 Scenario attuale

La simulazione dello scenario attuale comporta l'assegnazione della domanda di traffico, ovvero della matrice Origine Destinazione, alla rete di offerta. I flussi simulati sulla rete dello stato attuale sono riportati nella figura 11 dove è possibile osservare come sulla Via Quattro Pilastri la domanda di traffico sia prevalente in direzione ovest, quindi in uscita da Carpi, mentre sulla tangenziale Bruno Losi si registrano dei flussi veicolari abbastanza equilibrati nelle due direzioni con una leggera prevalenza in direzione nord.



Figura 11 - Flussogramma dei volumi assegnati nello scenario attuale

6.2 Scenario di progetto 1

La simulazione dello scenario di progetto n.1 considera la domanda indotta anche dalle attività insediate nell'area prevista dalla Variante Urbanistica in aggiunta a quella già prevista nello scenario attuale.

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

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

Come è possibile osservare nella Figura 12 i volumi di traffico risultano poco differenti da quelli risultanti nello scenario attuale.



Figura 12 - Flussogramma dei volumi assegnati nello scenario di progetto 1

6.3 Scenario di progetto 2

La simulazione dello scenario di progetto n.2 considera l'offerta di trasporto conseguente la realizzazione della rotatoria di progetto e la domanda di trasporto dello scenario programmatico. In questo scenario quindi non si considerano realizzate le strutture previste dalla variante ma il nuovo complesso ospedaliero previsto e la sua domanda di traffico indotta.

In questo scenario si registra un lieve aumento dei volumi di traffico dovuti alla presenza della nuova struttura ospedaliera.



Figura 13 - Flussogramma dei volumi assegnati nello scenario di progetto 2

6.4 Scenario di progetto 3

La simulazione dello scenario di progetto n.3 va a considerare l'offerta di trasporto con la rotonda di progetto realizzata e la domanda di trasporto indotta dalle nuove strutture e dell'ospedale.

In questo ultimo scenario si presenta un'ulteriore aumento dei dati la presenza sia delle strutture previste nell'area oggetto di questo studio e sia del polo ospedaliero previsto più a sud.

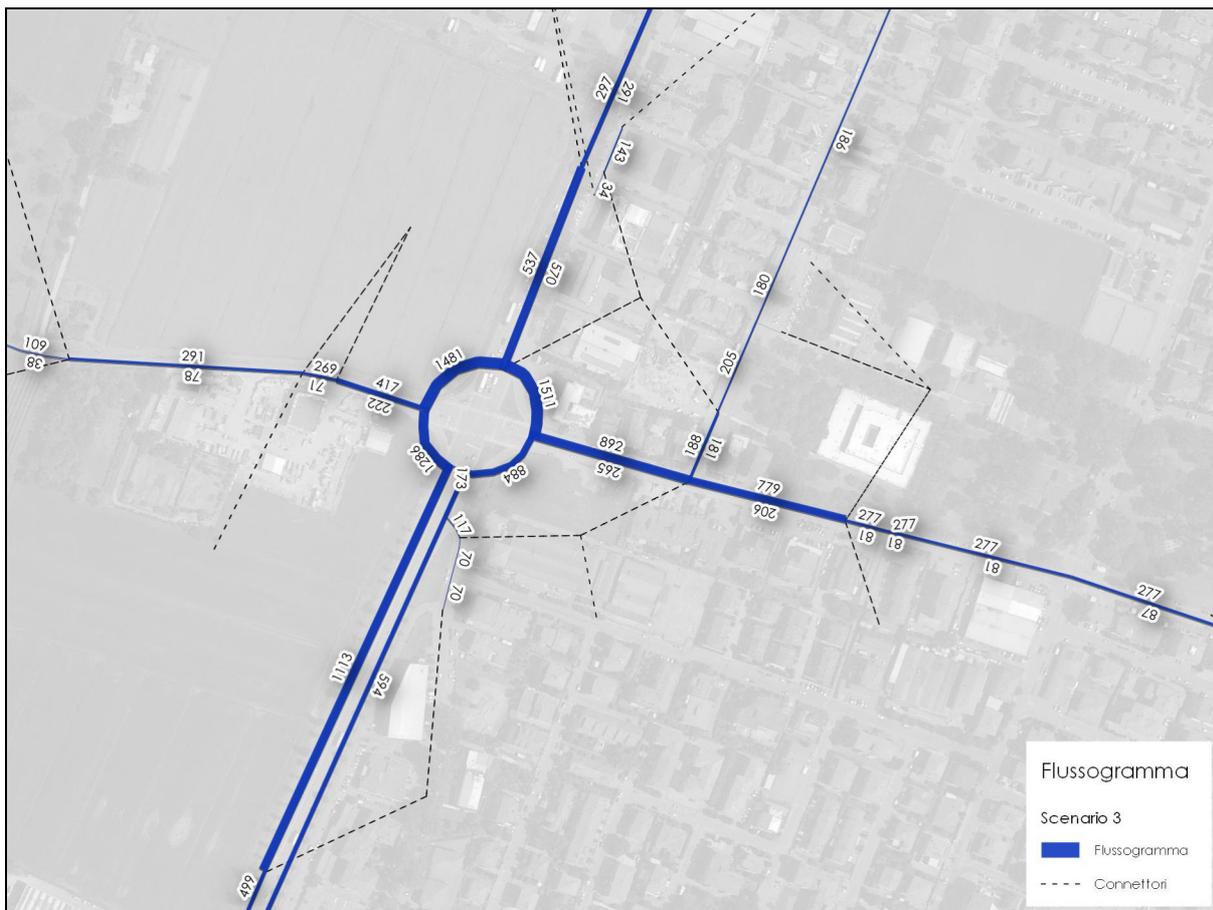


Figura 14 - Flussogramma dei volumi assegnati nello scenario di progetto 3

6.5 Confronto dei risultati

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

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

I valori riportati nella successiva tabella mostrano come l'aumento della matrice Origine Destinazione dei diversi scenari di progetto si traduce in un lieve aumento dei primi due indicatori. Le condizioni globali di deflusso parallelamente non registrano una variazione apprezzabile in quanto la velocità media risulta simile tra lo scenario attuale e i vari scenari di progetto, indicativamente intorno ai 40 km/h.

Tabella 3 - macro-indicatori di rete a confronto tra scenario attuale e di progetto

Indicatore	Attuale	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Percorrenze [veic*km]	1.985	2.224	2.417	2.676
Tempi di percorrenza [veic*h]	217	243	246	272
Velocità media [km/h]	42,0	41,7	40,5	39,9

7. VERIFICA DEI LIVELLI DI SERVIZIO DELLA ROTATORIA DI PROGETTO

7.1 Sintesi metodologica

Le dinamiche di deflusso sono principalmente legate all'interazione dei veicoli che percorrono traiettorie in conflitto e alla capacità di ricezione delle intersezioni: il modello micro permette di ricostruire con affidabilità le dinamiche di interazione tra le correnti veicolari e di formazione degli eventuali accodamenti e, infine, di analizzare le prestazioni delle intersezioni.

La domanda di traffico è ritagliata dal modello di tipo macro, da cui si estrae una sottomatrice relativa all'intersezione oggetto di verifica.

Il modello ha quindi lo scopo di:

- verificare il livello di servizio degli archi stradali e delle intersezioni, noti i parametri descrittivi dei fenomeni di accodamento;
- controllare le conseguenze di scelte progettuali puntuali, in particolare in corrispondenza dei nodi, sulle performance generali della rete e su quelle specifiche nei pressi dei nodi stessi.

Il software di micro simulazione utilizzato (Aimsun Next) assegna la domanda all'offerta di trasporto tramite un modello di scelta del percorso dinamico di tipo logistico, che tiene conto quindi dell'evoluzione temporale del sistema di offerta simulato. Più precisamente, il processo si basa sull'ottenimento di una soluzione stocastica al problema, facendo variare i parametri comportamentali in diverse simulazioni della stessa ora di punta, dal momento che l'evoluzione temporale del sistema non è univocamente determinabile, ma dipende da vari fattori, tra cui il comportamento degli utenti.

In particolare, nell'aggiornare la scelta del percorso nel corso della simulazione, la microsimulazione integra diversi modelli matematici per descrivere i comportamenti dei singoli veicoli nelle situazioni di²:

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

² Si rimanda alla letteratura di riferimento per la spiegazione teorica del funzionamento di questi modelli

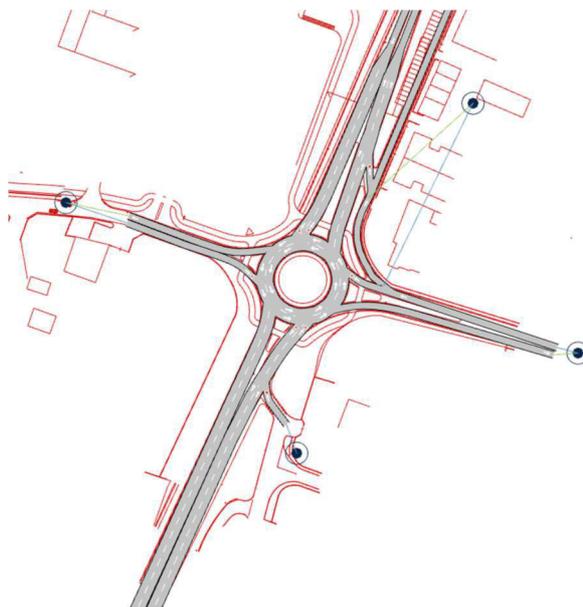


Figura 2 -- Immagine del modello di microsimulazione implementato per la verifica di funzionalità della rotatoria

La valutazione delle prestazioni dello scenario simulato è possibile tramite l'estrazione di indicatori prestazionali, tra cui i più idonei sono:

Indicatori funzionali ai nodi principali:

- Ritardo medio in coda – Queue Delay: tempo medio di attesa di ciascun veicolo nel ramo di approccio. Il Livello di Servizio (LOS) di un'intersezione dipende da questo valore, secondo l'Highway Capacity Manual [s/veh];
- Livello di Servizio – LOS.

Indicatori relativi alle sezioni:

- rapporto flusso/capacità (saturazione);
- rapporto velocità percorrenza/Free Flow Speed (LoE - Level of Efficiency).

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

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

Il manuale HCM indica i parametri specifici da cui dipende il livello di servizio, sulla base della tipologia dell'elemento studiato. Per gli archi urbani dipendono dalla velocità espressa come aliquota percentuale della velocità di flusso libero (LoE - Level of Efficiency). Per quanto riguarda le intersezioni, il parametro ritenuto significativo è il tempo di attesa di immissione nell'intersezione (Delay time), espresso in secondi/veicolo. Il livello di servizio dell'intera intersezione viene ottenuto utilizzando come parametro il tempo di attesa medio pesato sui flussi dei singoli approcci. Si riportano nella successiva tabella gli intervalli di variazione degli indicatori proposti dal Manuale HCM per la determinazione dei Livelli di Servizio.

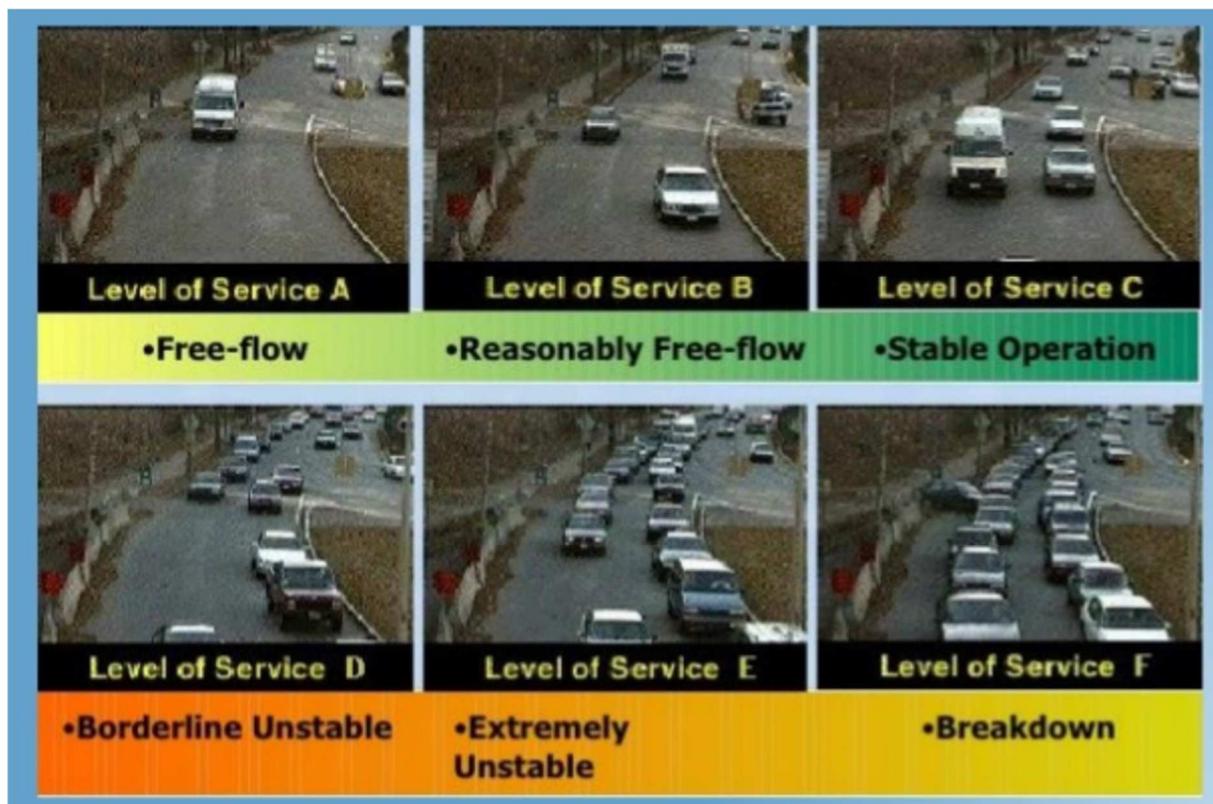


Figura 3: Condizioni di deflusso e relativi livelli di servizio

Ricapitolando, quindi, si affida ad ogni indicatore una lettura dello scenario:

- il livello di servizio è indicativo della formazione di stati di congestione dovuta soprattutto alla gestione delle intersezioni: nelle rotatorie dipende dal tempo di attesa (ritardo) registrato lungo i rami di approccio alla rotatoria;
- il flussogramma è indicativo del volume di auto che utilizzano una certa arteria stradale;
- il livello di efficienza è indicativo delle velocità di percorrenza simulate e si calcola come rapporto tra la velocità di percorrenza simulata e il limite di velocità.

Tabella 4 - Calcolo del LOS per la rotatoria nello scenario di progetto

arco	nome	velocità [km/h]	flusso orario [veh/h]	queue delay [s]	LOS
384	Tangenziale Losi sud	33	600	2	A
387	via Magazzeno	18	646	6	A
389	via Quattro Pilastri	25	225	9	A
391	Tangenziale Losi nord	25	568	11	B

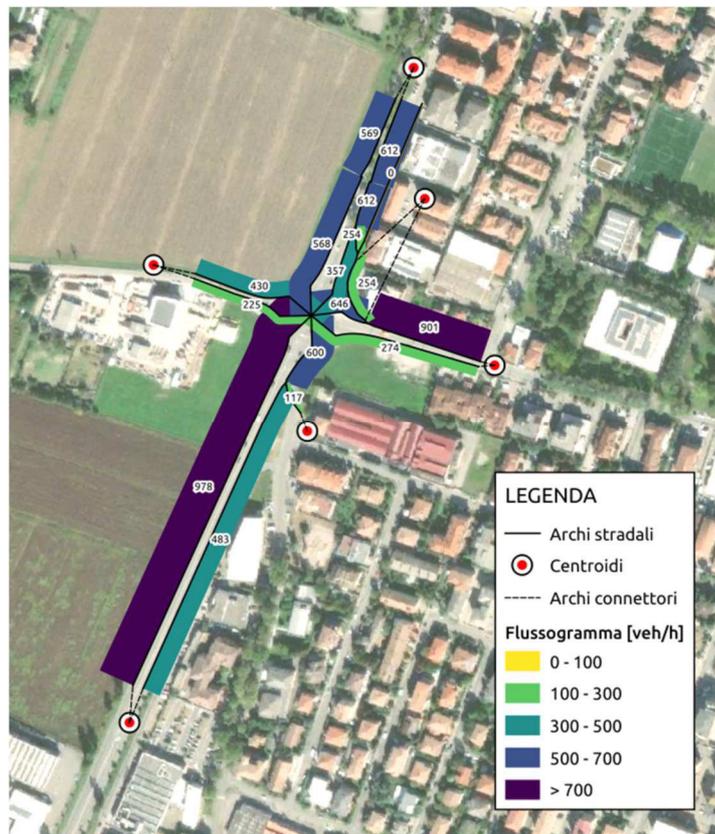


Figura 4 - Flussogramma risultante dal modello di microsimulazione

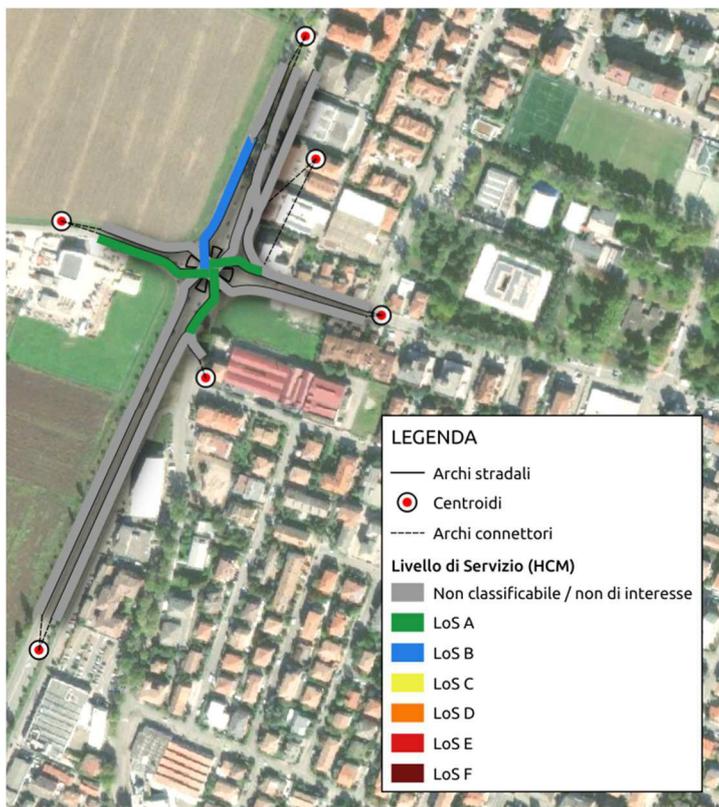


Figura 5 – Livello di servizio sui rami di accesso alla rotatoria risultante dal modello di microsimulazione

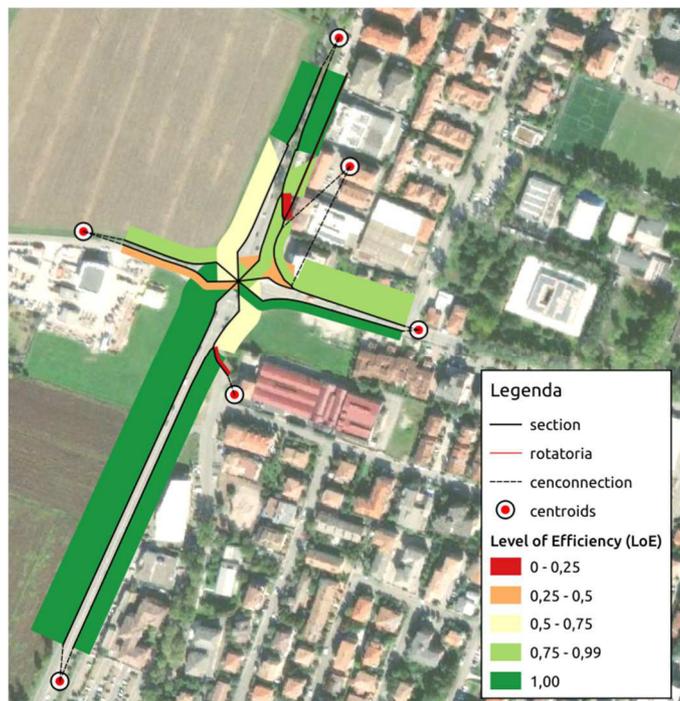


Figura 6 - Livello di Efficienza risultante dal modello di microsimulazione

Nel complesso i risultati della microsimulazione indicano un buon livello di servizio in corrispondenza della rotatoria, indicativo dell'assenza di accodamenti rilevanti in approccio alla stessa. Ne consegue una limitata riduzione della velocità, nella norma per un'area di avvicinamento ad un'intersezione.

Il flusso massimo interno alla rotatoria è di circa 1300 veicoli e la velocità di percorrenza massima nell'anello giratorio vale 35 km/h.



Figura 7 - Flussogramma saturazione della rotatoria (immagine estratta dal software di microsimulazione)

8. CONCLUSIONI

Il presente studio ha avuto l'obiettivo di valutare il traffico indotto dalle attività commerciali previste dall'attuazione della Variante Urbanistica che interessa il comparto F14, previsto dal vigente PRG della città di Carpi, posto tra via Quattro Pilastri e la tangenziale Bruno Losi.

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

L'influenza del traffico indotto sulla viabilità circostante è stata valutata mediante l'utilizzo di un modello di macro-simulazione. Per verificare invece il livello di servizio conseguente la realizzazione della rotatoria presente negli scenari di progetto 3 e 4, si è utilizzato un modello di micro-simulazione tramite software *Aimsum next*.

Nel primo caso l'analisi, condotta tramite simulazione macro, ha mostrato come l'insediamento delle attività commerciali nell'area avrà un'influenza ridotta sulle condizioni di deflusso della viabilità anche nei momenti più critici della giornata. L'apporto di veicoli generati sia commerciali che leggeri infatti non è tale da alterare la qualità dei livelli di servizio.

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

Nel caso invece del modello micro, simulato in corrispondenza della rotatoria di progetto, i risultati hanno mostrato nel complesso un buon livello di servizio indicativo dell'assenza di accodamenti rilevanti in approccio alla stessa. Ne consegue una limitata riduzione della velocità, nella norma per un'area di avvicinamento ad un'intersezione.

Si può concludere pertanto che in tutti gli scenari di progetto analizzati non sono previste alterazioni delle condizioni di deflusso della mobilità privata e che negli scenari 3 e 4 la realizzazione della rotatoria riveste un ruolo importante nel mantenere un'ottimale qualità dei livelli di servizio della rete viaria presente nell'area interessata dall'intervento.