



Analisi trasportistica degli effetti della Variante al Piano di Recupero di un'area industriale posta in via Lucchese nel comune di Sesto Fiorentino

Elaborazioni:



Oggetto	Relazione
Commessa	C222 – 3
Revisione	01.00
Gruppo di Lavoro	ing. Luigi Costalli ing. Martina Farsi
Approvato	ing. Camilla Baroncelli
Data di emissione	Agosto 2020

Sommario

1	PREMESSA	4
1.1	Processo metodologico	4
1.2	Descrizione del contesto di analisi	6
1.3	Cenni sul modello di trasporto multimodale a 4 stadi	6
2	INQUADRAMENTO DEL TRAFFICO NELL'AREA	9
2.1	Rilevamento del traffico lungo via Lucchese	9
2.2	Applicazione della catena modellistica e risultati	11
3	MODELLO DI MICROSIMULAZIONE	13
3.1	Ritaglio del sotto-modello dell'area di analisi	14
3.2	Calibrazione del modello di microsimulazione	15
4	STIMA DEL TRAFFICO INDOTTO	18
4.1	Piano di recupero in variante	18
4.2	Piano di recupero approvato	21
4.3	Distribuzione dei viaggi	25
5	Risultati degli scenari	28
5.1	Cenni sul Livello di Servizio	28
5.2	Introduzione ai risultati	29
5.3	Scenario Tendenziale (Do Nothing)	29
5.4	Scenario Piano di Recupero Approvato	31
5.5	Scenario variante	32
5.6	Confronto dei risultati	34
6	Conclusioni	36

1 PREMESSA

Il presente studio si pone l'obiettivo di valutare l'impatto sulla viabilità esistente del traffico generato a seguito della variante ad un intervento di recupero a destinazione industriale di un'area che sorge all'interno del comune di Sesto Fiorentino, nella zona di Osmannoro, più precisamente tra via Lucchese e l'autostrada A1

L'analisi trasportistica è condotta su due livelli, distinti tra loro per approccio modellistico e dimensione dell'area di studio. Nella prima fase è stato utilizzato un modello macro di dimensione *area vasta* comprendente non solo l'area di studio, ma tutta l'estensione dell'area metropolitana fiorentina, in grado quindi di individuare i diversi percorsi utilizzati per gli spostamenti origine-destinazione in questo dominio. I risultati di questo primo livello di analisi sono stati utilizzati come dato di input per un modello di microsimulazione dell'area specifica di studio.

L'approccio è orientato all'analisi di 2 scenari, a cui si aggiunge quello senza alcun tipo di intervento per la ricostruzione dello scenario generale:

- Scenario tendenziale di calibrazione dei modelli (*do nothing*)
- Scenario di riferimento corrispondente a quello del Piano di recupero approvato dal Comune di Sesto Fiorentino
- Scenario variante che implementa la Variante del Piano di recupero, a seguito dell'acquisto dell'area da parte di un unico gruppo industriale .

L'intervento di recupero, in entrambi gli scenari progettuali, ha come conseguenza la rivalorizzazione dell'area ai fini produttivi e commerciali e comporta quindi l'aumento del numero di addetti: è prevedibile quindi un incremento di flussi in origine e destinazione nell'area, data anche l'assenza di alternative modali all'utilizzo dell'auto privata. Alla luce della destinazione d'uso industriale-commerciale-artigianale è prevedibile in ogni caso che il traffico si concentrerà soprattutto nelle ore di punta, quando gli addetti si muovono da/per il posto di lavoro.

1.1 Processo metodologico

Per la presentazione della Variante al Piano di Recupero, si sceglie da un punto di vista metodologico di valutare in modo dettagliato gli impatti tramite **modello di microsimulazione della viabilità circostante**, in modo da poter analizzare le conseguenze dell'aumento del numero dei veicoli sulle condizioni di deflusso ed, in generale, sulle prestazioni della rete viaria. Per la ricostruzione della domanda di spostamenti nello stato *do nothing* è però necessario utilizzare un modello di domanda a macroscale, capace di rappresentare il traffico non solo originato o destinato, ma anche di attraversamento dell'area di analisi. Quindi, a partire dal modello di trasporto multimodale a 4 stadi dell'intera area metropolitana fiorentina, già sviluppato dai

progettisti per altri studi insistenti nell'area, si procede all'estrazione del sotto-modello relativo alla zona di interesse. In particolare, una volta applicati i primi 3 stadi della catena modellistica (generazione-distribuzione-scelta modale), si trascura il modello di assegnazione pubblica, lavorando per il caso in studio sul modello di scelta del percorso del traffico veicolare privato.

Nel dettaglio i passaggi condotti sono:

- Applicazione della catena modellistica a 4 stadi di tipo macro fino all'assegnazione della scelta del percorso del traffico privato su tutta l'area metropolitana fiorentina;
- Ritaglio del sotto-modello di trasporto di tipo macro dell'area di studio nello scenario zero *do nothing* (senza alcun piano di recupero);
- Stima del numero di trips aggiuntivi destinati ed originati dall'area nell'ora di punta di un giorno feriale medio nello scenario con piano di recupero approvato, mediante la metodologia ITE;
- Distribuzione dei viaggi tra le varie origine-destinazioni possibili, in proporzione alla distribuzione territoriale della popolazione e degli addetti, come desumibile dalla matrice di domanda Origine-Destinazione generale;
- Ricostruzione e calibrazione della rete di offerta di trasporto privato di microsimulazione;
- Aggiunta dei trips alla matrice di domanda Origine-Destinazione del modello micro dello scenario di riferimento;
- Stima del numero dei volumi di domanda aggiuntivi destinati ed originati dall'area nell'ora di punta di un giorno feriale medio nello scenario con piano di recupero in variante, alla luce delle informazioni fornite dalla proprietà sugli addetti ed i turni di lavoro;
- Distribuzione dei viaggi tra le varie origine-destinazioni possibili, in proporzione alla distribuzione territoriale della popolazione e degli addetti;
- Aggiunta dei trips alla matrice di domanda Origine-Destinazione del modello micro dello scenario variante;
- Microsimulazione dei flussi nell'ora di punta del mattino dei tre scenari, differenti per la domanda di trasporto contenuta nelle matrici Origine-Destinazione ma analoghi per infrastruttura di offerta;
- Confronto tra i risultati dei due scenari piani di recupero ed analisi dell'evoluzione rispetto allo scenario *do nothing*.

Sebbene il modello micro abbia come input i dati del macro ritagliati sull'area di studio, i risultati dei due modelli sono solo in parte confrontabili e sovrapponibili. Infatti il modello micro, a differenza del macro, permette di considerare le perturbazioni sulla viabilità dovute alle intersezioni ed alle interazioni tra i singoli veicoli, riproducendo la normale dinamica di deflusso in ambito urbano ed i meccanismi di formazione delle code. Questo elemento comporta una perdita di capacità degli archi afferenti alle intersezioni più congestionate

rispetto ai corrispondenti del macro, in cui le intersezioni sono rappresentate semplicemente attraverso elementi puntuali.

1.2 Descrizione del contesto di analisi

L'area oggetto di studio è ubicata nel comune di Sesto Fiorentino, in Via Lucchese. In figura è riportata la vista aerea della zona.



Figura 1 - Vista aerea della zona oggetto di intervento

Nonostante l'area confini con l'autostrada A1, è possibile accedervi solo da via Lucchese, tramite svolta non regolata da semaforo. Non è previsto in nessun scenario di modificare l'accessibilità dell'area da altre viabilità.

1.3 Cenni sul modello di trasporto multimodale a 4 stadi

In questo capitolo vengono presentate le caratteristiche principali e le ipotesi su cui è sviluppato il modello di trasporto di tipo macro, i cui risultati costituiscono l'input per il modello di microsimulazione. Di seguito vengono presentate l'area di studio e una breve descrizione delle principali caratteristiche della domanda e dell'offerta del modello di trasporto analizzato.

Il modello di trasporto alla base dell'applicazione metodologica sviluppata nel presente lavoro si compone, oltre che di un modello di scelta del percorso (4° stadio: assegnazione), di tre differenti modelli di domanda:

- il modello di generazione;
- il modello di distribuzione;
- il modello di ripartizione modale.

Il modello di generazione dell'utenza sistematica (suddivisa tra addetti e studenti) è stato calibrato a partire dalla banca dati ISTAT relativa al pendolarismo 2011 e corretto sulla base di un'indagine telefonica relativa alle abitudini di spostamento della popolazione dell'area metropolitana fiorentina svolta nell'anno 2014, oltre che aggiornato in base ai dati anagrafici pubblicati da Istat sulla base delle comunicazioni anagrafiche dei Comuni.

Definito il numero di emessi per ogni zona, il modello di distribuzione consente di suddividere ciascun movimento nelle possibili destinazioni: anche esso, come il modello di generazione, è stato calibrato a partire dalle banche dati sul pendolarismo ISTAT e aggiornato in base alle indagini telefoniche ed alla distribuzione dei poli attrattivi (università, grandi aree direzionali, poli scolastici, per minimizzare gli scarti con la distribuzione ISTAT e per evitare un fenomeno di eccessivo sprawling.

Il modello di scelta modale è di tipo logistico e considera le seguenti modalità di trasporto:

- mezzo auto;
- mezzo pubblico;
- motocicli;
- biciclette;
- pedoni.

A valle dell'applicazione dei primi tre stadi, il modello include uno step di aggiunta della domanda non sistematica modale (distinta tra privato e pubblico, trascurando le modalità deboli), ricostruita a partire dalla correzione delle matrici di domanda sulla base di dati di traffico veicolare e conteggi saliti/discesi sulla rete pubblica.

L'assegnazione della domanda di trasporto all'offerta avviene in modo separato per componenti, in particolare:

1. assegnazione all'equilibrio della componente privata;
2. assegnazione mista della componente park&ride, estratta dall'assegnazione a frequenza in base al costo generalizzato del percorso tutto auto rispetto a quello auto+TPL;
3. assegnazione a frequenza della componente pubblica.

Come detto, nel caso oggetto di studio, si considera la sola componente privata per alimentare il modello di microsimulazione.

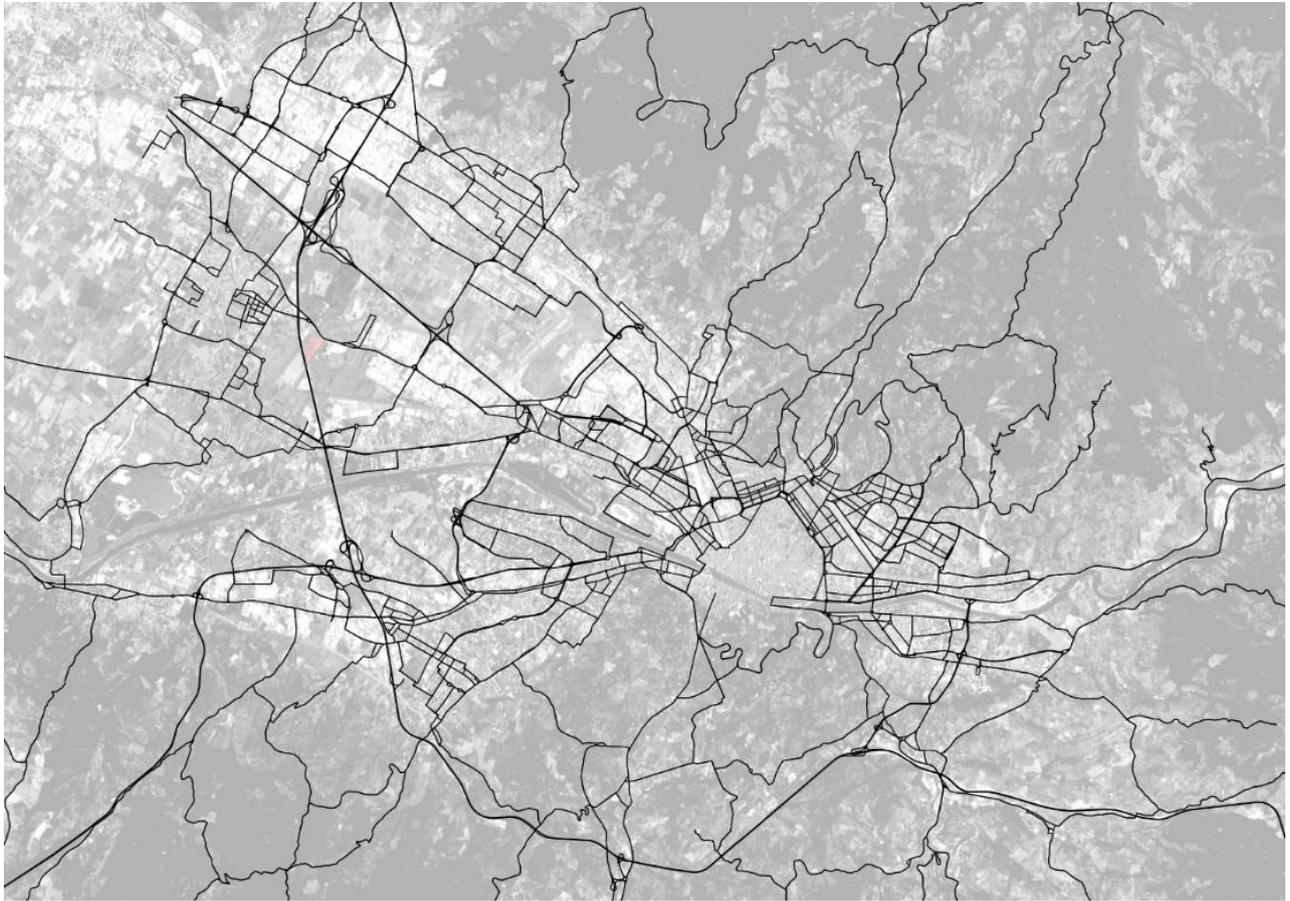


Figura 2 – Estensione della rete del modello di trasporto macro

2 INQUADRAMENTO DEL TRAFFICO NELL'AREA

2.1 Rilevamento del traffico lungo via Lucchese

L'arteria di maggior interesse per l'analisi in oggetto è via Lucchese, dove si innesta la viabilità di ingresso/uscita dall'area di recupero.

Nel mese di Marzo 2019 sono stati effettuati dei rilievi di traffico tramite conta-traffico radar in continuo 7 giorni per 24 h proprio in corrispondenza dell'innesto della viabilità interna all'area industriale, nella posizione indicata in particolare nella figura seguente.



Figura 3: Posizione di installazione dei radar contatraffico

Il rilievo mostra come la domanda di traffico lungo questa arteria sia molto elevata, con una punta mattutina distribuita uniformemente su una fascia oraria di 2 ore e il superamento del valore di 1000 veh/h per direzione per almeno 8 ore nel corso della giornata. Nell'ora di punta mattutina si registra il flusso prevalente in direzione Firenze, con punte di autovetture pari superiori a 1400 veh/h per direzione e un volume totale di circa 1600 veh/h; in direzione Campi Bisenzio nella medesima fascia oraria si registrano circa 700 veh/h.

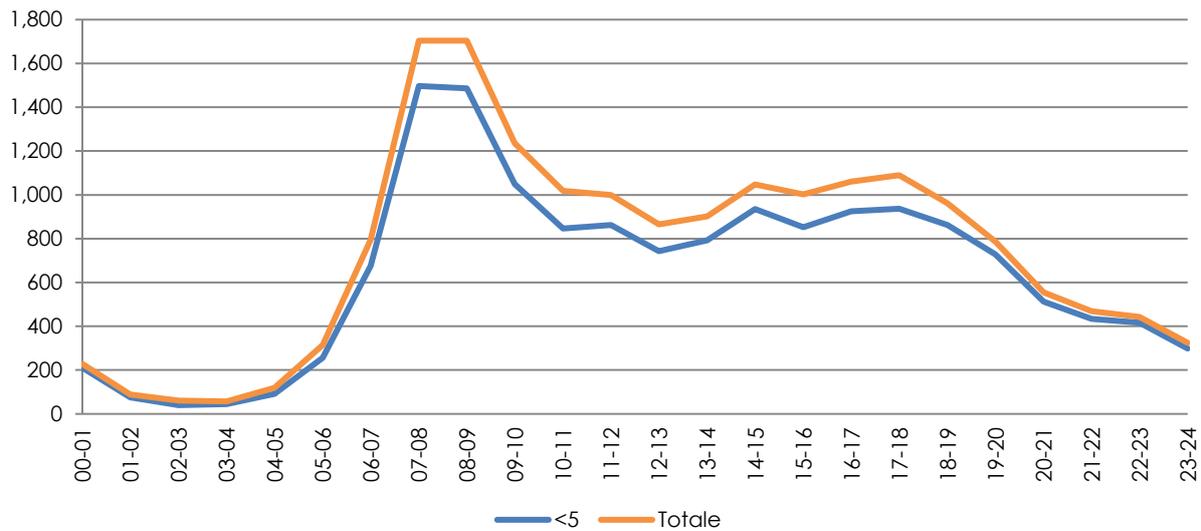


Figura 4: Andamento del traffico giornaliero registrato in direzione Firenze (autoveicoli e totale)

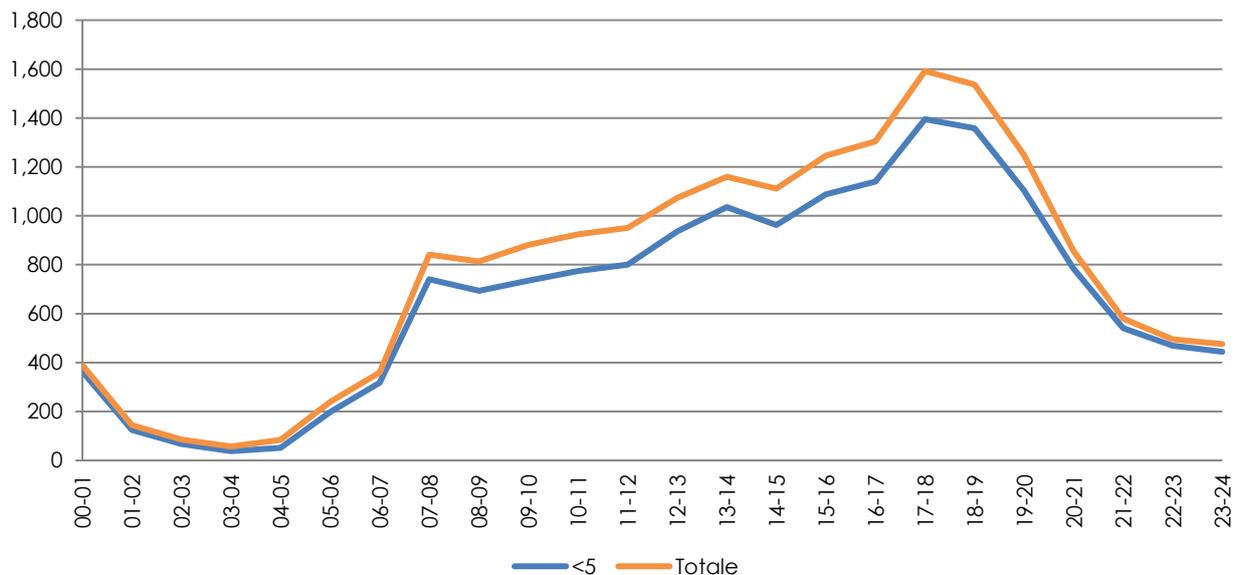


Figura 5: Andamento del traffico giornaliero registrato in direzione Campi Bisenzio (autoveicoli e totale)

I veicoli commerciali leggeri valgono circa l'11% delle autovetture private, mentre i mezzi pesanti meno dell'1.5%.

Nel corso della medesima campagna di indagini è stata rilevata anche la velocità di percorrenza, restituita per intervalli di 15 minuti: è interessante notare come nella fascia oraria di punta al massimo il 15% dei veicoli abbia percorso via Lucchese nel tratto di analisi ad una velocità inferiore a 30 km/h, con una moda invece di 60 km/h: questo significa che il flusso registrato per direzione non comporta saturazione della capacità reale dell'arteria e permette di stabilire **una capacità teorica di 1600 veh/h per corsia per direzione.**

2.2 Applicazione della catena modellistica e risultati

L'applicazione della catena modellistica completa porta al risultato finale dell'assegnazione della domanda modale alla rete corrispondente. Il modello permette quindi di individuare i percorsi utilizzati dagli utenti per spostarsi lungo le varie relazioni Origine-Destinazione e, di conseguenza, di valutare i livelli di utilizzo di ogni arco e confrontarli con la capacità disponibile. Più in particolare, risulta d'interesse in questo caso l'assegnazione della domanda di traffico privato alla rete stradale.

Nella figura seguente si riporta il flussogramma risultante dall'assegnazione della domanda espressa in veicoli equivalenti nello scenario tendenziale costruito a partire dai dati dell'anno di riferimento 2019: lo spessore degli archi è proporzionale al flusso assegnato, mentre il colore dipende dal livello di utilizzo della capacità disponibile. Si nota chiaramente che alcune tratte sono sovra-utilizzate con un elevato livello di congestione. Nell'area di interesse questo vale per l'asse Osmannoro-Cantone, il nodo di Peretola e l'A11 in direzione Firenze.

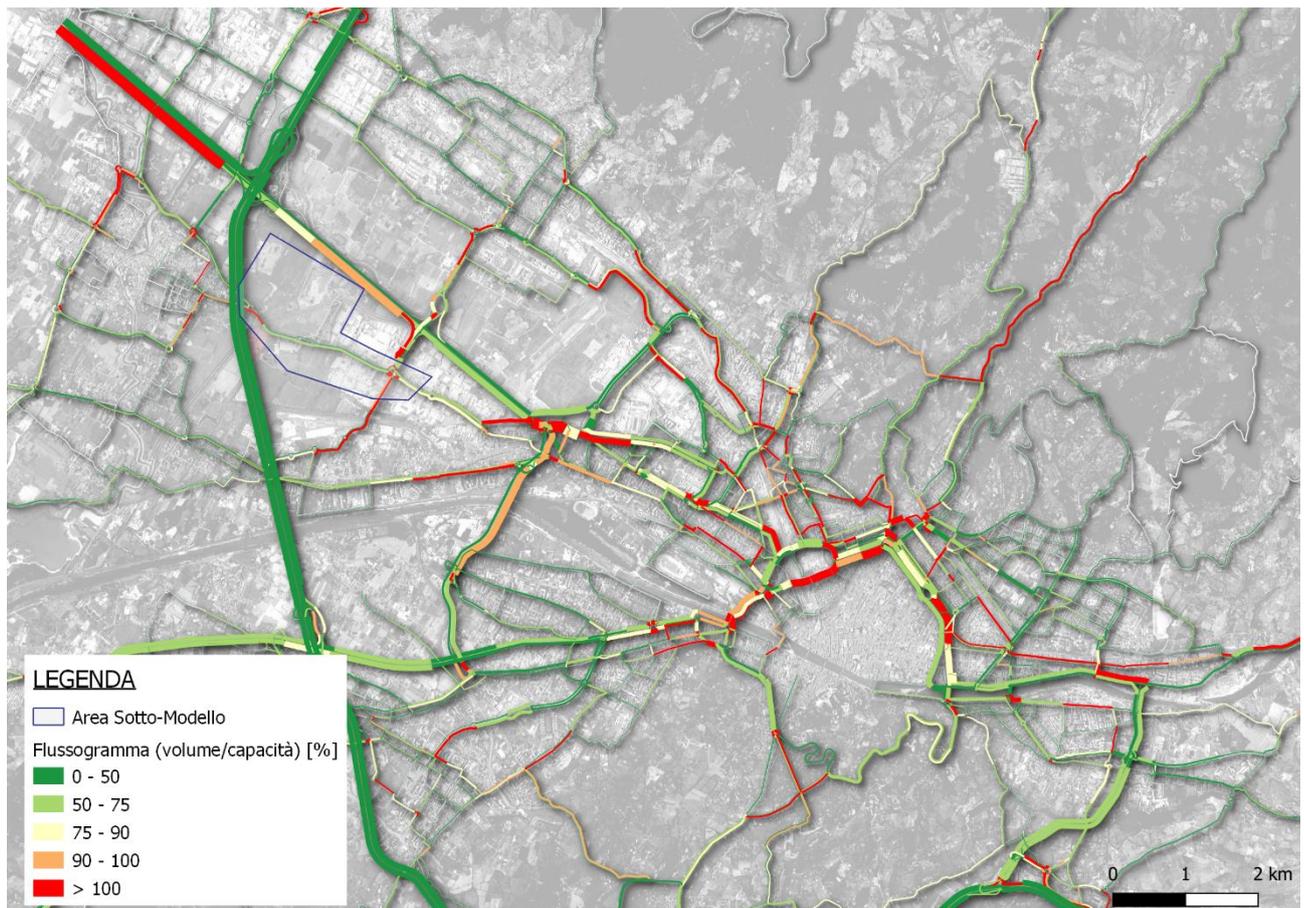


Figura 6: Diagramma indicativo del rapporto tra volume di traffico assegnato e capacità nominale degli archi (flussogramma) secondo l'assegnazione nel modello di trasporto macro dell'area metropolitana - scenario attuale, ora di punta

Il modello restituisce valori di traffico lungo al Lucchese comparabili con quelli rilevati e, alla luce di quanto stabilito nel paragrafo precedente, tale condizione non comporta però congestione lungo l'arteria stradale.

Questa condizione rappresenta la base di intervento su cui si aggiunge negli scenari di intervento il traffico generato dall'area oggetto di recupero.

3 MODELLO DI MICROSIMULAZIONE

Il modello di microsimulazione permette di verificare le prestazioni del sistema alla luce dell'interazione veicolo-veicolo: è particolarmente indicato per valutare scenari urbani dal momento che, al contrario di un modello macro, considera -tra le altre- le reazioni esatte dei veicoli alle intersezioni e lungo i tronchi di scambio, che comportano generalmente una perdita di capacità rispetto a quella dovuta ai soli archi della rete. In contesti particolarmente congestionati o in presenza di molte intersezioni semaforizzate, è probabile che il modello restituisca risultati molto diversi rispetto a quelli di un modello macro. Di contro, il modello di tipo micro richiede una quantità di informazioni di dettaglio, che non sono sempre disponibili, ma che influenzano in modo determinante il risultato ottenuto. In particolare devono essere implementati nel modello:

1. la disciplina della circolazione;
2. i tempi delle varie fasi dei piani semaforici;
3. i parametri che descrivono le reali reazioni degli utenti in corrispondenza di intersezioni e svolte.

Con riferimento particolare a quest'ultimo aspetto, si sottolinea come tali parametri non siano univoci, ma dipendano dal contesto sociale, e possono variare anche per la singola intersezione all'interno dello stesso scenario: a puro titolo di esempio basta pensare che generalmente utenti abituali che provengono da archi congestionati e fortemente rallentati hanno una minor disponibilità di attesa in corrispondenza delle intersezioni regolate da "dare precedenza" come le rotatorie.

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

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

3.1 Ritaglio del sotto-modello dell'area di analisi

Come accennato in premessa, il ritaglio di un sotto-modello è una procedura modellistica che permette di estrarre la matrice di domanda Origine-Destinazione per un'area di analisi di estensioni minore da un modello di un'area vasta, tramite l'analisi dell'utilizzo dei percorsi Origine-Destinazione da parte della domanda complessiva. E' quindi possibile individuare non solo la domanda originata e destinata all'area di analisi, ma anche trasformare in domanda diretta l'utenza di attraversamento dell'area di analisi stessa. Per effettuare il ritaglio della domanda insistente sull'area di interesse specifico, si è individuato un poligono idoneo attorno alla zona oggetto di studio.

Il dettaglio del modello ritagliato è riportato nella figura sottostante. La rete di analisi è costituita dall'asse di via Lucchese in prossimità dell'area oggetto di recupero e dal suo sviluppo lato Campi Bisenzio fino alla biforcazione tra via Buozzi e via Paolieri e lato Sesto Fiorentino fino all'intersezione con via dell'Osmannoro. Dal momento che si accederà all'area solo da quest'asse viario, non assume alcun valore aggiunto estendere oltre la viabilità di analisi su cui valutare gli effetti dell'intervento, dati i livelli di traffico medi nell'area.



Figura 7 -Sotto-modello di tipo macro ritagliato

Il grafo e la matrice di domanda origine-destinazione per lo scenario di non intervento così ritagliato viene poi rielaborato sul software Aimsun Next per simulare i flussi dell'ora di punta con un'assegnazione di tipo dinamico della domanda di trasporto. La domanda di trasporto che si assegna nel modello di microsimulazione, rappresentata da una matrice O/D tra i centroidi rappresentati in figura, si ottiene dal ritaglio della matrice complessiva del modello macro.

L'area di studio risultante è stata scelta in modo da includere i seguenti principali assi viari:

- Via dell'Osmannoro;
- Via Lucchese;
- Via Pratese al confine comunale tra Firenze e Sesto Fiorentino
- Via del Cantone.

Dal processo di ritaglio del sotto-modello si ottiene una matrice oraria di auto private di circa 3450 veh, 400 veh commerciali leggeri (pari all'11.5% delle auto) e 55 mezzi pesanti (1,6%).

3.2 Calibrazione del modello di microsimulazione

Il modello è stato calibrato sulla base del comportamento degli utenti nell'ora di punta della mattina per ricreare i fenomeni osservati sulla rete tramite i rilievi di traffico e la floating car.

Per ciascuna delle tre classi di utenza considerate è stato impostato un range diverso per i parametri di accelerazione, velocità massima desiderata, tempo di reazione in corrispondenza delle intersezioni non semaforizzate, tempo di reazione in corrispondenza delle intersezioni semaforizzate, aggressività, ecc. Con particolare riferimento al profilo comportamentale degli utenti, si sottolinea come la calibrazione del modello abbia richiesto l'implementazione di profili di automobilisti aggressivi, con una bassa soglia di attesa in corrispondenza delle intersezioni e un'alta predisposizione al cambio corsia non prudente (60%): questi valori garantiscono una buona riproduzione delle dinamiche reali e sono tipici dei contesti altamente congestionati e frequentati da utenti abituali.

Il modello di costruzione delle alternative di percorso correla l'attrattività di ogni arco alla sua capacità ed al tempo di percorrenza a flusso libero; la formulazione del costo iniziale di ogni arco c_j è la seguente:

$$c_j = t_j + \varphi t_j (1 - CL_j/CL_{max}) + \omega \tau$$

dove:

t_j : tempo di percorrenza in condizioni di flusso libero;

CL_j : attrattività dell'arco (con CL_{max} attrattività massima nella rete di offerta); in questo caso l'attrattività è rappresentata dalla capacità funzionale dell'arco;

t: eventuale costo aggiuntivo, specifico dell'arco.

Il processo di calibrazione ha portato all'individuazione di specifici valori, oltre che per il parametro di scala del Logit, per i coefficienti che influenzano le diverse alternative di percorso, vale a dire il peso dell'attrattività di ogni arco ($\phi=4$) e quello del costo ($\omega=2$). Inoltre sono stati definiti per ciascuna intersezione in modo specifico i valori di distanza per l'impostazione delle manovre di svolta o comunque le diversioni, i tempi di reazione di ciascun ramo di approccio alle rotatorie, il tasso di cooperazione dei tronchi di scambio e la capacità funzionale degli archi.

I coefficienti ed i parametri calibrati sullo scenario attuale sono stati mantenuti inalterati per gli scenari di recupero.



Figura 8: Inquadramento del modello di microsimulazione su software Aimsun Next

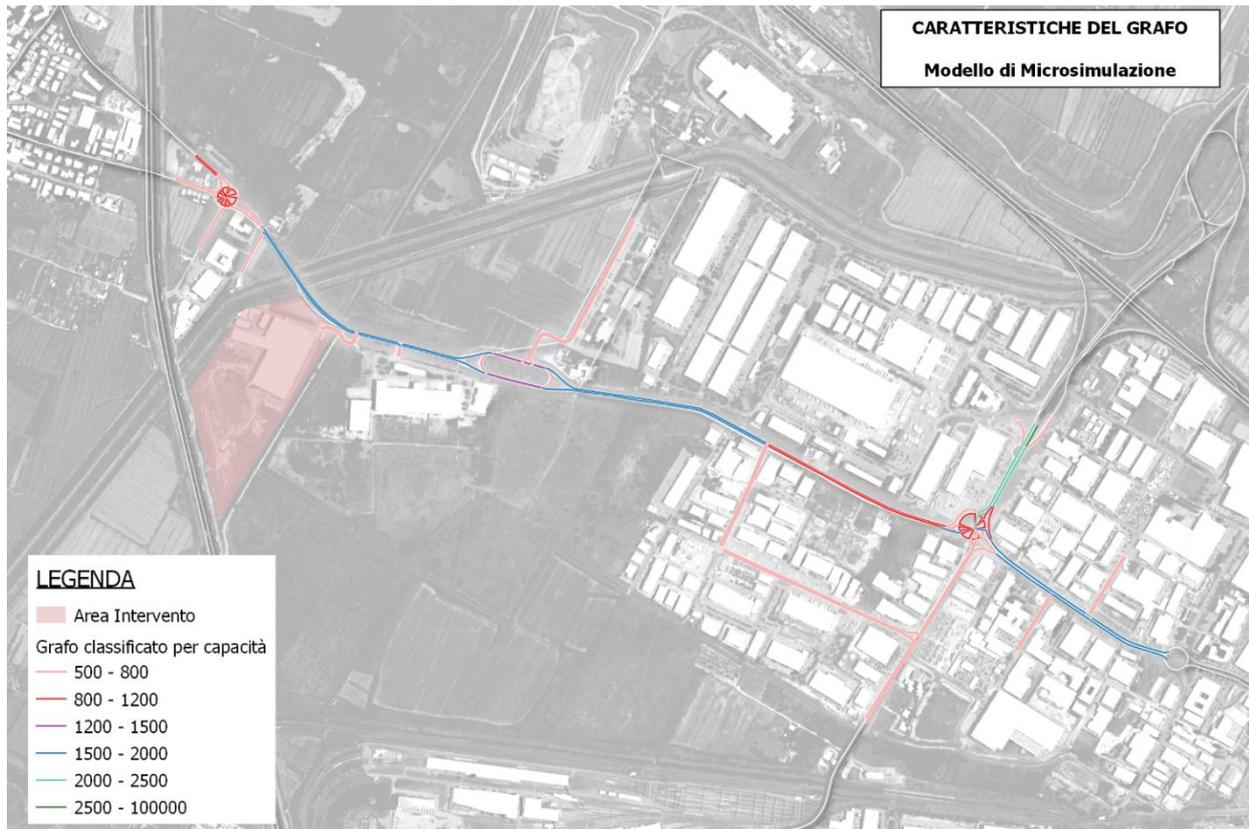


Figura 9: Grafo del micromodello classificato per capacità totale degli archi

4 STIMA DEL TRAFFICO INDOTTO

A seguito della realizzazione dell'intervento di recupero, il numero di *spostamenti (trips)* attratti e generati nell'area subirà un incremento rispetto allo scenario *do nothing*: i suddetti *trips* devono essere aggiunti alla matrice di domanda Origine-Destinazione ritagliata dal modello macro.

Per lo scenario relativo al Piano di Recupero approvato, si stimano gli utenti aggiuntivi attratti e generati mediante la metodologia ITE, mentre per quanto riguarda lo scenario del Piano di recupero variante il numero di spostamenti generati ed attratti è stato fornito dalla committenza sulla base del numero di addetti.

4.1 Piano di recupero in variante

I dati forniti (di cui si riporta il dettaglio in tabella) sono relativi alle diverse tipologie di lavoratori con le proprie fasce orarie di lavoro, per le due fasi di progetto.

Tabella 1 - Dati di addetti suddivisi per le relative fasce orarie forniti dalla proprietà

HIGH BAY WHAREHOUSE			
ANALISI FLUSSO IN INGRESSO MAGAZZINO INTENSIVO			
Fascia oraria: 9:00 - 17:00			
di un'area industriale posta in via Lucchese nel comune di Sesto Fiorentino -			
MEZZO: TRUCKS	INGRESSO	USCITA	NOTE
Valore medio ipotizzato	12	6	Raddoppiato valore medio
Valore di picco ipotizzato	16	12	Drive non raddoppiare il valore di picco ma incremento del 40%
Valore di picco ipotizzato	16	12	MEZZI PESANTI (CAMION, ecc...)

BUILDING PRODUZIONE		
ANALISI FLUSSO IN INGRESSO PERSONALE - HEAD COUNT CONSIDERATO 322 UNITA' (DATO DA CONFERMARE)		
HEAD COUNT DIPENDENTI		
MEZZO: AUTO - MEDIA DIMENSIONE	PERSONALE STIMATO	NOTE
Production Direct FTE	197	HP: 1_Incremento addetti produzione tenuto conto della nuova superficie-funzione dello step 2 incrementato di circa il 50%; 2_Tutto il personale amministrativo è stato incrementato di 1,5 volte considerando il nuovo building dedicato; 3_H 24 funzionamento; 4_La produzione lavora su tre turni; 5_C&Q lavora su 2 turni;
Production Indirect FTE	102	
Quality control FTE	90	
Quality Assurance FTE	44	
Engineering FTE	65	
Logistics FTE	29	
Planning FTE	17	
Purchases FTE	10	
Totale dipendenti	553	

PRODUZIONE/CQ	INGRESSO	USCITA	NOTE
Fascia oraria: 6:00 - 14:00	167	167	HP: 1_Cautelativamente è stata considerata la contemporaneità degli ingressi e delle uscite nonostante le fasce orarie siano shiftate. 2_La fascia oraria di accesso è compresa tra le 6:00 e le 9:00 (maggior affluenza); 3_La fascia oraria di uscita è compresa dalle 17:00 alle 20:00 (maggior affluenza);
Fascia oraria: 14:00 - 22:00	167	167	
Fascia oraria: 22:00 - 06:00	99	99	
Valore di picco ipotizzato	167	167	
ALTRE FUNZIONI	INGRESSO	USCITA	
Fascia oraria: 9:00 - 17:00	121	121	
Valore di picco totale ipotizzato	287	287	

Security Personnel			
Fascia oraria: 6:00 - 14:00	INGRESSO	USCITA	HP: 1_Numero 2 addetti nella controll room del buildig utilities - num. 4 addetti nel building gate; 2_Sono stati considerati, per ogni turno, 6 unità in ingresso e 6 unità in uscita; 3_Squadra di emergenza composta da 3 unità operante solo nel turno di notte
Valore continuo ipotizzato	6	6	
Fascia oraria: 14:00 - 22:00	INGRESSO	USCITA	
Valore continuo ipotizzato	6	6	
Fascia oraria: 22:00 - 06:00	INGRESSO	USCITA	
Valore continuo ipotizzato	9	9	

Kindergarden Personnel			
Fascia oraria: 9:00 - 17:00	INGRESSO	USCITA	HP: 1_Num. posti asilo input Menarini; 2_Di questi 40 posti una percentuale dovrà essere destinata ad esterni.

Valore continuo ipotizzato Dipendenti Asilo	15	15	Porzione di parcheggi pubblici in regime di sosta temporanea da destinare a famiglie esterne. Accesso da strada pubblica per ingresso asilo
Posti asilo totali	40	40	
Posti asilo asilo esterni (implicano un traffico in ingresso aggiuntivo)	15	15	

Canteen Personnel			
Fascia oraria: 10:00 - 16:00	INGRESSO	USCITA	
Personale addetto al servizio	7	7	HP: 1_Dati di riferimento Menarini, mensa Sette Santi circa 600 pasti giorni organizzati su turni
Personale addetto alla preparazione	7	7	
Valore continuo ipotizzato	14	14	

Maintenance Personnel			
Fascia oraria: 6:00 - 12:00	INGRESSO	USCITA	
Personale officina	6	6	HP: 1_Num 2 persone fisse addetti edifici HP; 2_Num 1 persona per edificio amministrativo
Squadra di intervento (squadra tipo 2 unità)	10	10	
Personale uffici e coordinamento	6	6	
Valore continuo ipotizzato	22	22	
Fascia oraria: 12:00 - 20:00	INGRESSO	USCITA	
Personale officina	6	6	HP: 1_Num 2 persone fisse addetti edifici HP; 2_Num 1 persona per edificio amministrativo
Squadra di intervento (squadra tipo 2 unità)	10	10	
Personale uffici e coordinamento	6	6	
Valore continuo ipotizzato	22	22	

	INGRESSO	USCITA	HP:
Numero di veicoli in ingresso allo stabilimento nel momento di picco (AUTO E VEICOLI DI MEDIE DIMENSIONI)	359	359	1_Fascia oraria di riferimento per valore di picco in ingresso: 6:00-9:00 2_Fascia oraria di riferimento per valore di picco in uscita: 17:00-20:00

Other Function/Contingency			
Fascia oraria: 9:00 - 17:00			
Forniture			E' STATO CONSIDERATO UN VALORE DI CONTINGENZA DEL 35% SUL TOTALE VEICOLI I INGRESSO NELLA CONDIZIONE DI PICCO
Addetti pulizie			
Approvvigionamento mensa			
Approvvigionamento officina			
Servizio isola ecologica			
Manutenzioni specialistiche			
Altre funzioni			

	INGRESSO	USCITA	HP:
Numero di veicoli in ingresso allo stabilimento nel momento di picco (AUTO E VEICOLI DI MEDIE DIMENSIONI)	485	485	1_Fascia oraria di riferimento per valore di picco in ingresso: 6:00-9:00 2_Fascia oraria di riferimento per valore di picco in uscita: 17:00-20:00

TOTALE VEICOLI IN INGRESSO ED USCITA PER VALORI DI PICCO IPOTIZZATI (Auto+Medie dimensioni+Traffico pesante)	USCITA	USCITA	HP:
	501	497	1_Fascia oraria di riferimento per valore di picco in ingresso: 6:00-9:00 2_Fascia oraria di riferimento per valore di picco in uscita: 17:00-20:00

Sulla base dei dati relativi agli addetti sono state individuate le seguenti fasce orarie di riferimento per il picco:

- Fascia 6-9 in ingresso;
- Fascia 17-20 in uscita.

Tabella 2 - Utenti originati e destinati, per classi veicolari, nell'area soggetta all'intervento di recupero nelle fasce orarie 6-9 in ingresso e 17-20 in uscita, indicate, rispettivamente, come punte del mattino e della sera

Classi Veicolari	Scenario SC_2	
	Ingresso	Uscita
Auto+Light	485	485
Auto+Light+Heavy	501	497

Dal momento che il modello di trasporto di tipo macro è riferito ad una singola ora di punta, si è deciso di assumere una distribuzione uniforme degli arrivi sulle 3 ore di punta e, di conseguenza, che su un'ora si sposti 1/3 degli utenti riportati in tabella. Si ottengono pertanto i *trips* aggiuntivi presenti nella tabella che segue.

Tabella 3 - Utenti originati e destinati riferiti ad una fascia oraria singola

Classi veicolari	Scenario SC_2	
	Ingresso	Uscita
Auto+Light	162	162
Auto+Light+Heavy	167	166

4.2 Piano di recupero approvato

Per quanto riguarda il piano di recupero approvato invece si dispone solo del numero di metri quadri di S.U.L. produttiva, differenziati per tipologia, per ciascuno dei lotti riportati in figura.

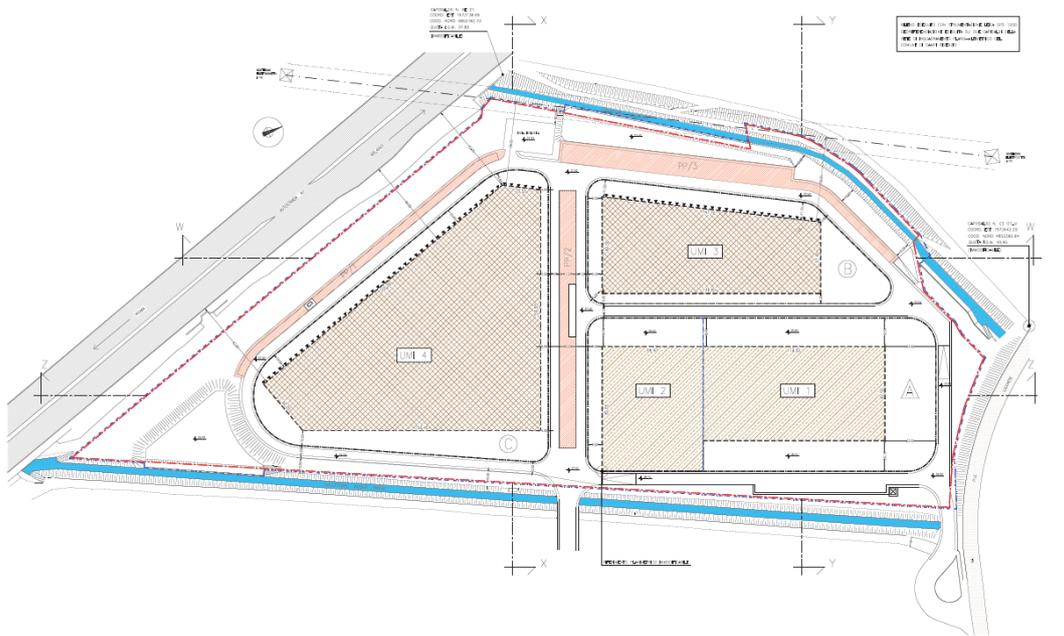


Figura 10 – Layout del Piano di recupero approvato

PIANO DI RECUPERO AREA EX LONGINOTTI																					
LOTTE	U.M.I.	SUPERFICIE TERRITORIALE	SUPERFICIE FONDIARIA	SUPERFICIE COPERTA	SUPERFICIE PERMEABILE	ALTEZZA MASSIMA	S.U.L. PRODUTTIVA						PARCHEGGI PRIVATI								
							S.U.L.	UTILIZZAZIONI	ESISTENTE		NUOVA EDIFICAZIONE		ALTEZZA VARIABILE	VOLUME	L. 122/89		ART. 73 DEL R.U.				
									SENSO STRETTO	P.T.	SENSO STRETTO	P.1°			CARATTERE DIFFUSO	P.T.		P.1°	SUPERFICIE MINIMA SOSTA STANZIALE	SUPERFICIE MINIMA SOSTA DI RELAZIONE	
																					mq
A	1	23.068	15.400			14,0	7.468	a		6.000											
	2		7.668			14,0	5.488	b		5.000					3,50	26.138	2.614	0,10			
B	3	13.074	13.074			14,0	13.088	b			4.000										
C	4	25.242	25.242			14,0	22.956	j				8.256		4.080		3,50	43.176	4.318	0,10	816	0,20
								e							10.370	3,50	36.295	3.630	0,10	2.074	0,20
OO.UU.	Publiche	31.827																			
	Private	11.009	11.009																		
TOTALE PARZIALE										1.956	6.000	5.000	4.000	10.800	6.544	14.700				2.890	0,20
TOTALE COMPLESSIVO					0,25	49.325					15.000						171.500	17.150	0,10	2.890	0,20
TOTALE GENERALE		104.220	72.393	30.692	12.331		49.000				34.300				14.700		171.500	17.150		2.890	

Tipologia a : attività artigianali di produzione di beni artistici o connessi con le persone e le abitazioni;
 Tipologia b : attività artigianali di servizio;
 Tipologia e : attività commerciali al dettaglio, svolte in esercizi di vicinato, per la vendita di prodotti alimentari, non alimentari, o entrambi, su area privata con superficie di vendita non superiore a 250 mq;
 Tipologia j : attività di erogazione di servizi.

Figura 11 - Dettaglio di metri quadrati di S.U.L. produttiva, distinti per tipologia nei lotti A, B, C

Le tipologie di S.U.L. produttiva sono:

- Tipologia a: attività artigianali di produzione di beni artistici e connessi con le persone e le abitazioni;
- Tipologia b: attività artigianali di servizio;

- Tipologia e: attività commerciali al dettaglio, svolte in esercizi di vicinato, per la vendita di prodotti alimentari, non alimentari, o entrambi, su area privata con superficie di vendita non superiore a 250 mq;
- Tipologia j: attività di erogazione di servizi.

Per determinare il numero di spostamenti auto generati ed attratti in riferimento all'ora di punta del mattino, 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. In questo modo è possibile stimare il dato di *trips* generati ed attratti sulla base dei piedi quadrati di ciascuna tipologia, cercando una correlazione con analoghi casi nel contesto americano. Proprio per questo è opportuno individuare il *land use* americano che più si avvicini alle tipologie del caso in oggetto, riferite invece al contesto italiano.

Le classificazioni del manuale ITE adottate come rappresentative per le destinazioni d'uso descritte nel PdR sono riportate in tabella.

Tabella 4 - Classificazioni del manuale ITE adottate per la stima degli utenti generati e destinati per ciascuna tipologia di S.U.L. produttiva

Tipologia S.U.L.	ITE Land Use Group	ITE Land Use
a, b	Industrial	General Light Industrial
e	Services	Super Convenience Market/Gas Station
j	Office	General Office Building

Si riporta nel seguito l'output fornito da "ITETripGen" per ciascuna tipologia di utilizzo del suolo.

Il dato si riferisce al numero di veicoli, generati ed attratti nell'ora di punta del mattino di un giorno feriale tipo, in un contesto Urbano/Suburbano.

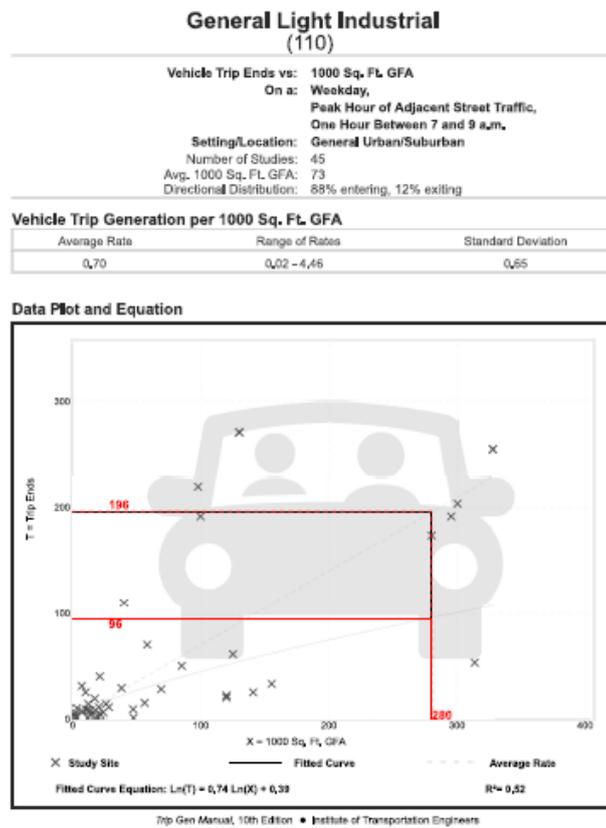


Figura 12 - Output fornito da "ITETripGen" per la tipologia di land use "General Light Industrial"

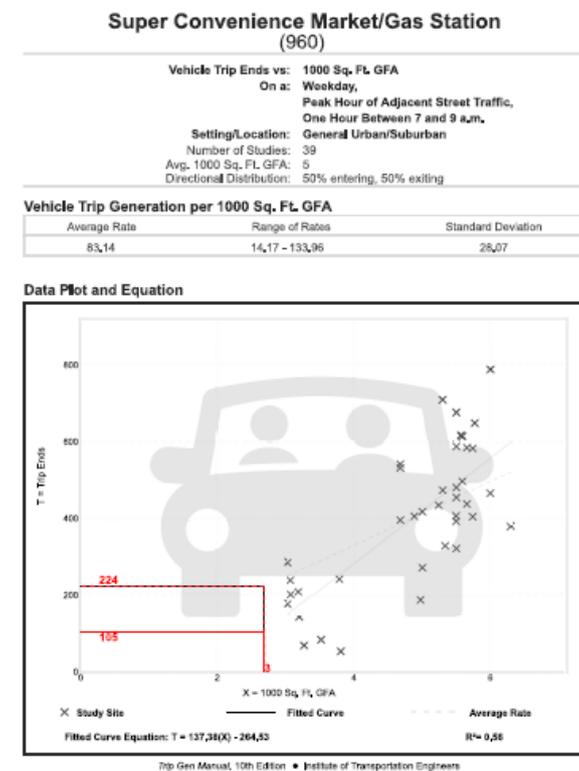


Figura 13 - Output fornito da "ITETripGen" per la tipologia di land use "Super Convenience Market/Gas Station"

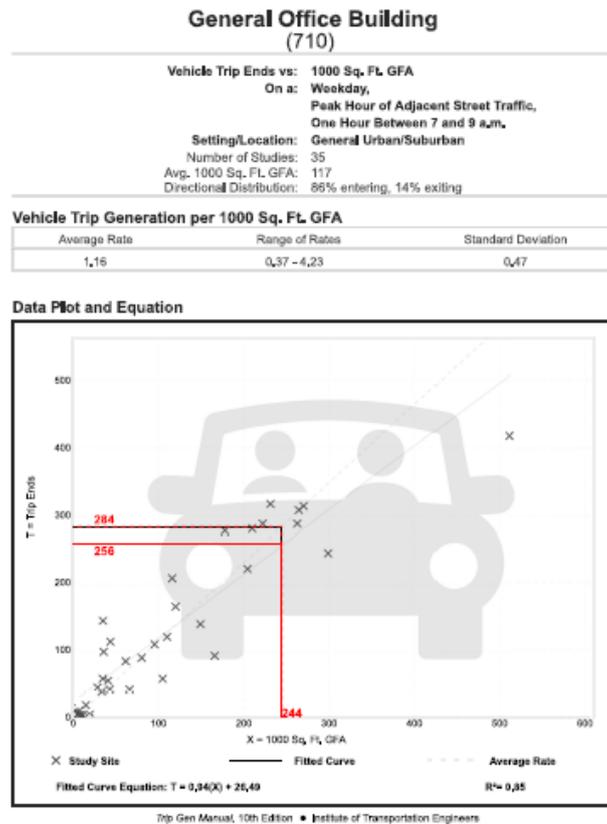


Figura 14- Output fornito da "ITETripGen" per la tipologia di land use "General Office Building"

In definitiva, il numero di utenti auto che sono generati e destinati nell'ora di punta mattutina feriale per effetto del piano di recupero approvato è riassunto in tabella.

Tipologia S.U.L.	TRIPS ITE Entry	TRIPS ITE Exit
a, b	84	12
e	220	36
j	52	53
TOT	356	101

Tabella 5 - Numero utenti generati (Exit) e destinati (Entry) in accordo con la procedura ITE, in riferimento all'ora di punta del mattino

Dalla procedura, risulta quindi un numero di veicoli destinati nell'area a seguito dell'intervento pari a 356 nell'ora di punta del mattino e 101 generati.

4.3 Distribuzione dei viaggi

Nei paragrafi precedenti è stato individuato il numero di viaggi originati e destinati all'area oggetto di intervento di recupero nelle fasce orarie di punta.

Tabella 6: Riepilogo traffico indotto dal Piano di Recupero nell'ora di punta mattutina

Piano di Recupero (Scenario)	Origine	Destinazione
Approvato	101	356
Variante	75	162

In assenza di dati specifici relativi alla distribuzione degli addetti e dei clienti/fornitori sul territorio metropolitano, si sceglie di assumere la medesima ripartizione sul territorio indicata dalla matrice di trasporto generale.

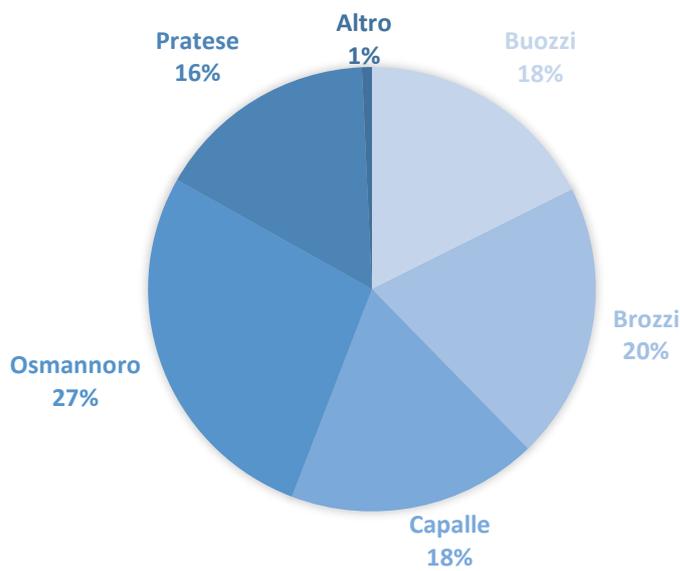


Figura 15: Distribuzione dell'utenza tra Origini

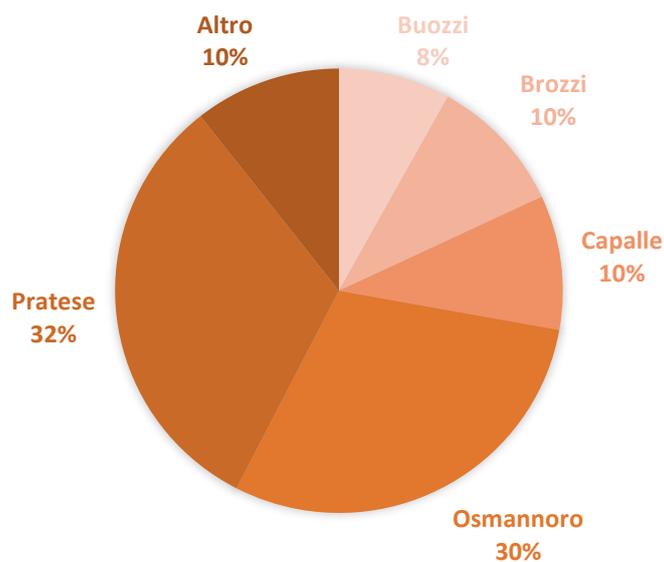


Figura 16: Distribuzione dell'utenza tra Destinazioni

Si nota chiaramente come l'area di Campi Bisenzio, rappresentata dai centroidi "Capalle" e "Buozi", sia l'origine prevalente, con il 36% della matrice complessiva, seguita da "Osmannoro", che include i veicoli provenienti dall'A11-svincolo Sesto Fiorentino. In destinazione, invece, oltre a Osmannoro (quindi l'A11), la Pratese in direzione Firenze attrae il 32% dell'utenza.

5 RISULTATI DEGLI SCENARI

Il confronto sintetico tra le prestazioni dei diversi scenari simulati è possibile tramite l'estrazione di indicatori prestazionali, tra cui i più idonei alla caratterizzazione della miglior soluzione progettuale sono:

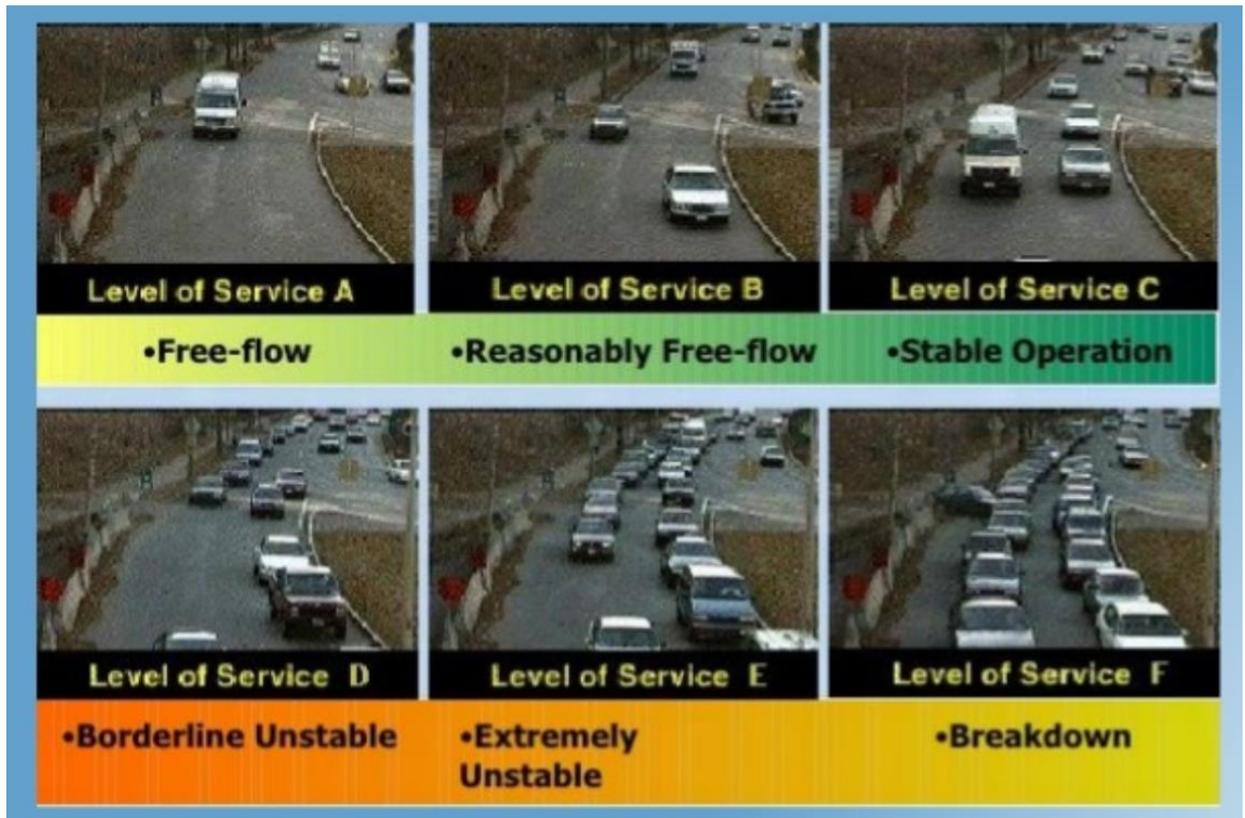
- indicatori relativi alle sezioni:
 - rapporto flusso assegnato/capacità disponibile su base oraria;
- indicatori funzionali delle sezioni e delle intersezioni presenti nel modello:
 - Livello di Servizio – LOS calcolato lungo gli archi di interesse secondo Highway Capacity Manual.

5.1 Cenni sul Livello di Servizio

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. Di contro, però, è necessario considerare che il LoS è stato concepito e calibrato negli Stati Uniti, dove le infrastrutture stradali e le intersezioni urbane sono molto diverse da quelle italiane: per questo motivo tende a sottostimare una condizione di media congestione.

Il manuale HCM indica i parametri specifici da cui dipende il livello di servizio, sulla base della tipologia dell'elemento studiato. Ad esempio, il livello di servizio per gli archi di scorrimento urbano (Freeway) dipende dalla densità veicolare, espressa in veicoli/miglio/corsia; le strade urbane invece dipendono dalla velocità espressa come aliquota percentuale della velocità di flusso libero (Level of Efficiency). Per quanto riguarda le intersezioni, il parametro ritenuto significativo è il tempo di attesa di immissione nell'intersezione, 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.



• Figura 17: condizioni di deflusso e relativi livelli di servizio

5.2 Introduzione ai risultati

Le Figure illustrative riportate in seguito mostrano le condizioni generali di deflusso di ciascun scenario, attraverso la restituzione di:

- Flussogrammi saturazione
- Livello di Servizio
- Flussogrammi rossoverde relativi al confronto tra gli scenari di analisi. Lo spessore dei buffer è proporzionale alla differenza in valore assoluto tra i flussi stimati per gli scenari considerati.

5.3 Scenario Tendenziale (Do Nothing)

La simulazione dello scenario tendenziale, che restituisce le condizioni di deflusso nella zona a prescindere dalla realizzazione di un intervento nell'area oggetto di recupero, mostra come l'utilizzo delle arterie stradali sia elevato, in particolare lungo la Lucchese. L'analisi dei Livelli di Servizio, però, indica come tale domanda comporti l'insorgenza di alcuni stati di congestione localizzati, come quelli sui rami di approccio alla rotonda Lucchese/Osmannoro, che si attesta su un LOS E dovuto al tempo di attesa sul peggiore dei rami di approccio. Se ne deduce che la capacità nominale della rete nell'area è sufficiente a soddisfare la domanda, ma il fatto che

tutte le direttrici di percorrenza si incrociano nella medesima intersezione e siano interessate da un alto volume di domanda veicolare porta al degrado delle condizioni di funzionamento della rotonda, con conseguente formazione di fenomeni di accodamento lungo i rami in approccio..

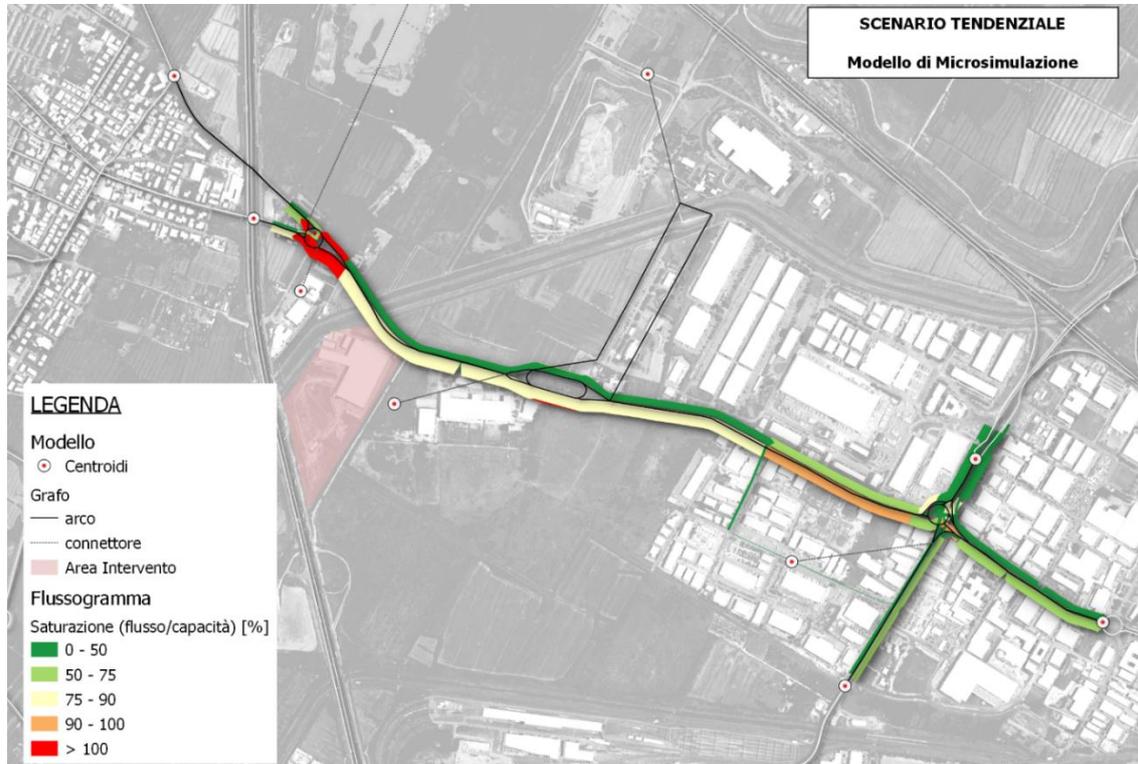


Figura 18: Flussogramma saturazione scenario do nothing (modello microsimulazione)

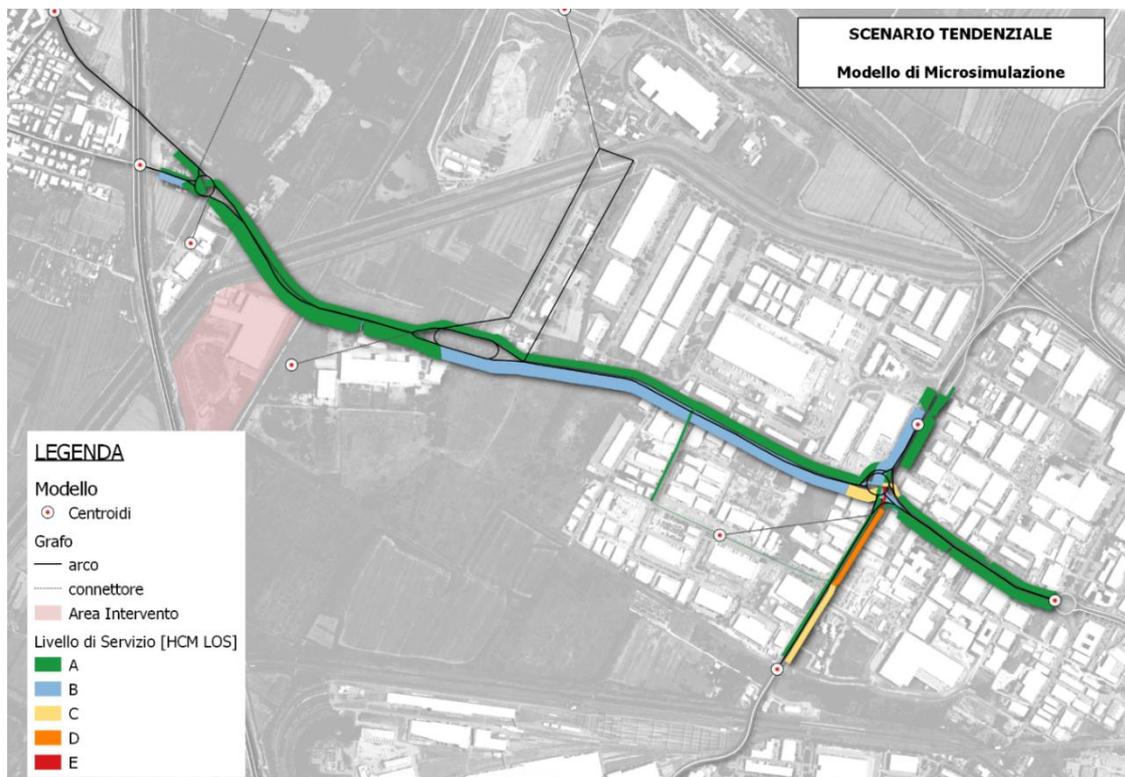


Figura 19: Livelli di servizio lungo la rete; scenario do nothing (modello microsimulazione)

5.4 Scenario Piano di Recupero Approvato

La simulazione dello scenario che prevede la realizzazione del PdR Approvato restituisce una condizione di utilizzo della rete superiore a quanto osservato nello scenario tendenziale, dovuta all'aumento della domanda di circa il 13%: questo influisce sul livello di utilizzo della rete, dal momento che via Lucchese in direzione Campi Bisenzio passa ad un utilizzo della capacità disponibile superiore al 50%, ma non comporta crisi di mancanza di capacità lungo gli archi diversi da quelle già registrate nel tendenziale. Dal punto di vista del Livello di Servizio si ha invece una diminuzione del livello in via Lucchese, con un puntuale degrado a livello E in corrispondenza dell'innesto tra l'area di recupero e via Lucchese, dovuto all'attesa dei veicoli che intendono svoltare a sinistra in provenienza dalla zona di Firenze e Sesto F.no.

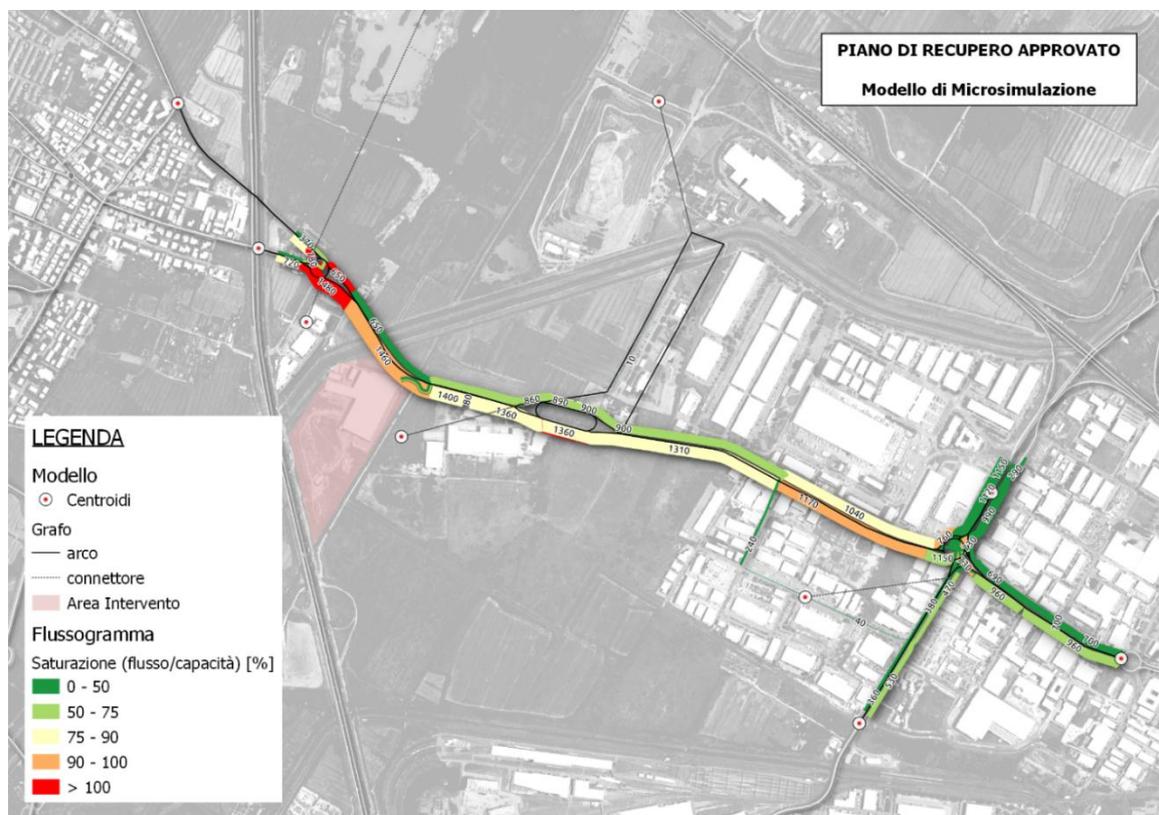


Figura 20:Flussogramma saturazione scenario Piano di Recupero Approvato (modello microsimulazione)

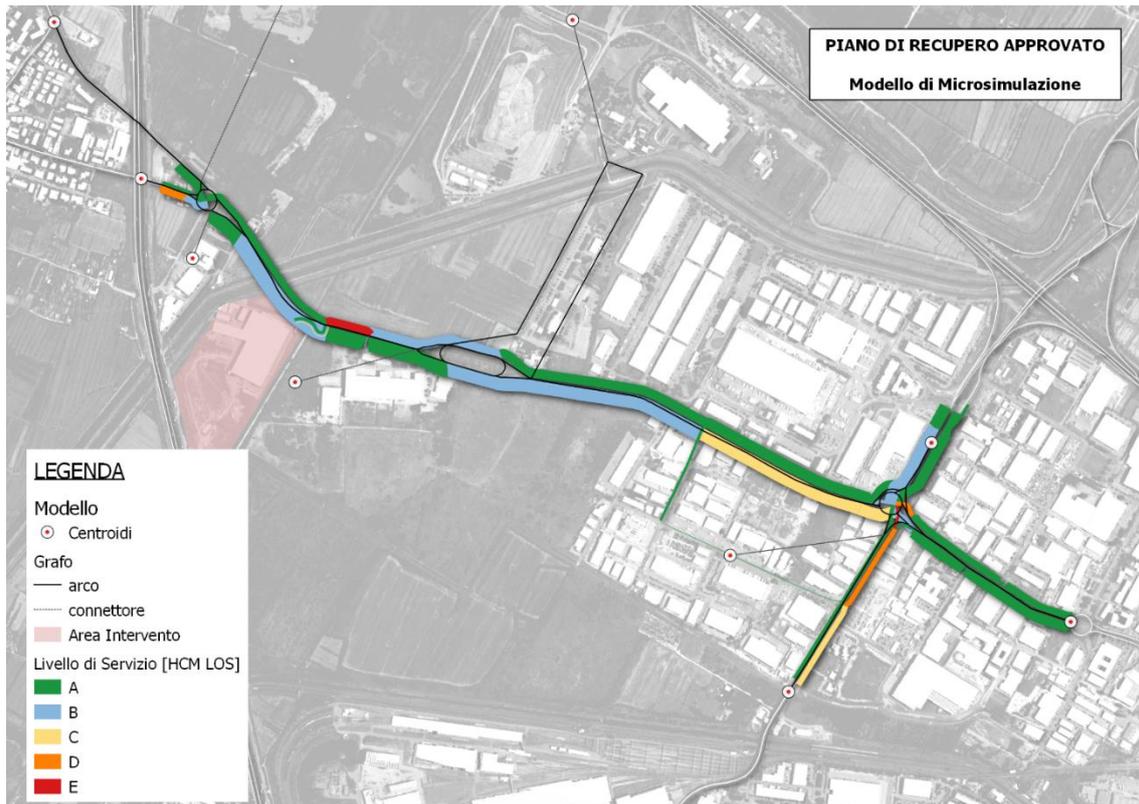


Figura 21: Livelli di servizio lungo la rete; scenario Piano di Recupero Approvato (modello microsimulazione)

5.5 Scenario variante

Lo scenario che implementa il Piano di Recupero Variante si presenta più simile allo stato tendenziale: l'incremento della domanda è infatti più contenuto, pari solo al 6.8%. Il LOS in via Lucchese in prossimità dell'area produttiva è pari a B, quindi di livello molto buono. Lo scenario non presenta criticità dovute ad un diverso utilizzo della rete rispetto allo scenario tendenziale, ma è invece migliorativo rispetto a quello del Piano di Recupero Approvato: il volume di traffico aggiuntivo diretto o originato dall'area produttiva, infatti, non è di entità tale da creare accodamenti evidenti in via Lucchese, nemmeno in corrispondenza della svolta a sinistra verso l'area produttiva stessa.

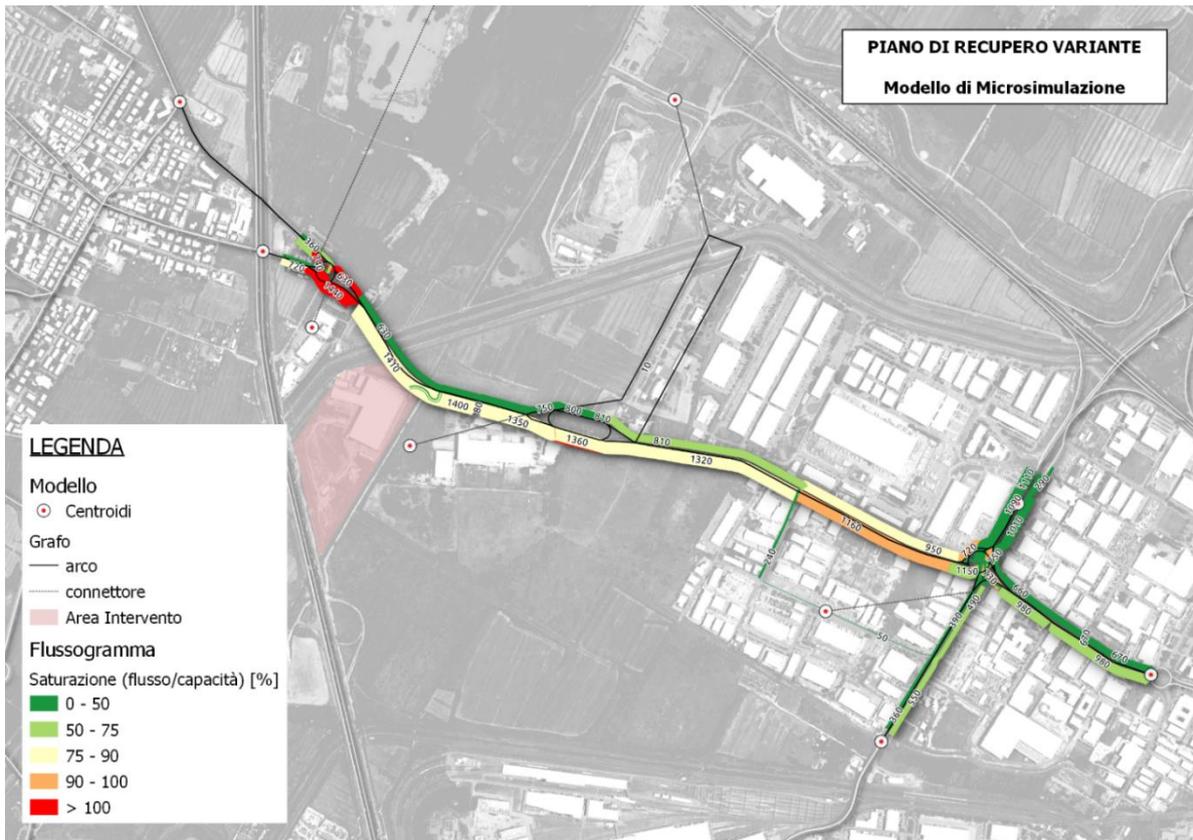


Figura 22: Flussogramma saturazione scenario Piano di Recupero Variante (modello microsimulazione)

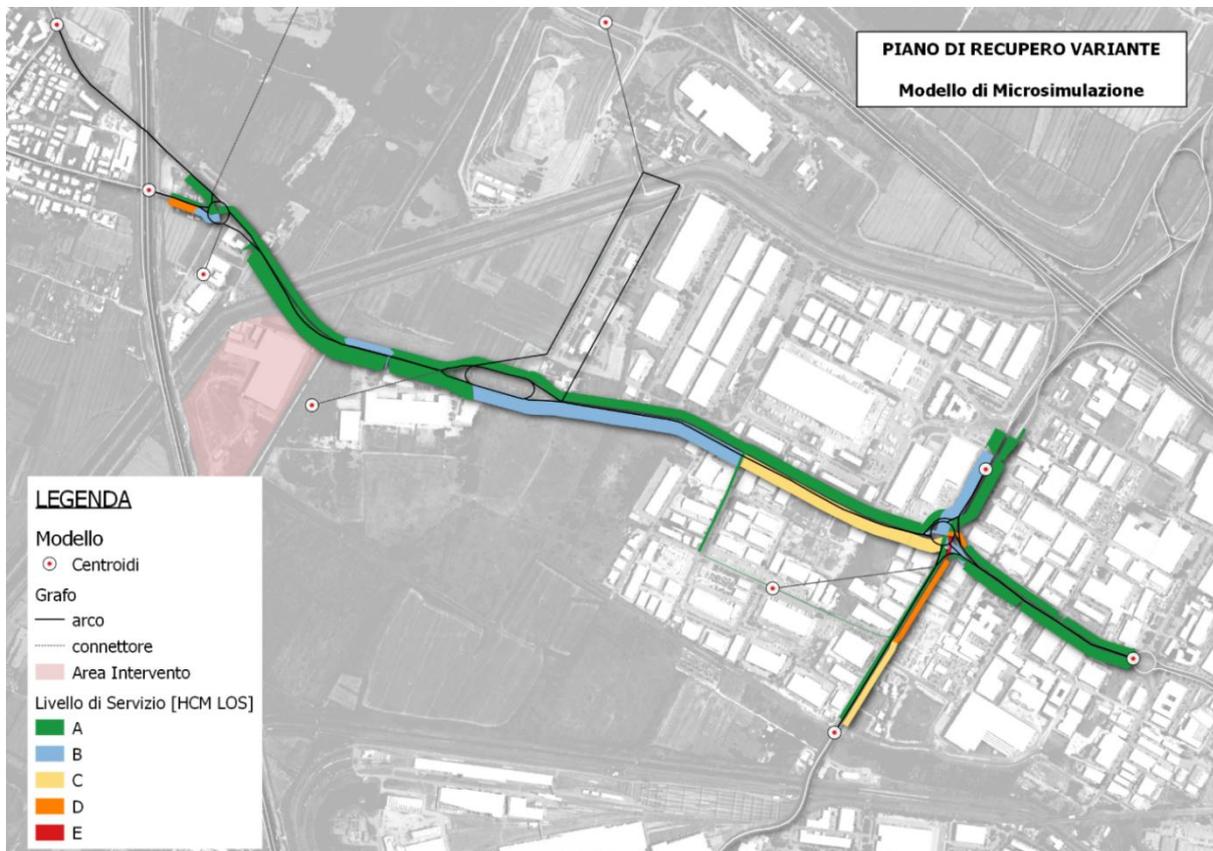


Figura 23: Livelli di servizio lungo la rete; scenario Piano di Recupero Variante (modello microsimulazione)

5.6 Confronto dei risultati

Nella figura seguente si presenta un flussogramma delle differenze tra gli scenari di intervento nello stato approvato ed in quello in variante: si nota chiaramente, com'è evidente attendersi alla luce dei volumi di domanda, che l'utilizzo della rete stradale per lo più sia inferiore nello scenario in variante, soprattutto lungo la Lucchese in direzione Campi Bisenzio. Il volume di domanda aumenta solo in prossimità della rotatoria Lucchese-Osmannoro nel tratto di viabilità in approccio da via del Cantone: questo risultato nello scenario in variante è dovuto al fatto che il flusso in rotatoria è inferiore e permette di far entrare un maggior numero di veicoli da via del Cantone, per lo più diretti verso via Pratese; nello scenario del Piano di Recupero Approvato i veicoli rimangono in coda più a lungo e non tutti riescono a entrare nello scenario di simulazione nel tempo previsto di analisi.

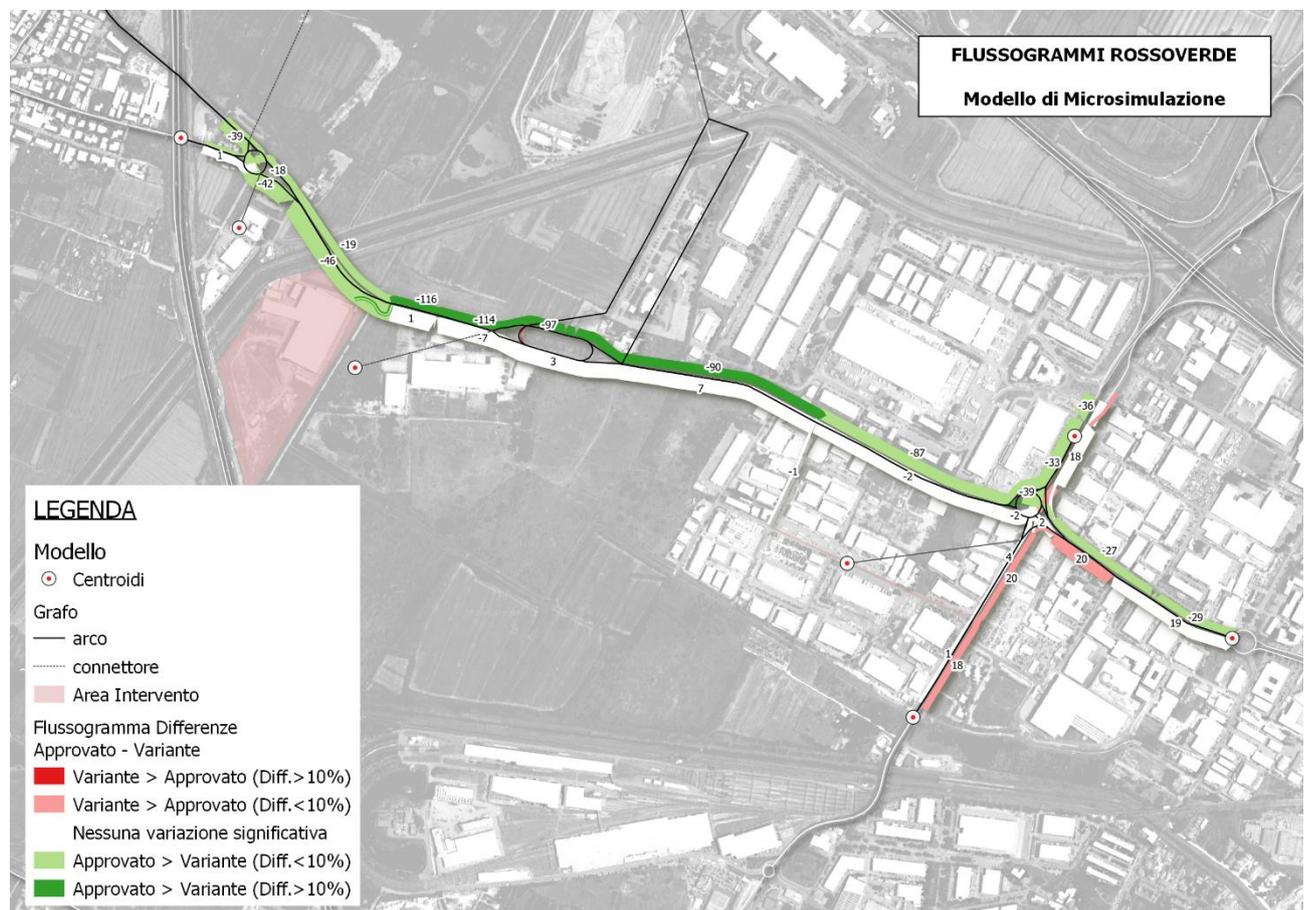


Figura 24: Flussogramma rosso-verde della differenza di volume di traffico assegnato nei due scenari di analisi (le etichette indicano la differenza assoluta dei volumi)

Le condizioni di deflusso si valutano anche a partire dai livelli di servizio, messi a confronto nella tabella sottostante per le principali arterie. Si nota come il Piano di Recupero Variante differisca in modo non sostanziale dallo scenario tendenziale, senza intervento, mentre nello scenario approvato ci sia un maggior degrado delle prestazioni, fino ad un livello E in via Lucchese.

Un altro risultato che emerge dal confronto è che l'influenza dell'intervento si esaurisce in via Lucchese: sul resto della viabilità la diversa domanda di traffico dovuta al recupero dell'area industriale non comporta variazioni rilevanti alle condizioni di deflusso.

Tabella 7: Confronto tra Livelli di Servizio lungo le principali arterie

Arteria/Intersezione	Scenario Tendentiale	PdR Approvato	PdR Variante
Lucchese dir. Campi B.zio	A	B	A
Lucchese immissione area intervento	A	E	B
Lucchese dir. Firenze	B/C	B/C	B/C
Osmannoro	B	B	B
Pratese	A	A	A
Cantone	D	D	D
Intersezione Osmannoro-Lucchese-Pratese	E	E	E

6 CONCLUSIONI

Il presente studio ha l'obiettivo di valutare l'influenza del recupero di un area industriale sul traffico della zona circostante, posta tra i comuni di Firenze, Sesto Fiorentino e Campi Bisenzio e denominata Osmannoro, in particolare lungo l'asse di via Lucchese.

Già allo stato attuale, e quindi nello scenario di analisi tendenziale senza intervento, il livello di pressione del traffico sulla rete viaria della zona è elevato ed è dovuto non solo all'entità della domanda di trasporto in assoluto, ma anche all'assenza di alternative modali all'utilizzo dell'auto privata e alla non mono-direzionalità dei percorsi. Questo significa che le direttrici di domanda sono molteplici e confluiscono tutte in un punto di conflitto comune: la rotatoria posta tra via Lucchese, via Pratese e via dell'Osmannoro, che comporta rallentamenti sui rami di immissione e in corrispondenza della quale il Livello di Servizio è molto basso.

L'analisi, condotta tramite microsimulazione di 3 scenari di analisi (tendenziale, PdR Approvato, PdR Variante), ha mostrato come il recupero dell'area industriale avrà un'influenza apprezzabile sulle condizioni di deflusso della viabilità solo in prossimità dell'accesso dell'area industriale su via Lucchese: tecnicamente gli effetti dell'intervento si esauriscono in ogni caso a breve distanza dallo stesso dato che il volume di domanda in aggiunta è piccolo rispetto a quello già presente nell'area. Lo scenario Variante, infatti, si caratterizza per una pressione generale di traffico sulla rete inferiore a quello dello scenario Approvato e di poco superiore a quello Tendenziale; nel dettaglio, inoltre, la minor domanda di traffico comporta l'assenza di nodi critici dovuti all'intervento di recupero specifico, come accade invece nello scenario Approvato.

Nello scenario del PdR Variante la domanda di trasporto aggiuntiva stimata nell'ora di punta mattutina è poco superiore al 5% di quella che interessa tutta l'area di simulazione; Via Lucchese è percorsa oggi nell'ora di punta mattutina da circa 2000 veicoli privati (dato bidirezionale) e si stima che il volume di domanda complessivo origine-destinazione verso il sito industriale nella stessa fascia oraria si attesti intorno alle 230 unità, provenienti da diverse direzioni. Nella figura sottostante è mostrato il flussogramma dello scenario tendenziale (in blu) e l'aliquota di traffico aggiuntivo (in rosso): tale fascia è solo leggermente visibile in via Lucchese in direzione Campi Bisenzio, dove vale 75 veh/h.

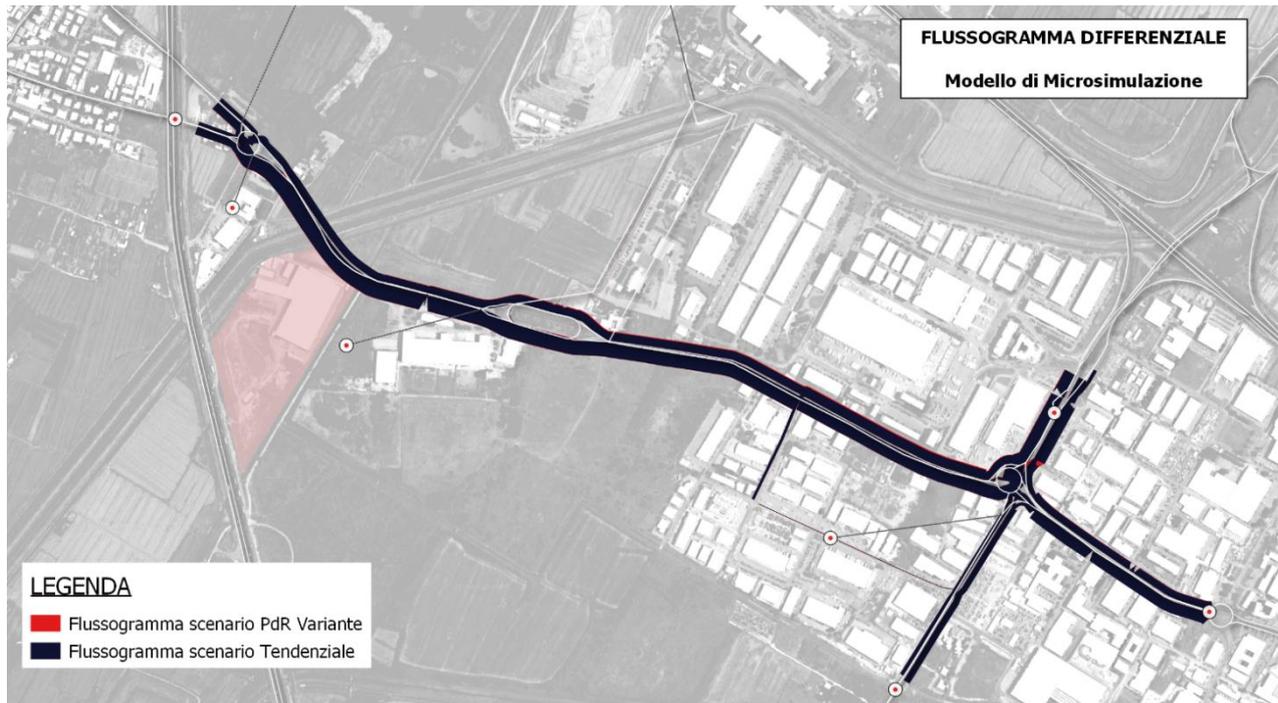


Figura 25: Flussogramma indicativo dell'impatto della realizzazione dell'intervento sul traffico nell'area

L'analisi dei livelli di servizio, indicativi delle condizioni di deflusso, conferma che la situazione generale della mobilità privata osservata nella simulazione dello scenario Variante non mostra differenze sostanziali con quelle del Tendenziale, andando a risolvere la possibile criticità che invece sarebbe sorta nello scenario Approvato in corrispondenza dell'immissione su via Lucchese.

Anche se non presenta criticità sotto il profilo trasportistico, l'intersezione tra la viabilità interna all'area industriale e via Lucchese, in corrispondenza dell'immissione, potrebbe essere comunque oggetto di specifico approfondimento nei successivi stadi progettuali a seguito di un'analisi di sicurezza.