

1.1.03.a-P

PROVINCIA DI PISA
Settore Viabilità, Trasporti e Protezione Civile



**APPALTO CONGIUNTO PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA E LA REALIZZAZIONE DEI
LAVORI, INERENTE LA VIABILITÀ DI RACCORDO NORD TRA IL NUOVO POLO OSPEDALIERO,
LA S.S. N. 12 DEL BRENNERO, LA S.S. N. 1 AURELIA E LA S.P. N. 2 VICARESE**

**TRATTO FUNZIONALE TRA I NODI 1-2
VARIANTE AL c.a. DI MADONNA DELL'ACQUA - S.GIULIANO TERME**

PROPOSTA TECNICA MIGLIORATIVA

ATI PROGETTAZIONE:



Ing. Livio Radini
Albo degli Ingegneri
Provincia di Lucca n. A776

ATI IMPRESE:



Dott. Carlo Agnese S.p.A.
Corso Italia, 50
20122 - Milano - (MI)



Impresa Forti SpA
Via Archimede Bellatalla, 10
56121 - Ospedaletto - (PI)



IGP Giuliani Piero s.r.l.
Via Sterpulino 9-15
56121 - Pisa - (PI)

C					
B					
A	Gennaio 2026	Emissione Variante	M. PIANIGIANI	M. PIANIGIANI	L. RADINI
EM./RE.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

**AMBITO GENERALE
GENERALE**

STUDIO DI TRAFFICO - INTEGRAZIONE PER VARIANTE

Scala:

CODICE IDENTIFICATIVO:	558D12GEN003D	CIG 9532901EC1
-------------------------------	----------------------	-----------------------

Il Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Cristiano Ristori

Il Direttore dell'esecuzione

Ing. Erika Banti



STUDIO DEL TRAFFICO RELATIVO ALLA ROTATORIA DI MADONNA DELL'ACQUA

RELAZIONE TECNICA

N. commessa	Rev.	Data	Descrizione della modifica	Autore
2025-018	0	29/09/2025	Prima emissione	MP-CP

Controllato:	Massimiliano Petri	Data 29/09/2025
Autorizzato:	Massimo Ferrini	Data 29/09/2025

Indice

1. DATI DI TRAFFICO	1
2. MICROSIMULAZIONE DINAMICA	5

*Questo prodotto è stato realizzato nel rispetto delle regole del sistema di gestione qualità
ISO 9001:2015 valutato TÜV Italia Srl e coperto da certificato Nr. 50 100 15697 Rev.002*

1. DATI DI TRAFFICO

I volumi di traffico della nuova rete di progetto, assegnati alla rotatoria oggetto di analisi, sono stati estrapolati dall'elaborato "Studio di traffico" del Progetto definitivo del lotto stralcio 1-2 (v. fig. 1.1). Tali volumi di traffico, come riportato nel suddetto elaborato, sono riferiti alla fascia oraria di punta 7:00-9:00 di un giorno ferialo tipo, nello scenario futuro all'anno 2038.

Tali valori sono stati successivamente ridistribuiti considerando la presenza di una rotatoria in sostituzione della soluzione progettuale originariamente prevista (v. fig 1.2).

A tali flussi è stata aggiunta la stima del traffico generato dall'area del nuovo Parco Commerciale in Località Madonna Dell'Acqua nel periodo di punta del giorno ferialo tipico riportati nel "Stima del traffico indotto e degli effetti attesi sulla viabilità afferente dalla realizzazione di un nuovo Parco Commerciale" di Nepea Servizi Di Ingegneria Srl (v.fig. 1.3). Di tale analisi sono stati considerati i flussi veicolari sulla SS1 Aurelia, nel tratto a Sud, successivamente ridistribuiti sul ramo Nord della rotatoria di progetto, assumendo che il 65% sia diretto verso il centro commerciale e il 35% in uscita, in accordo con le percentuali definite dal Manuale ITE.

Infine, sono stati aggiunti, in termini di veicoli equivalenti, i pullman diretti dalla rotatoria verso via Pietrasantina, prendendo come riferimenti i dati del parcheggio di Pietrasantina forniti da Pisamo srl. Tali flussi sono stati attribuiti in questa direzione in quanto, nelle ore di punta del mattino, i pullman risultano prevalentemente diretti verso Pisa. Inoltre, sul medesimo ramo, che rappresenta il nuovo collegamento di progetto non ancora esistente, sono stati inseriti veicoli in ingresso da via Pietrasantina verso la rotatoria, al fine di incrementare i carichi di traffico e garantire un dimensionamento dell'intersezione in condizioni di maggiore sicurezza.

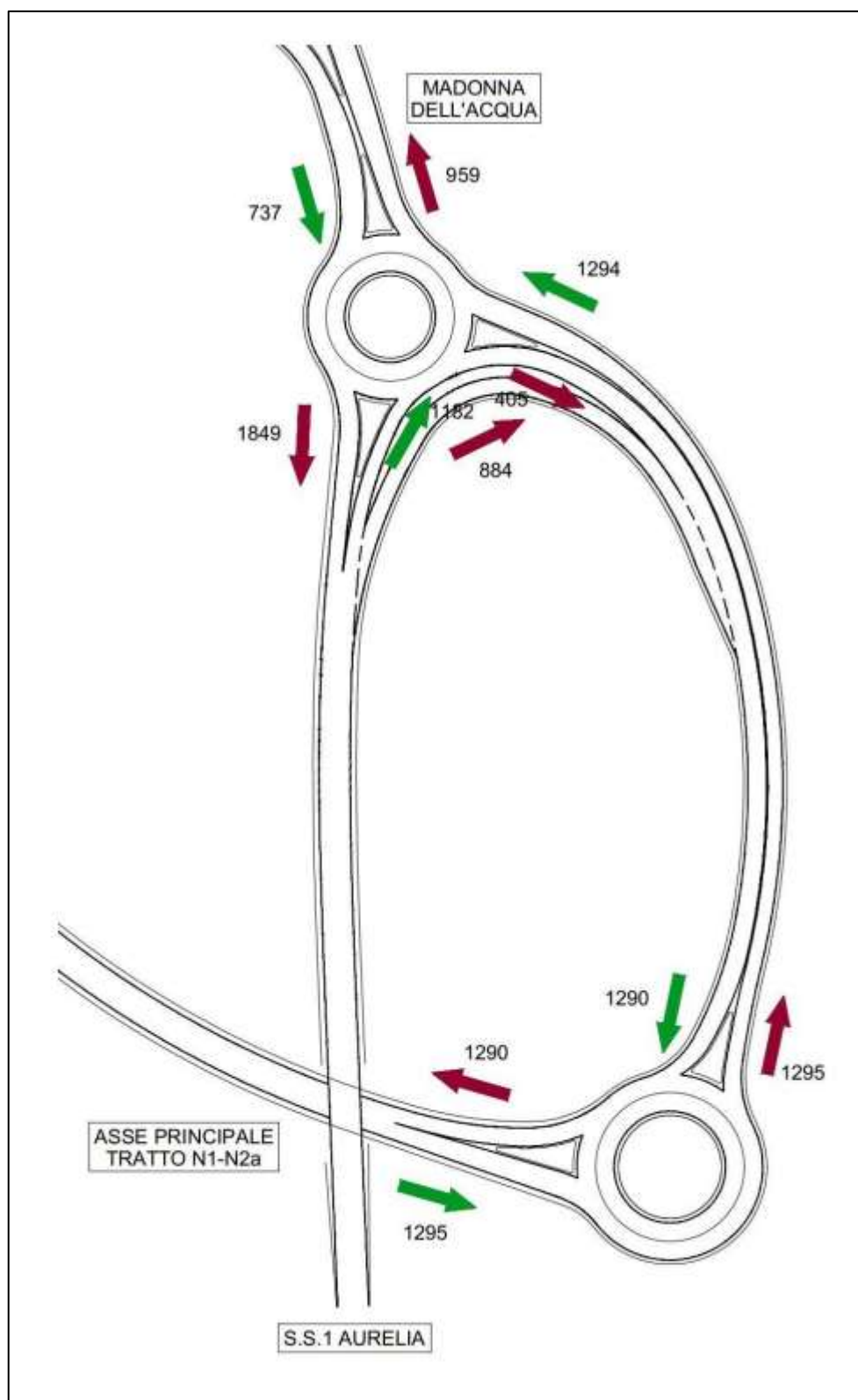


Fig. 1.1 – *Flussi veicolari entranti ed uscenti da ogni nodo*

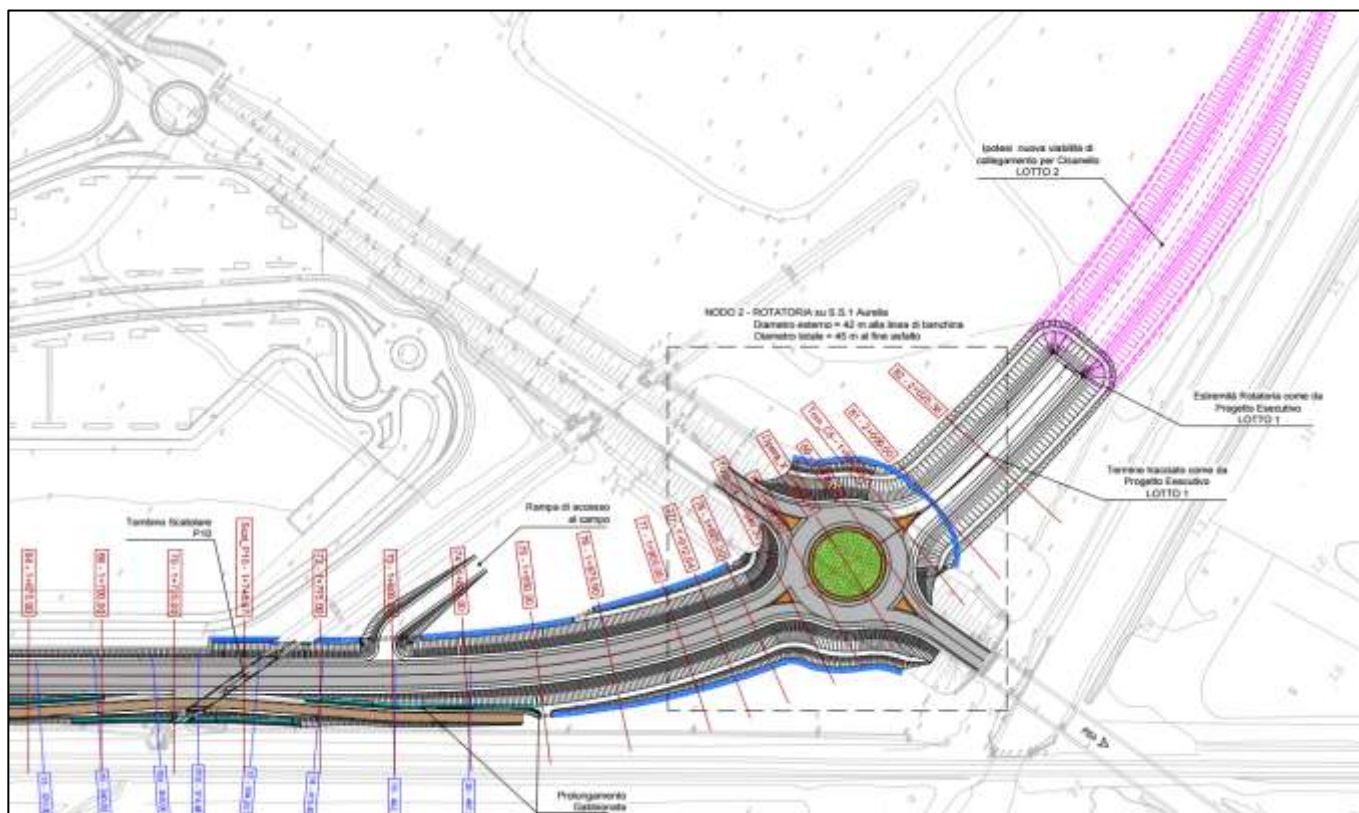
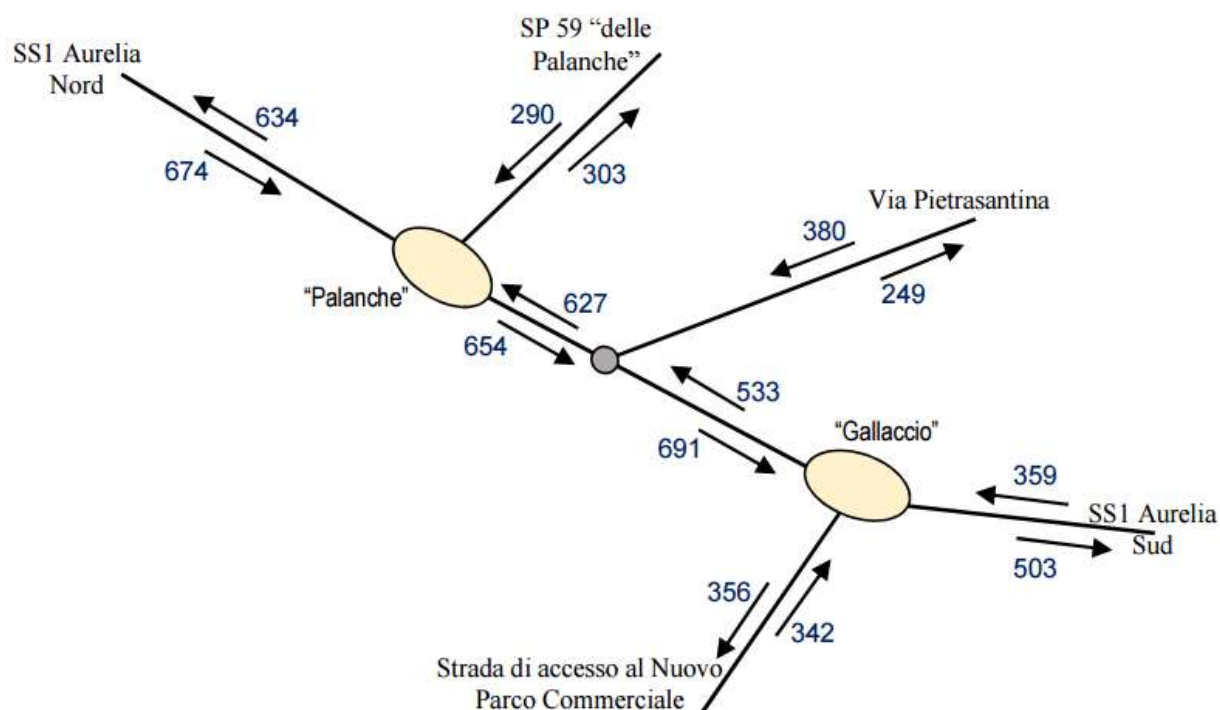


Fig. 1.2 – Confronto fra esecutivo e variante



<i>Strada</i>	Limite accettabile o capacità ⁷ Q_{max} (veic/h)	Max incremento flusso indotto dal Parco Comm.le (veic/h)
SP59 "delle Palanche"	1200	35
SS n.1 "Aurelia", tratto Nord	1200	39
SS n.1 "Aurelia", tratto Sud	1200	42
Via Pietrasantina	1600	36

Fig. 1.3 – Flussi veicolari indotti dal parco commerciale

2. MICRO-SIMULAZIONE DINAMICA

La micro-simulazione è stata realizzata utilizzando il software Cube Dynasim, versione 10, con l'inserimento della rotatoria di progetto e la domanda generata/attratta stimata per la simulazione dello stato di progetto (v. cap. 1).

Per la simulazione si è scelto la situazione generale più congestionata riferita alla **fascia oraria 7 ÷ 9 di un giorno feriale** ed è espressa in veicoli equivalenti. La simulazione permette di stimare le lunghezze di coda in metri ed i ritardi in secondi per ogni braccio afferente alle due rotatorie. Tali indicatori consentono di valutare il Livello di Servizio (LoS), ovvero il grado di efficienza con cui l'intersezione soddisfa le esigenze della domanda veicolare.

I LoS sono distinti da sei lettere, da A a F, in ordine decrescente di qualità di circolazione. In generale le condizioni di marcia dei veicoli ai vari LoS sono definibili come segue:

- LoS A - gli utenti non subiscono interferenze alla propria marcia, hanno elevate possibilità di scelta delle velocità desiderate (libere); il comfort è notevole;
- LoS B - la più alta densità rispetto a quella del livello A comincia ad essere avvertita dai conducenti che subiscono lievi condizionamenti alle libertà di manovra ed al mantenimento delle velocità desiderate; il comfort è discreto;
- LoS C - le libertà di marcia dei singoli veicoli sono significativamente influenzate dalle mutue interferenze che limitano la scelta delle velocità e le manovre all'interno della corrente; il comfort è definibile modesto;
- LoS D - è caratterizzato da alte densità ma ancora da stabilità di deflusso; velocità e libertà di manovra sono fortemente condizionate; modesti incrementi di domanda possono creare problemi di regolarità di marcia; il comfort è basso;
- LoS E - rappresenta condizioni di deflusso che comprendono, come limite inferiore, la capacità; le velocità medie dei singoli veicoli sono modeste (ca. metà di quelle del livello A) e pressoché uniformi; non c'è

praticamente possibilità di manovra entro la corrente; il moto è instabile perché piccoli incrementi di domanda o modesti disturbi (rallentamenti, ad esempio) non possono più essere facilmente riassorbiti da decrementi di velocità e si innesca così la congestione; il comfort è bassissimo;

- LoS F - il flusso è forzato: tale condizione si verifica allorché la domanda di traffico supera la capacità ($q/C > 1$) per cui si hanno code di lunghezza crescente, bassissime velocità di deflusso, frequenti arresti del moto, in un processo ciclico di stop-and-go caratteristico della marcia in colonna in condizioni di instabilità; non esiste comfort.

Confrontando i tempi di attesa in ingresso (delay) coi valori della tab. 17.2 del Manuale HCM2000 per le **intersezioni non semaforizzate**, ovvero la tab. 21-1 del manuale HCM 2010 (v. Tab. 2.1), si ottengono i corrispondenti livelli di servizio.

EXHIBIT 17-2. LEVEL-OF-SERVICE CRITERIA FOR TWSC INTERSECTIONS	
Level of Service	Average Control Delay (s/veh)
A	0–10
B	> 10–15
C	> 15–25
D	> 25–35
E	> 35–50
F	> 50

Tab.2.1 - LoS secondo il Manuale HCM2000 e HCM 2010 per flussi in ingresso inferiori alla capacità, altrimenti LoS = F

Nelle pagine seguenti si sono riportati, per ogni ramo in ingresso della rotatoria, la lunghezza massima di coda ed il ritardo medio con il relativo LoS.

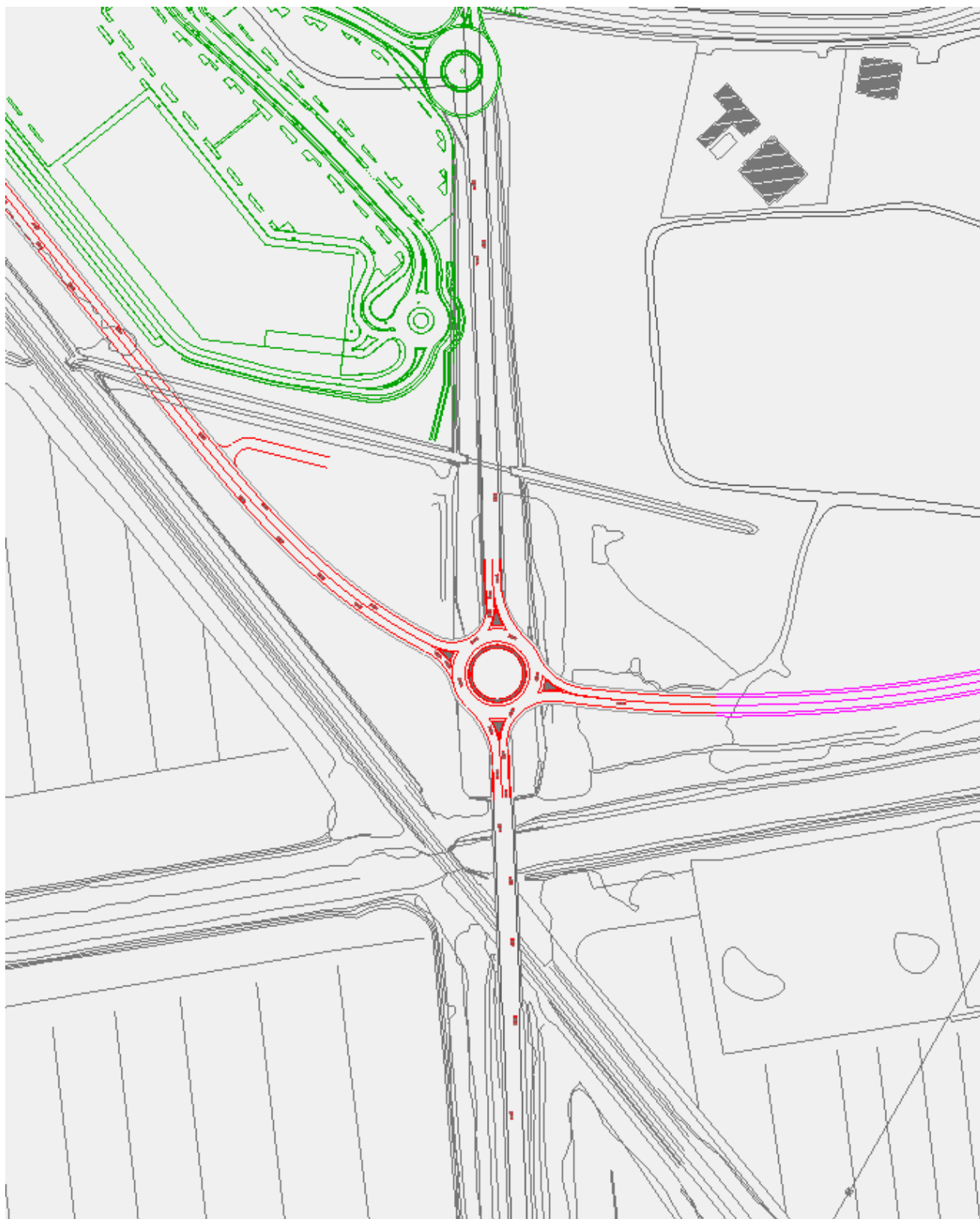


Fig. 2.1 – Mappa della simulazione dinamica con il collegamento con via Pietrasantina (viola), il collegamento con l'Autostrada (rosso) ed il nuovo centro commerciale (verde)

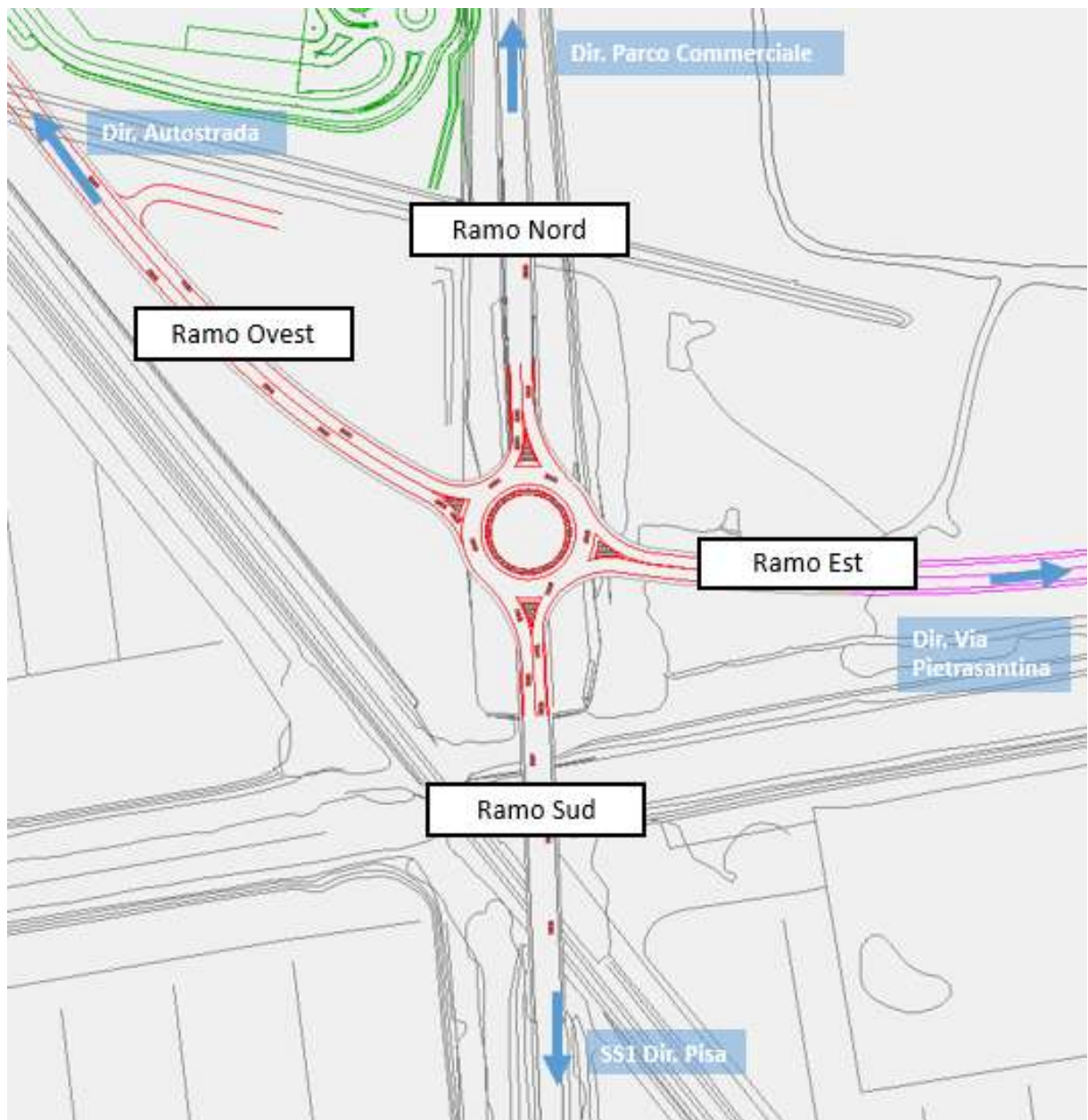


Fig. 2.2 - Schema di riferimento per l'identificazione dei rami della rotatoria

Ramo Nord

I ritardi (v. Fig. 2.3) variano da zero secondi fino ad un massimo di 10 secondi con un valore di ritardo medio di 2,5 secondi a cui corrisponde un livello di servizio A. Le lunghezze di coda massime variano da zero a 43 metri con una media di circa 7 metri corrispondenti a circa un veicolo (v. Fig. 2.4). Non c'è, quindi, interazione con la rotatoria a nord di ingresso al centro commerciale.

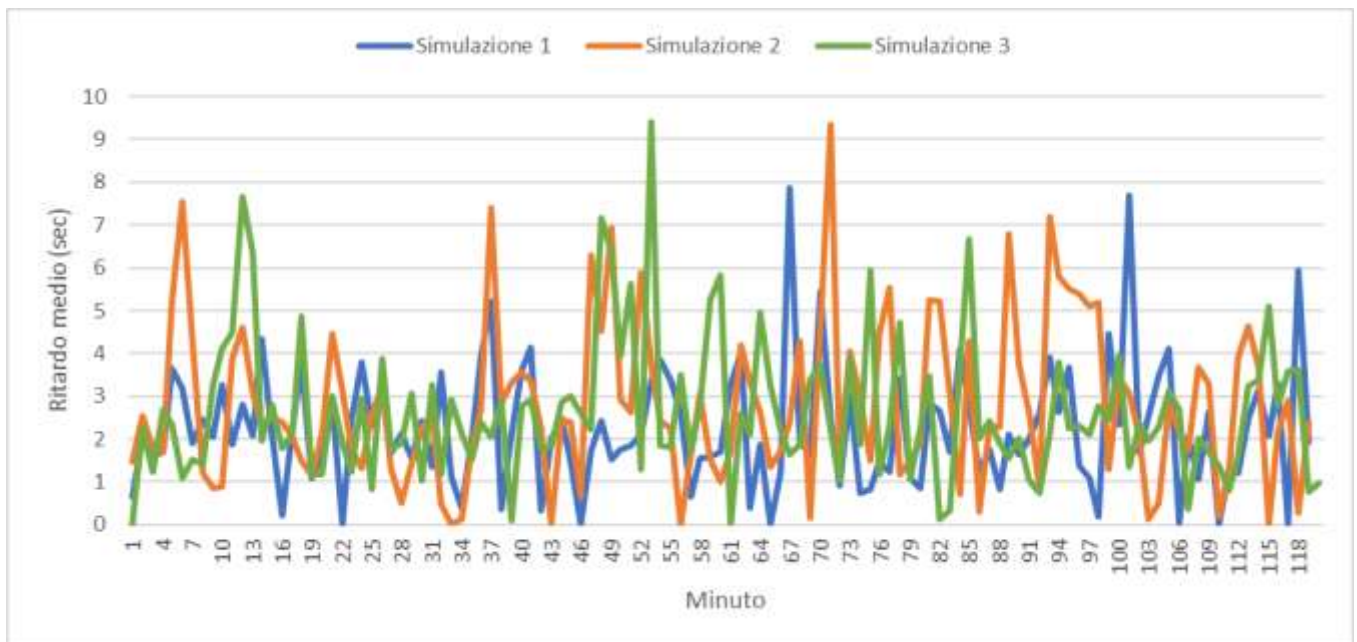


Fig. 2.3 - Il ritardo medio sul ramo Nord

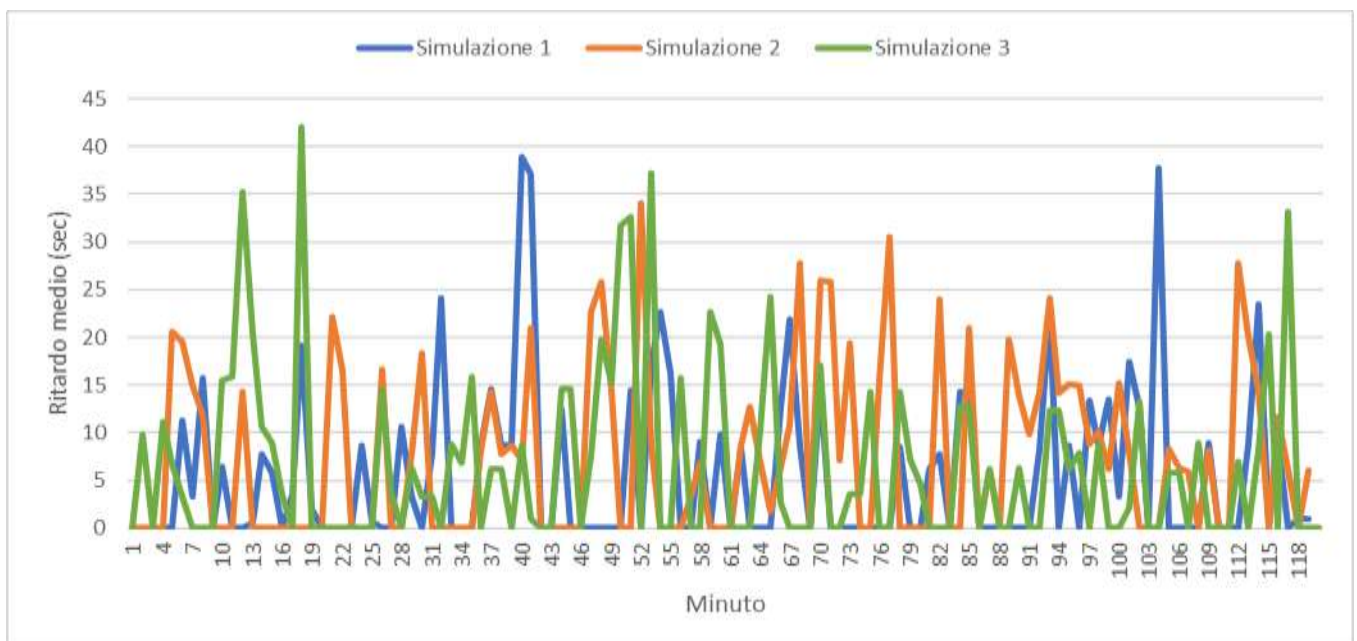


Fig. 2.4 - La lunghezza di coda massima sul ramo Nord

Ramo Est

I ritardi (v. Fig. 2.5) variano da zero secondi fino ad un massimo di 10 secondi con un valore di ritardo medio di un secondo a cui corrisponde un livello di servizio A. La media delle lunghezze di coda massime sono zero metri (v. Fig. 2.6).

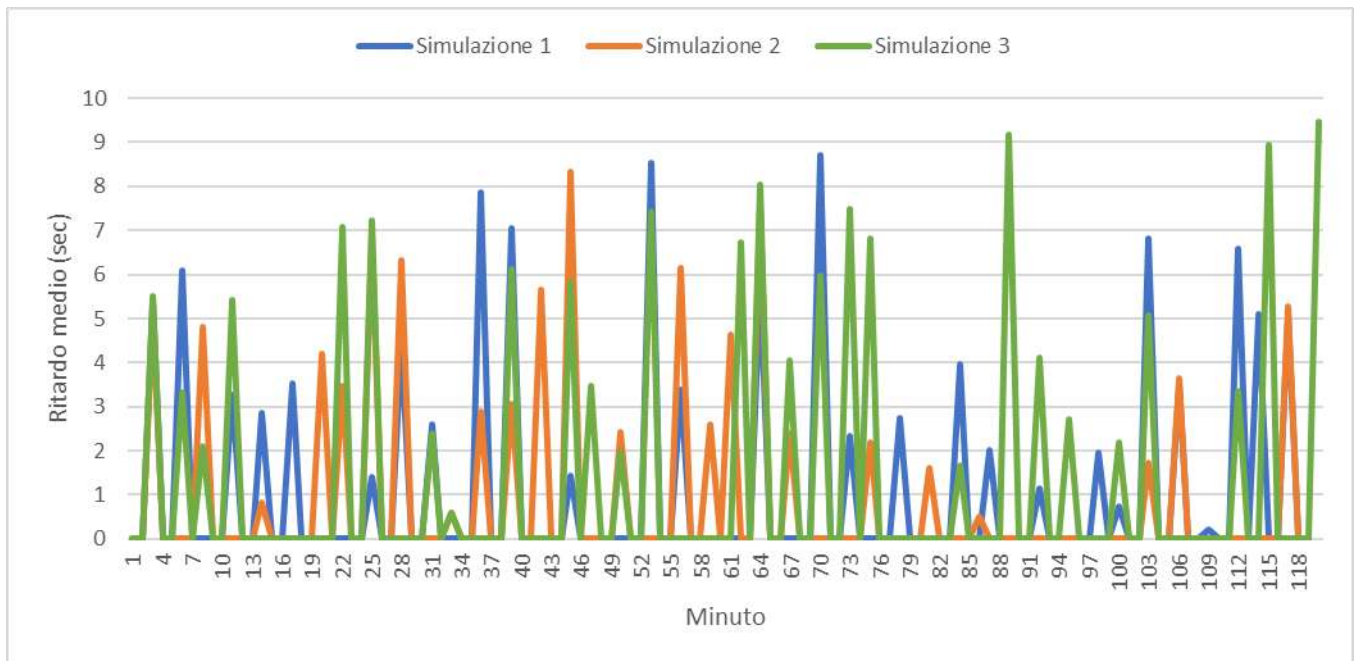


Fig. 2.5 - Il ritardo medio sul ramo Est

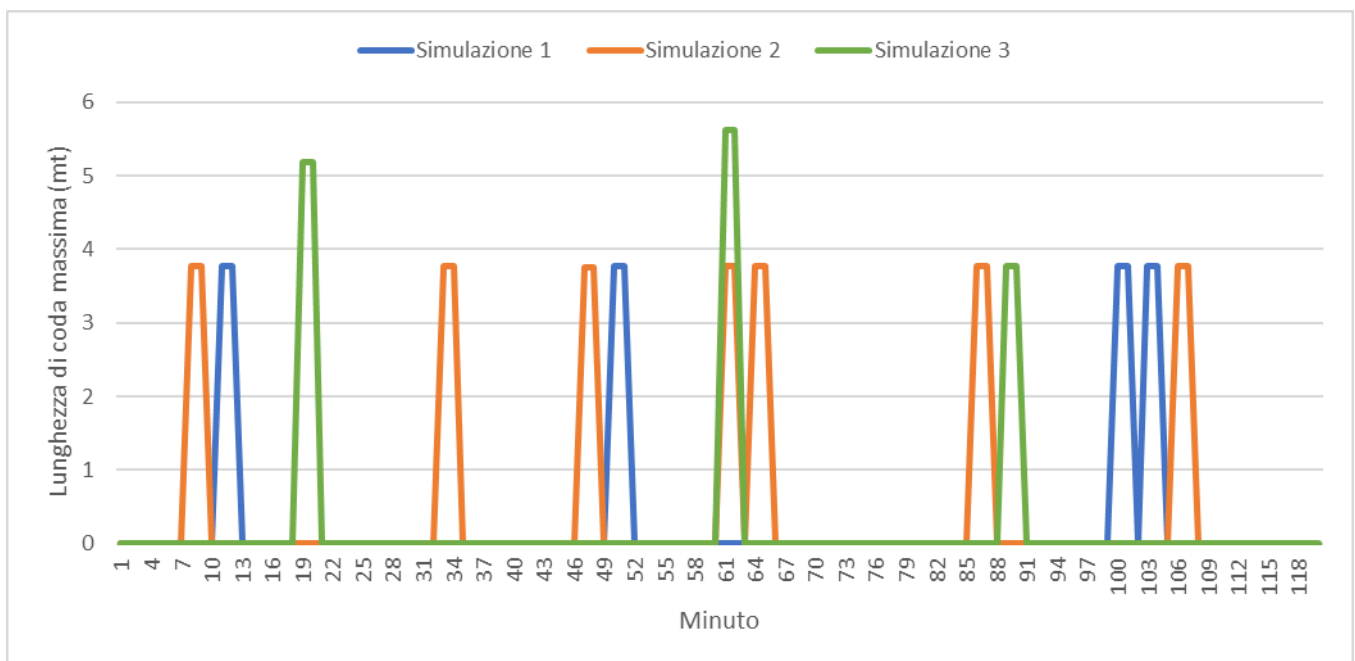


Fig. 2.6 - La lunghezza di coda massima sul ramo Est

Ramo Sud

I ritardi (v. Fig. 2.7) variano da zero secondi fino ad un massimo di 11 secondi con un valore di ritardo medio di 4 secondi a cui corrisponde un livello di servizio A. Le lunghezze di coda massime variano da zero a 88 metri con una media di circa 12 metri corrispondenti a circa due veicoli (v. Fig. 2.8).

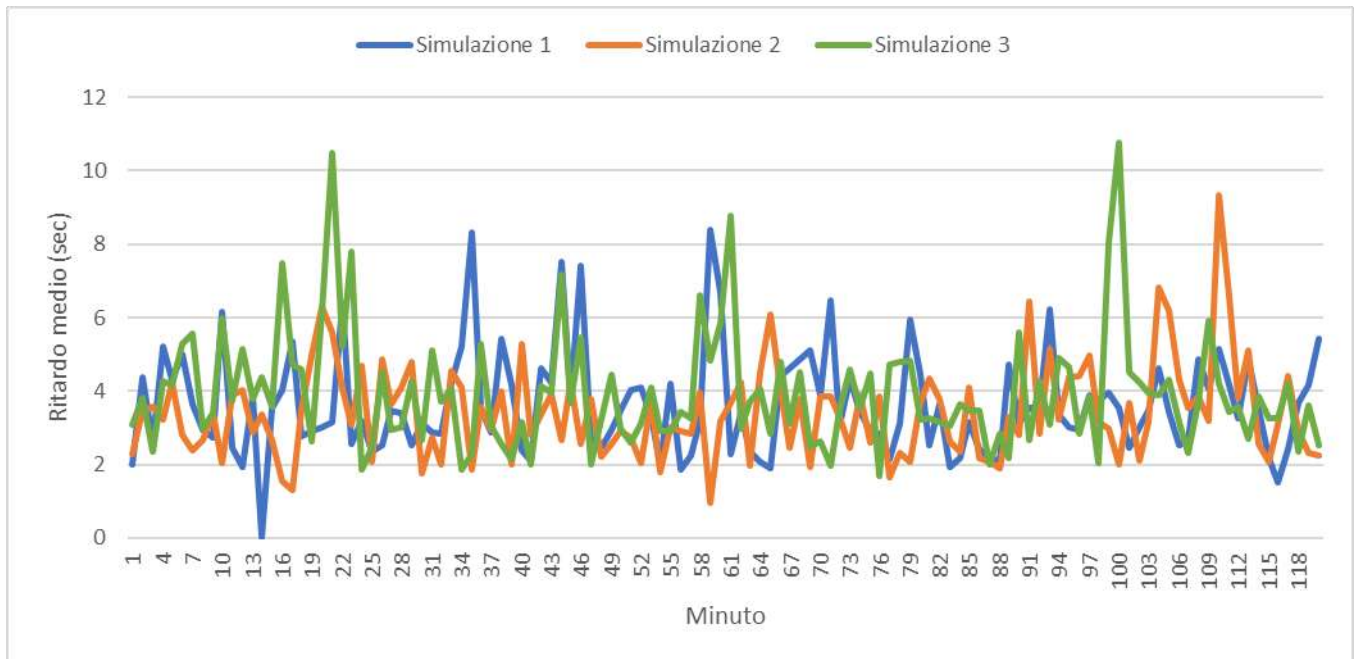


Fig. 2.7 - Il ritardo medio sul ramo Sud

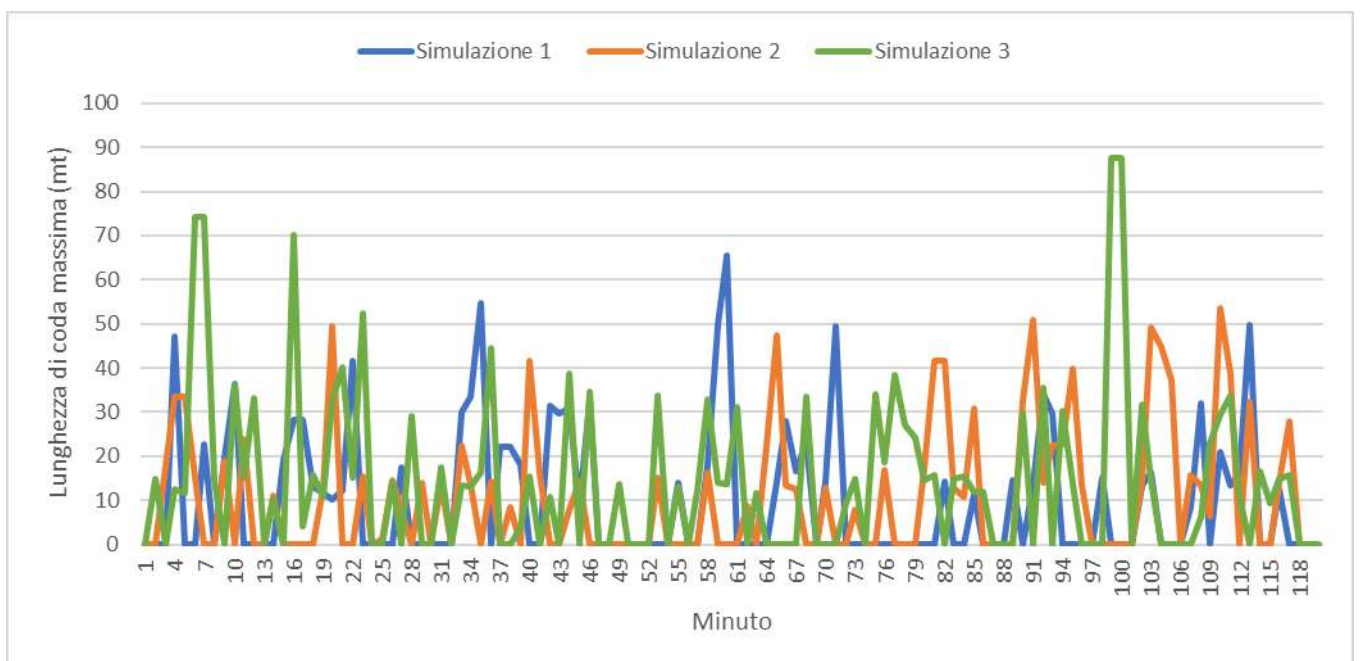


Fig. 2.8 - La lunghezza di coda massima sul ramo Sud

Ramo Ovest

I ritardi (v. Fig. 2.9) variano da zero secondi fino ad un massimo di 33 secondi con un valore di ritardo medio di 8 secondi a cui corrisponde un livello di servizio A. Le lunghezze di coda massime variano da zero a 108 metri con una media di circa 19 metri corrispondenti a circa tre veicoli (v. Fig. 2.11).

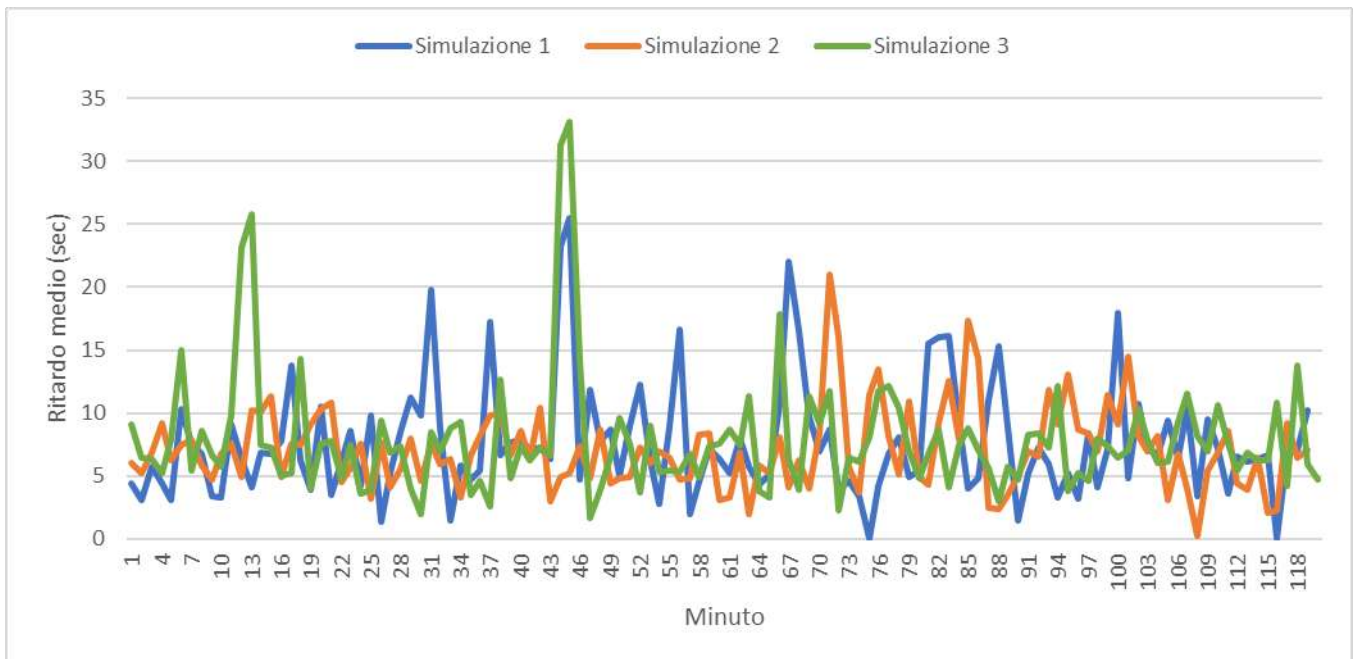


Fig. 2.9 - Il ritardo medio sul ramo Ovest

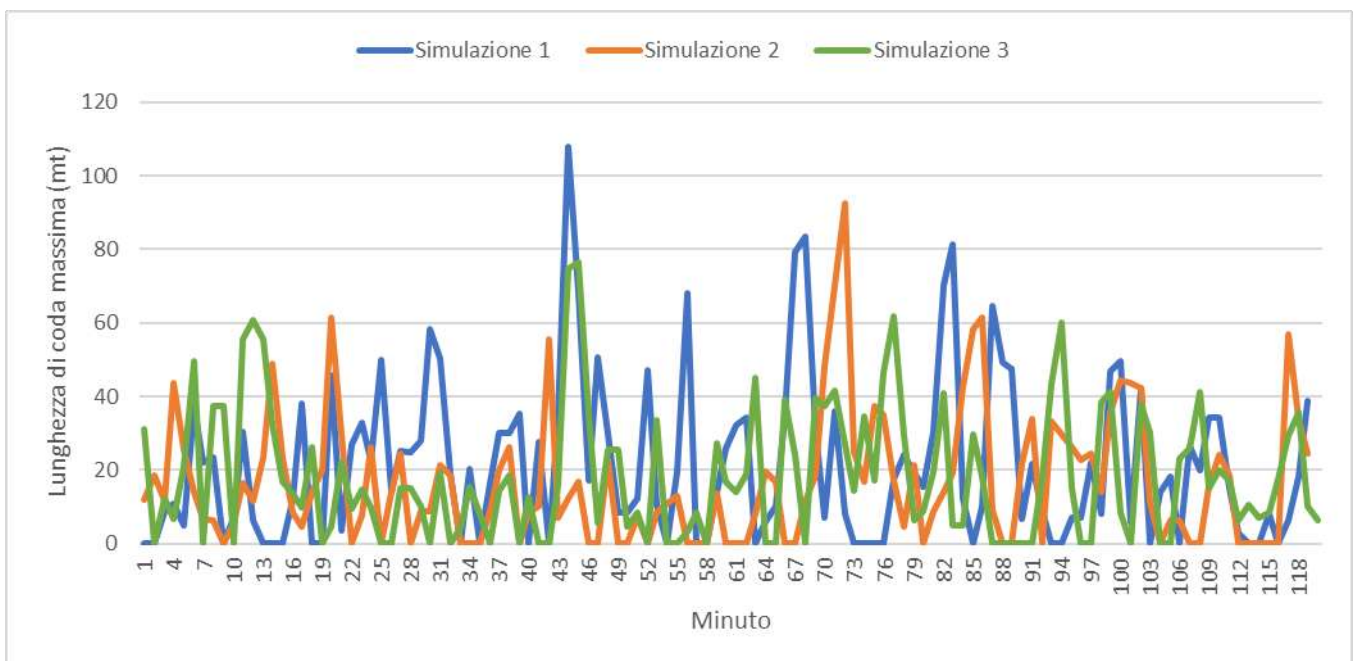


Fig. 2.10 - La lunghezza di coda massima sul ramo Ovest

Di seguito, in Tab. 2.2, si riportano i risultati delle simulazioni ed in figura 2.11 una immagine della micro-simulazione della rotatoria.

Ramo	L.O.S.	Lunghezza di coda massima (mt)
Nord	A	7
Est	A	0
Sud	A	12
Ovest	A	19

Tab. 2.2 - *Riassunto dei risultati della simulazione*



Fig. 2.11 - *Visualizzazione della micro-simulazione in tridimensionale*

In conclusione, la rotatoria analizzata garantisce condizioni di deflusso complessivamente ottimali, con ritardi medi contenuti e livelli di servizio sempre pari ad A.

Il ramo Nord e il ramo Est mostrano valori di ritardo e di coda trascurabili, il ramo Sud presenta un lieve incremento dei ritardi e delle lunghezze di coda, comunque compatibili con un livello di servizio ottimale. Il ramo Ovest, collegato direttamente con l'autostrada, evidenzia i valori più elevati sia in termini di ritardo medio che di coda, risultando il ramo più sollecitato dall'intersezione; nonostante ciò, i parametri rimangono entro limiti pienamente accettabili.

La simulazione conferma quindi la capacità della rotatoria di smaltire efficacemente i flussi veicolari, senza condizioni di congestione e con un livello di servizio ottimale in tutte le manovre.