GRUPPO FS ITALIANE

Direzione Tecnica

S.S. n°1 AURELIA
VARIANTE ALL'ABITATO DI IMPERIA
LOTTO 1
DA SVINCOLO TORRENTE PRINO A SVINCOLO IMPERO

PROGETTO DEFINITIVO

COD. GE271

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA: PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.

MANDANTI: delta ingegneria; VIA INGEGNERIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:
Geol. Massimo Mezzanzanica – Società Pro Iter Srl
Ordine Geologi Regione Lombardia n. A762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Ing. Matteo Di Girolamo – Società VIA Ingegneria Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. n° 15138

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:
Ing. Fabrizio Cardone

IL PROGETTISTA:
Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT.ING. FORMICHI RICCARDO
Sez.A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n°A 18045

PROTOCOLLO:

DATA:

01 - PARTE GENERALE
01.01 - INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

Relazione Trasportistica

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO: DPGE2710 — LIV. PROG.: D — 23	CODICE ELAB.: T00EG00GENRE02B	B	–

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
D					
C					
B	REVISIONE A SEGUITO DI RICHIESTA INTEGRAZIONI IN PROCEDURA V.I.A	Dicembre 2024	Valerii	Babini	Formichi
A	EMISSIONE	Gennaio 2024	Valerii	Babini	Formchi

INDICE

1 INTRODUZIONE 3
2 OBIETTIVI E ATTIVITÀ DELLO STUDIO 5
3 DATI DI INPUT 7
3.1 Dati FCD 7
3.2 Espansione dati FCD 7
4 OPERE PREVISTE 8
4.1 Opere programmatiche 8
4.2 Opere progettuali 9
5 ANALISI MACRO 12
5.1 La zonizzazione territoriale 12
5.2 La rete infrastrutturale 13
5.3 Le principali banche dati di riferimento 14
5.4 La validazione del modello di traffico 16
5.5 Risultati delle macrosimulazioni 17
5.5.1 Stato di Fatto (SDF) 17
5.5.2 Tasso di crescita 21
5.5.3 Scenario di non-intervento (Riferimento o SDR) 21
5.5.4 Scenario di Progetto (SDP) 28
6 VERIFICA FUNZIONALE DELLE ROTATORIE 35
6.1 Le intersezioni analizzate 35
6.2 Metodologie di analisi 40
6.3 Metodo HCM 40
6.4 Metodo GIRABASE 41
6.4.1 Metodo del calcolo riserva di capacità 42
6.4.2 Relazione riserva di capacità / livello di servizio 44
6.4.3 Sintesi rotatorie 46
6.5 I risultati di dettaglio delle verifiche funzionali 46
6.6 Confronto risultanze livello di servizio rotatorie 55
7 STIMA DEL TRAFFICO GIORNALIERO MEDIO 56
8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 58

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione è riportata l'analisi trasportistica effettuata al fine di verificare il progetto di realizzazione della variante alla SS1 Aurelia in comune di Imperia, precisamente si tratta del collegamento tra la SS28 a nord dell'abitato di Oneglia e la SS1 a ovest di Porto Maurizio, in corrispondenza della foce del torrente Prino.
L'obiettivo di questo studio è quello di verificare la funzionalità della rete viaria esistente e di progetto nell'ipotesi di incremento di traffico riscontrabile nell'anno previsto di entrata in esercizio dell'opera. Lo studio consente pertanto di valutare l'impatto dell'intervento in progetto e la relativa coerenza con le infrastrutture esistenti nell'area circostante.
Lo studio trasportistico si è articolato a partire dal rilievo dei flussi di traffico transitanti nella rete prossima all'area d'intervento, utile alla ricostruzione della matrice origine/destinazione (O/D), per poi verificare, con diversi strumenti di modellizzazione del traffico, l'incidenza dell'intervento proposto sul traffico circolante. Per procedere con la ricostruzione della domanda per l'intera area di studio sono stati utilizzati dati provenienti da fonti terze (in particolare i dati dei limitrofi caselli A10) e i dati FCD (Floating Car Data) in possesso della scrivente società. I dati FCD, di fonte Infoblu, fanno riferimento ad una flotta consistente di veicoli (circa 4 milioni a totale Italia) che vengono continuativamente monitorati tramite una black box montata a bordo mezzo, principalmente a scopi assicurativi. In particolare, tali dati definiscono in maniera puntuale il punto iniziale e finale di ogni spostamento, nonché il percorso seguito da ciascun veicolo, anche con informazioni sulla tipologia di mezzo (leggero o pesante) e sulla velocità media di percorrenza.

Data l'entità dell'intervento progettuale, l'analisi trasportistica ha riguardato l'intera rete stradale ricadente nel territorio comunale d'Imperia e la fascia costiera tra Diano Marina e Arma di Taggia; le simulazioni condotte hanno fatto riferimento all'ora di punta della mattina nella stagione invernale (spostamenti sistematici per studio e lavoro) e all'ora di punta serale del venerdì nella stagione estiva (spostamenti turistici e ricreativi), relativamente alla configurazione Stato di Fatto (SDF), non-intervento (Stato di Riferimento o SDR) e Stato di Progetto (SDP).
Nella seguente figura è indicata in giallo l'area interessata dall'intervento progettuale con evidenziati in verde i 4 caselli autostradali presenti nell'area e in rosso l'estensione della nuova variante prevista.



Figura 1 – Inquadramento territoriale

Di seguito una visione più di dettaglio dell'area immediatamente circostante alla nuova variante. Tale arteria sarà direttamente connessa alla SS28 a monte del viadotto "impero" della A10, alla viabilità esistente lungo il torrente Impero, alle viabilità che risalgono le valli alle spalle del nucleo di Porto Maurizio e al casello di Imperia ovest per poi terminare sulla SS1 ad ovest del comune di Imperia e del torrente Prino.



Figura 2 – Inquadramento di dettaglio

2 OBIETTIVI E ATTIVITÀ DELLO STUDIO

I principali obiettivi del presente studio di traffico possono essere così sintetizzati:

- Determinare i volumi di traffico, in funzione della realizzazione degli interventi programmatici e progettuali, al fine di poter valutare lo stato del traffico nell'area di studio;
- Verificare che la rete infrastrutturale sia in grado di smaltire la domanda di traffico complessiva;
- Stimare il Traffico Giornaliero Medio (TGM) propedeutico agli studi fonometrici, al dimensionamento della pavimentazione, degli apparati tecnici e dei dispositivi di ritenuta.

Per raggiungere tali obiettivi sono state effettuate opportune analisi basate, per la domanda, sulla banca dati FCD opportunamente espansa ricorrendo ai dati dei transiti dei caselli della A10 presenti nell'area di studio (S. Bartolomeo, Imperia est, Imperia Ovest e Taggia Arma) e, per l'offerta, sull'acquisizione delle caratteristiche geometriche della rete infrastrutturale esistente e di progetto.
I momenti di massimo carico della rete stradale indagati sono la fascia oraria mattutina di un giorno feriale della stagione invernale (rappresentativo della componente sistematica degli spostamenti nell'area) e la fascia oraria serale di un venerdì della stagione estiva (rappresentativo anche della componente turistico/balneare). Pertanto, sono stati considerati i seguenti scenari, elaborati modellisticamente per l'ora di punta della mattina della stagione invernale e per l'ora di punta serale della stagione estiva:

- Lo scenario attuale (Stato di Fatto o SDF): è determinato dalla domanda di traffico ad oggi presente sulla rete infrastrutturale esistente, così come rilevata dalle indagini e ricostruita modellisticamente;
- Lo scenario di non-intervento (Stato di riferimento o SDR): è determinato dalla domanda attesa nell'anno previsto di entrata in esercizio dell'opera, sulla rete infrastrutturale attuale con l'aggiunta delle opere programmatiche di seguito individuate.
- Lo scenario progettuale (Stato di Progetto o SDP): è determinato dalla domanda attesa nell'anno previsto di entrata in esercizio dell'opera, sulla rete infrastrutturale di progetto.

Le attività previste dallo studio di traffico sono state articolate nelle seguenti fasi, relative agli scenari descritti:

- Fase 1 → Per le ore mattutine e serali la ricostruzione dei flussi di traffico a partire dai dati FCD e dei dati dei caselli per le viabilità limitrofe all'intervento in progetto ed elaborazione dei dati raccolti;
- Fase 2 → Calibrazione dei dati di traffico rilevati al fine di determinare le matrici O/D di domanda per gli scenari di riferimento, utilizzando come base dati derivanti dalla fase 1;
- Fase 3 → Determinazione della domanda prevista per l'anno di entrata in esercizio dell'intervento di progetto;
- Fase 4 → Costruzione del modello di traffico in scala macroscopica ed esecuzione delle macrosimulazioni dei 2 periodi temporali d'interesse per gli scenari Stato di fatto, Stato di Progetto e per lo scenario di non-intervento;
- Fase 5 → Verifica funzionale delle intersezioni a rotatoria presenti e previste nell'area di studio, con opportune metodologie di analisi;
- Fase 6 → Calcolo del Traffico Giornaliero Medio (TGM) propedeutica alla stima degli impatti ambientali da traffico sul comparto atmosfera e rumore.

In particolare, le macrosimulazioni eseguite sono state condotte impiegando il software VISUM, per avere un quadro generale dell'andamento della circolazione, implementando un modello trasportistico che ha interessato l'intera fascia costiera da Diano Marina ad Arma di Taggia: in questo modo è stato possibile valutare gli effetti dell'intervento infrastrutturale su larga scala.

A completamento dell'analisi trasportistica, per le rotatorie previste lungo il tracciato della variante della SS1, è stata svolta una valutazione del livello di servizio dell'intersezione sia attraverso una metodologia codificata dal manuale HCM sia attraverso il calcolo delle capacità residue di ogni singolo ramo in ingresso tramite il software GIRABASE, riconosciuto come strumento di riferimento per la verifica di tale tipo di intersezione.

3 DATI DI INPUT

In questo capitolo vengono riportate e illustrate le diverse tipologie di dati di input utilizzati per la ricostruzione della domanda di trasporto da implementare nei modelli di simulazione.
In particolare, per l'area prossima all'infrastruttura in progetto sono stati considerati i dati di tipo FCD (Floating Car Data) nonché ai dati provenienti da enti terzi, quali i caselli autostradali e le sezioni ANAS e dati storici in possesso della società Tandem.

3.1 Dati FCD

I dati FCD (Floating Car Data) provengono dal monitoraggio di flotte veicolari che montano a bordo dei dispositivi in grado di registrare e inviare le informazioni sulla posizione del veicolo nel tempo.
Essi forniscono in modo continuativo la posizione del mezzo, dotato di unità OnBoard, registrando l'istante di transito in determinati punti GPS: implementando un algoritmo di route matching, è quindi possibile ricostruire il percorso del veicolo come sequenza di archi attraversati in ordine cronologico. Ciò permette sia di conteggiare quanti veicoli transitano su un determinato arco in una determinata direzione sia, associando alle varie zone un arco di partenza e di arrivo, di ricostruire la matrice O/D di un'area più o meno ampia.
In tal senso Tandem ha stabilito una collaborazione con la società Infoblu, del gruppo Autostrade per l'Italia, che dispone del dato storico di alcuni milioni di veicoli, distinguendo la tipologia (leggeri e pesanti) e registrando i percorsi effettuati giornalmente con la precisione del singolo arco stradale. Di fatto viene prodotto un dato campionario, statisticamente molto solido in quanto riferito ad una flotta di circa 4 milioni di veicoli, relativamente ai transiti che avvengono sulla rete di interesse, potendo ricostruire su tale campione non solo i flussi riferiti alle sezioni ma anche le manovre di svolta alle intersezioni e le matrici origine/destinazione dei veicoli che interessano l'area di studio.

Nel presente studio, i dati FCD considerati per l'area di studio sono stati espansi utilizzando le sezioni di conteggio disponibili per il contesto territoriale di riferimento e hanno permesso di ricostruire i flussi di traffico presenti sulle strade localizzate nell'area di studio.

3.2 Espansione dati FCD

Il dato campionario FCD è stato espanso all'universo dei veicoli circolanti sfruttando sia dati storici in possesso della società Tandem per la provincia d'Imperia o per la regione Liguria sia, in particolare, i dati di veicoli transitati ai 4 caselli autostradali della A10 limitrofi all'area di studio ossia:

- San Bartolomeo,
- Imperia est,
- Imperia ovest,
- Arma di Taggia.

Precisamente sono stati utilizzati i transiti nell'anno 2022, considerando sia la media dei giorni feriali invernali (mese di novembre), sia la media dei giorni feriali estivi (mese di luglio).

Il confronto tra i dati FCD e i transiti al casello restituisce una buona correlazione con un indice sempre superiore 0.85 per i mezzi leggeri e a 0.98 per i mezzi commerciali pesanti sia per il periodo estivo che per quello invernale.

Attraverso l'espansione all'universo dei dati campionari FCD è stato quindi possibile ricavare i flussi in transito su ogni arco stradale dell'area di studio e l'entità delle manovre di svolta ad ogni intersezione permettendo un'accurata ricostruzione delle matrici O/D dell'area di studio sia per i mezzi leggeri sia per i mezzi pesanti in entrambi i periodi stagionali oggetto di analisi.

4 OPERE PREVISTE

Nel presente capitolo sono illustrati gli interventi viabilistici che sono previsti negli scenari progettuali: sono descritti sia gli interventi direttamente correlati con la variante, di seguito denominati come "opere progettuali" sia gli altri interventi previsti o in corso di completamento che, pur non essendo correlati con la variante, ricadono nell'area di studio, di seguito denominati "opere programmatiche".

4.1 Opere programmatiche

Nell'ambito dell'area di studio sono in corso di completamento alcuni interventi che potrebbero avere influenza sulla distribuzione dei flussi di traffico. Anche se alcuni interventi risultano essere già in esercizio a ottobre 2023, i loro effetti non sono stati compiutamente rilevati dai dati alla base del presente studio e quindi si ritiene opportuno inserire tali opere solamente nello scenario di progetto mantenendo la coerenza tra le opere presenti e i dati di rilevo.

Le opere considerate come programmatiche sono:

- 1 Il completamento della viabilità in sponda destra del torrente Caramagna (via Marte);
- 2 La realizzazione di un ulteriore attraversamento del torrente Impero presso la vecchia stazione ferroviaria di Oneglia con contestuale collegamento a senso unico in direzione mare tra via Garessio e via Berio tramite piazza Unità nazionale e intersezione a rotatoria tra via Trento, via S.Agata, la SS1 e via Delbecchi;
- 3 La revisione dei sensi di marcia degli argini del torrente Impero (via Trento e via Alterisio) tra la SS1 e l'attuale stazione ferroviaria di Imperia (ponte F. Scajola).

Nella seguente figura la localizzazione di tali interventi (in blu) in relazione all'opera progettuale (indicata in rosso).

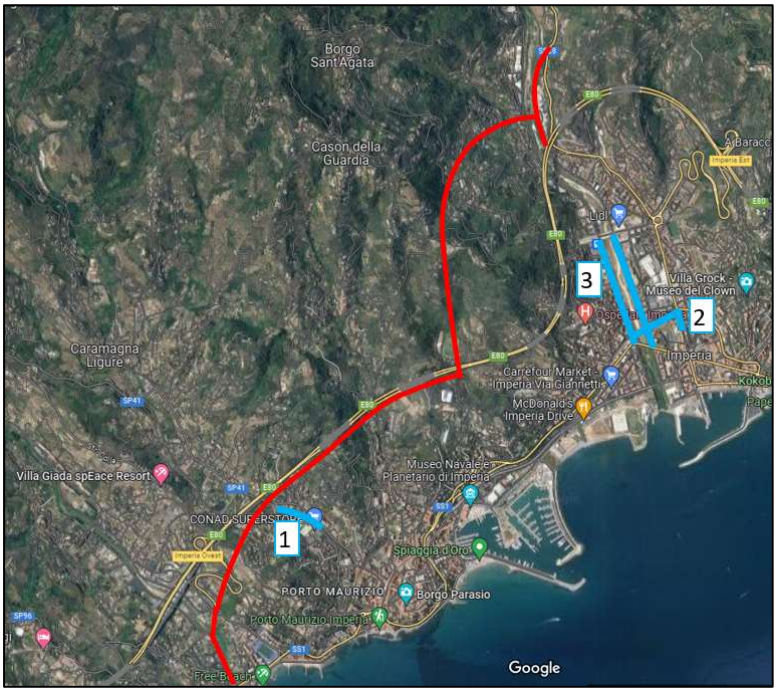


Figura 3 – Localizzazione delle opere programmatiche

4.2 Opere progettuali

L'intervento prevede la realizzazione di un tracciato stradale bidirezionale con una corsia per senso di marcia e 8 intersezioni a rotatoria con la viabilità esistente così come indicato nella seguente figura. Tra le intersezioni 1 e 2 trattandosi della riqualificazione di una viabilità esistente la sezione sarà analoga ad una strada urbana di quartiere (tipo E), nelle restanti porzioni si prevede una sede di tipologia extraurbana secondaria (tipo C1) con corsie di marcia da 3.75m.

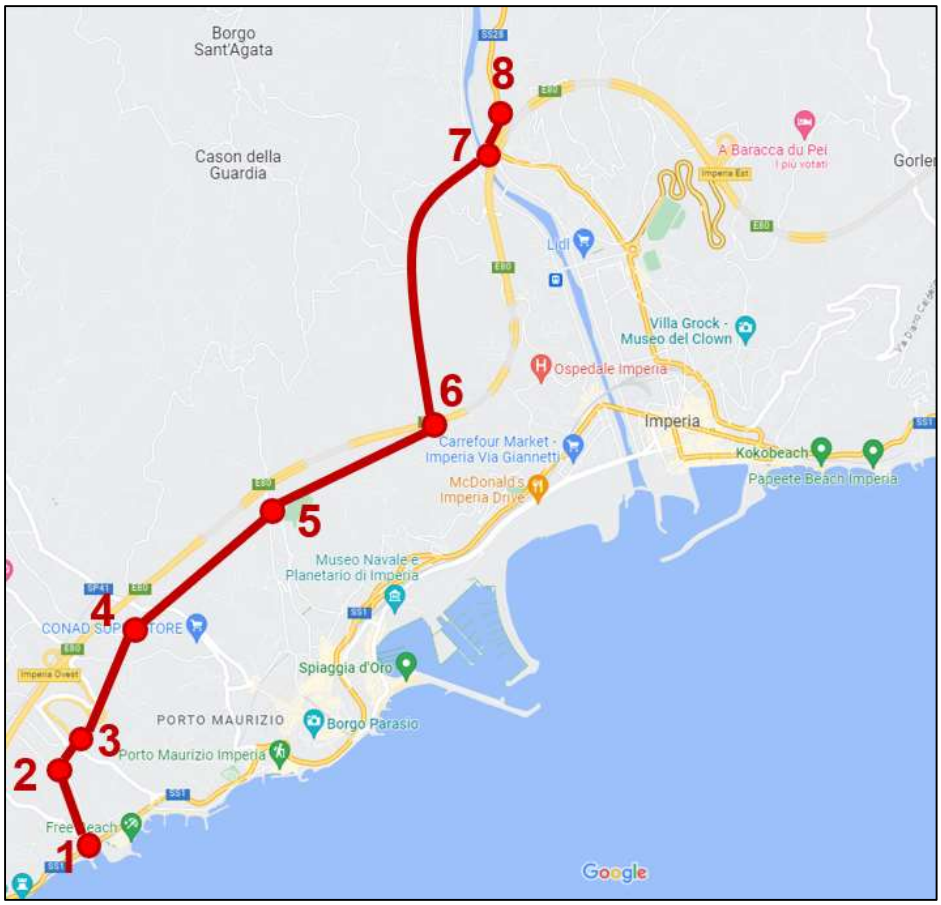


Figura 4 – Layout progettuale variante

L'intervento progettuale mostrato nelle immagini che seguono, prevede procedendo da ovest verso nord-est:

- La realizzazione dell'intersezione a rotatoria con la SS1 in luogo dell'esistente intersezione con via G. Ballestra (intersezione 1, tavola 1 per dettagli),
- La riqualifica di un tratto di via G. Ballestra (tavola 1),
- La realizzazione di un nuovo ponte sul torrente Prino con relativa rotatoria di accesso (intersezione 2, tavola 1 per dettagli),
- La riqualifica della rotatoria di accesso al casello di Imperia ovest (intersezione 3, tavola 1),
- La realizzazione della galleria Monte Calvario (tavola 1)
- La realizzazione dell'intersezione a rotatoria "Caramagna" con via dei Terzieri (intersezione 4, tavola 1 per dettagli),
- La realizzazione del viadotto sul torrente Caramagna e della galleria "costa murata" (tavola 2),

- La realizzazione dell'intersezione a rotatoria "Artallo" con via Artallo e via Acquarone (intersezione 5, tavola 2 per dettagli),
- La realizzazione della galleria Meriello (tavola 2)
- La realizzazione dell'intersezione a rotatoria con via Strato (intersezione 6, tavola 2 per dettagli),
- La realizzazione della galleria Monte Bardellini e del ponte sul torrente Impero (tavola 3)
- La realizzazione dell'intersezione a rotatoria con il prolungamento della via "ponte vecchio" (intersezione 7, tavola 3 per dettagli),
- La realizzazione della rotatoria terminale con la SS28 (intersezione 8, tavola 3 per dettagli)

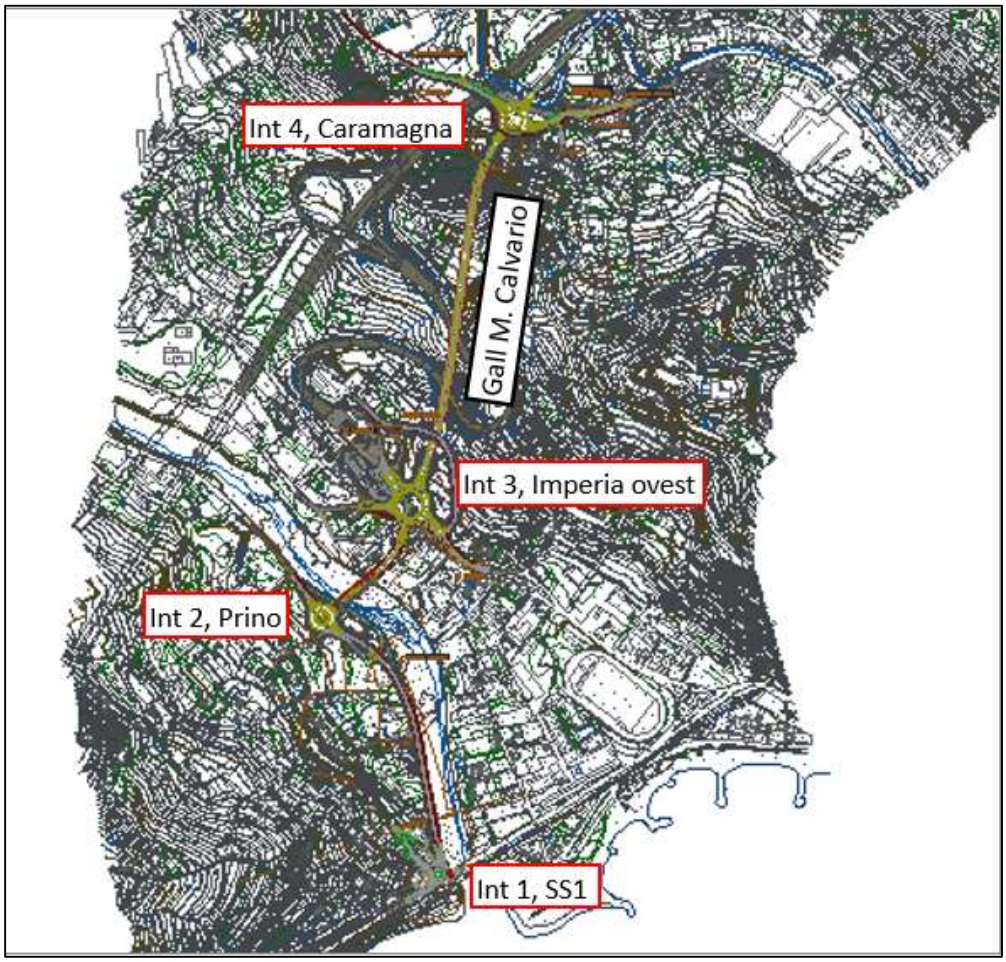


Figura 5 – Layout progettuale variante: tavola 1

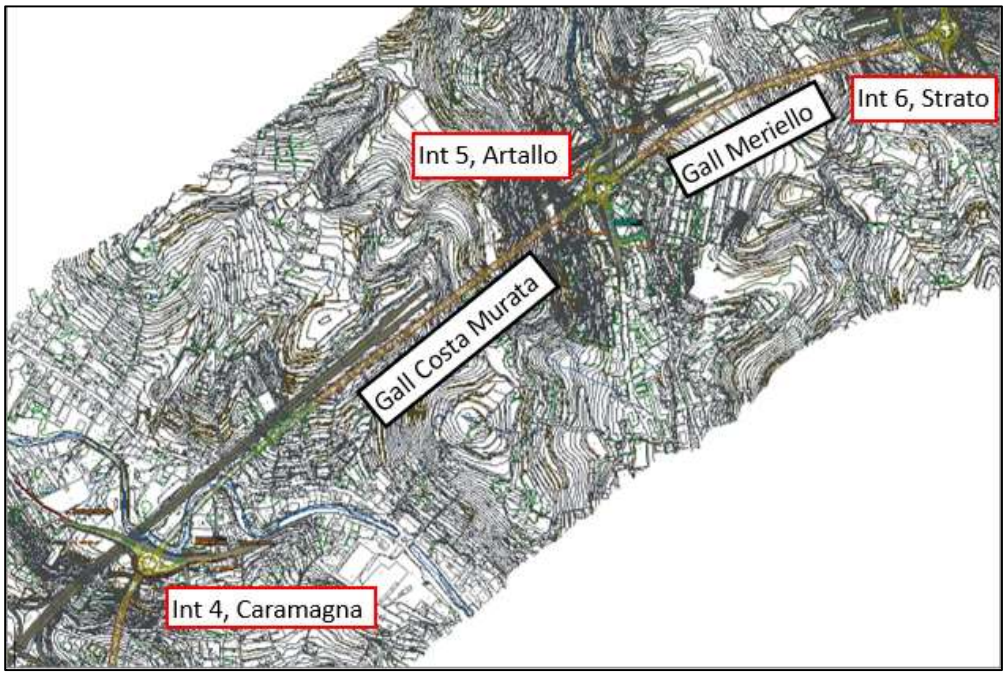


Figura 6 – Layout progettuale variante: tavola 2

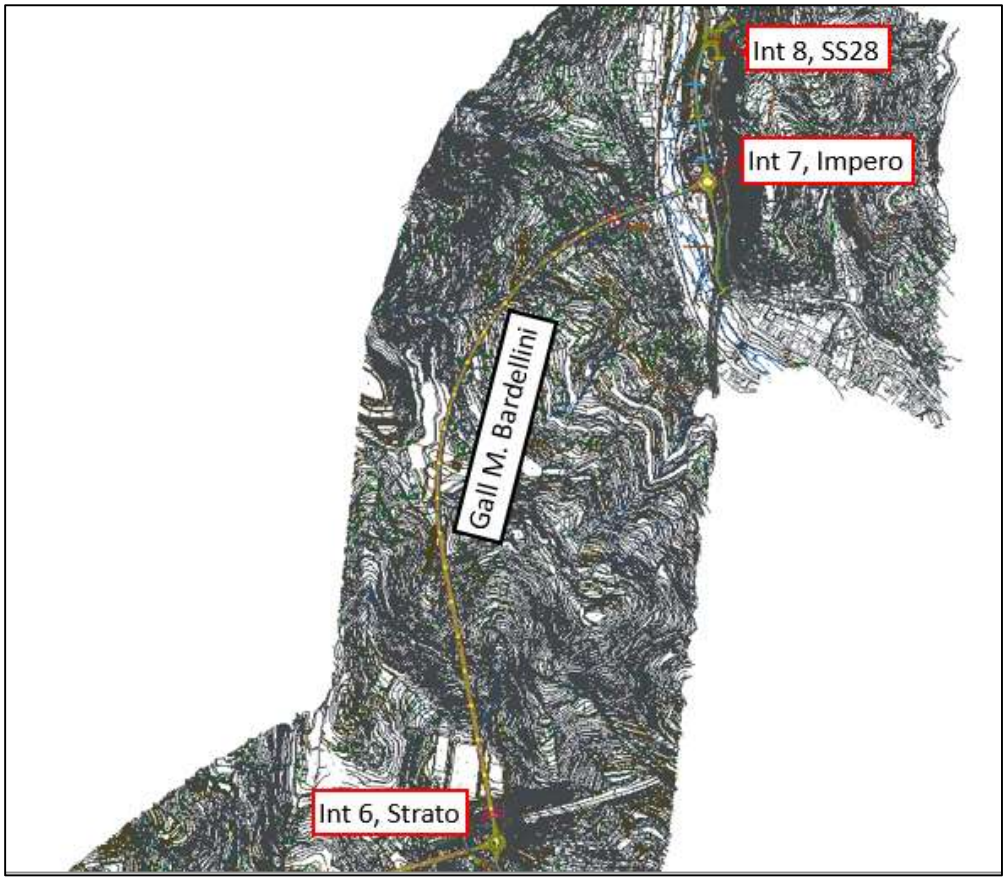


Figura 7 – Layout progettuale variante: tavola 3

5 ANALISI MACRO

Le valutazioni di carattere trasportistico sull'area interessata dalla nuova infrastruttura di progetto della variante alla SS1 in comune di Imperia sono state condotte utilizzando un modello di simulazione dei flussi di traffico che, dato il forte impatto che l'intervento apporta alla rete stradale, è esteso all'intera fascia costiera tra Diano Marina e Arma di Taggia.
Tale modello costituisce di fatto uno strumento di supporto alle decisioni in materia di analisi e pianificazione dei trasporti e della mobilità, consentendo di fornire previsioni attendibili in merito alla ridistribuzione dei flussi di traffico nei diversi scenari analizzati nella rete di studio prossima all'intervento.
La scelta di un macromodello a scala relativamente vasta è motivata anche dalla necessità di rilevare l'eventuale presenza di variazioni di percorsi sulla viabilità introdotta ed esistente.
Le stime sulla ridistribuzione della domanda, destinata ad impegnare l'area di influenza dell'infrastruttura in progetto, sono state ottenute mediante l'utilizzo di un modello di simulazione dei flussi di traffico implementato con il software VISUM, prodotto e commercializzato dalla società PTV. VISUM è uno strumento di modellazione del traffico riconosciuto unanimemente dalla comunità scientifica come riferimento per tale tipo di simulazioni.
Il modello di simulazione dei flussi di traffico, riferito all'intero territorio comunale di Imperia e ai limitrofi comuni costieri, è descritto in termini di offerta da un grafo stradale derivato dalla base dati NavTeq, mentre in termini di domanda si fa riferimento alle matrici origine/destinazione (O/D) relative agli spostamenti compiuti, nell'ora di punta mattutina del giorno feriale della stagione invernale e nell'ora di punta del venerdì per la stagione estiva.

5.1 La zonizzazione territoriale

Al fine di stabilire la suddivisione di zone corretta da utilizzare per le macrosimulazioni è stata presa a riferimento in prima istanza la zonizzazione riportata nel PUM di Imperia (2006) che prevedeva una suddivisione del territorio interessato in otto macrozone.
La città di Imperia è stata suddivisa in quattro zone di cui due corrispondenti ai centri storici di Porto San Maurizio e Oneglia e le rimanenti due rispettivamente alla zona a ponente e a levante del Torrente Impero (Imperia levante, Imperia ponente, Porto San Maurizio e Oneglia).
La fascia di prima cintura è stata ulteriormente suddivisa in tre macrozone, che individuano: i comuni costieri localizzati a levante rispetto a Imperia, i costieri localizzati a Ponente di Imperia e i comuni dell'area Montana (area vasta levante, area vasta ponente, area vasta montana).
L'ottava zona comprende infine tutto ciò che si trova all'esterno dell'area di studio (esterno).

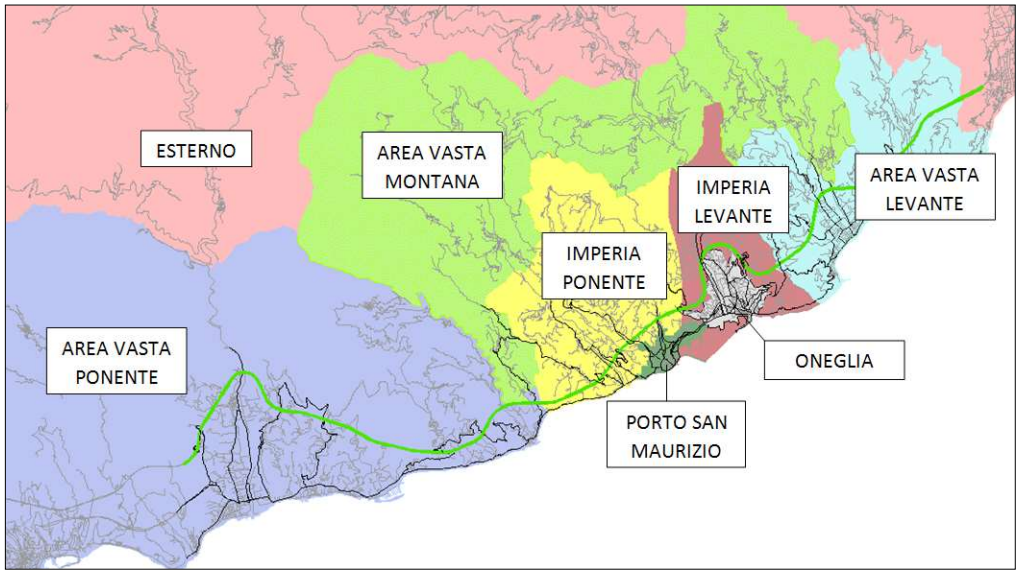


Figura 8 – Zonizzazione di riferimento (PUM)

Al fine di analizzare nel dettaglio la viabilità interessata dalla realizzazione della nuova infrastruttura (la variante) è stato necessario suddividere ulteriormente la zonizzazione proposta nel PUM In particolare, ogni macrozona è stata ripartita in subzone per meglio dettagliare i diversi contesti territoriali presenti nella zona di studio. In particolare, sono state individuate 48 zone suddivise come mostrato nella seguente tabella:

macro zona	zone
Esterno	7
Area Vasta Ponente	11
Imperia Ponente	7
Area Vasta Montana	4
Area Vasta Levante	7
Porto Maurizio	5
Oneglia	4
Imperia Levante	4

Tabella 1 – zone individuate

5.2 La rete infrastrutturale

Lo strumento di analisi utilizzato per la modellizzazione del sistema di offerta si basa su un grafo di rete stradale complessivamente costituito da:

- circa 1700 nodi (con associata la tipologia dello svincolo che essi rappresentano);
- oltre 2900 archi orientati (con associate informazioni quali, ad esempio, la lunghezza, la capacità di deflusso orario in termini di veicoli equivalenti, la velocità di progetto, etc.);
- oltre 3600 manovre di svolta (con associato il perditempo agli incroci).

Per quanto concerne la caratterizzazione del grafo si è proceduto all'organizzazione della rete in 4 classi principali di strade, in base al parametro "Func_Class", ciascuna delle quali suddivisa, a sua volta, in varie sottoclassi in ragione dei valori di capacità, della forma funzionale della curva di

deflusso e della velocità di percorrenza ad arco scarico. La classificazione principale utilizzata è riportata nella tabella successiva.

Func_Class	Denominazione	N° archi
1	Autostrade	344
2	viabilità principale	1067
3	viabilità secondaria	192
4	viabilità locale	1295
TOTALE		**2898**

Tabella 2 – Classificazione degli archi stradali del grafo

La successiva figura mostra il grafo del modello di traffico utilizzato: essenzialmente si tratta delle viabilità principali parallele alla costa ossia l'autostrada A10 (in verde) e la SS1 le connessioni trasversali presso i 4 caselli e i collegamenti verso l'entroterra tra cui la SS28 del Col di Nava.

Nello scenario progettuale (SDP) verranno aggiunti gli archi corrispondenti alla variante e alle opere programmatiche (e modificati i sensi di percorrenza dove necessario).

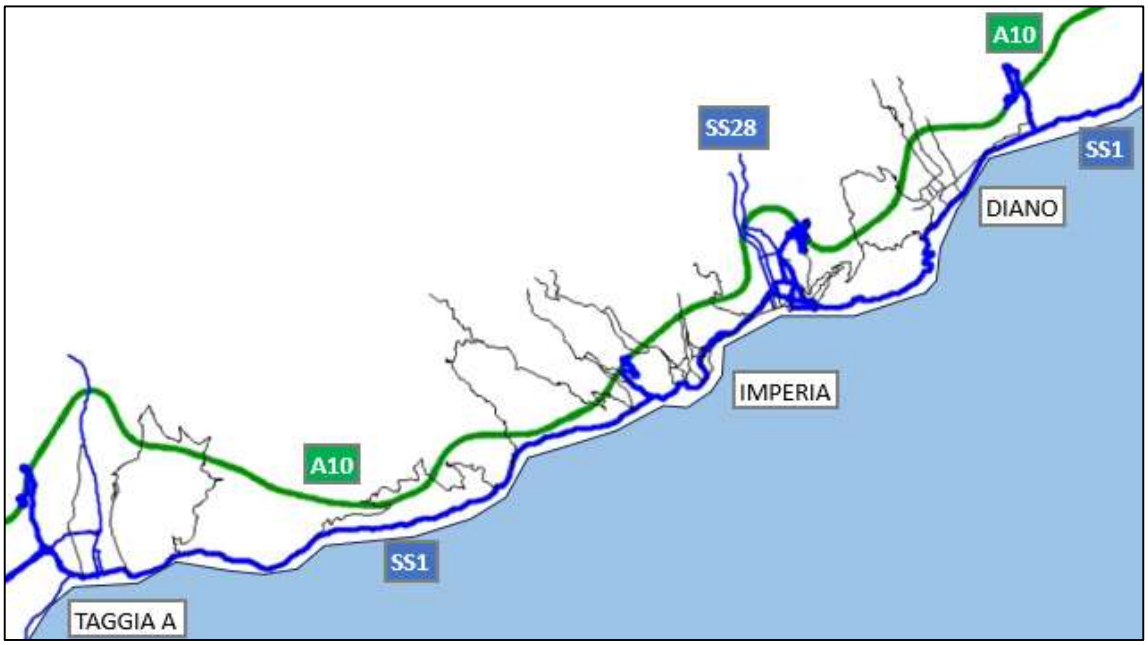


Figura 9 – Mappa del grafo di rete considerato

5.3 Le principali banche dati di riferimento

Per la ricostruzione della domanda attuale di spostamento sono stati appunto utilizzati i dati FCD espansi come precedentemente descritto.

L'immagine seguente mostra la localizzazione delle sezioni di rilievo distinti per tipologia di fonte. Per ciò che concerne i dati FCD, disponibili potenzialmente per ogni arco, si è scelto di considerare alcune sezioni maggiormente rappresentative sia in termini di flussi transitanti che in termini di distribuzione geografica.

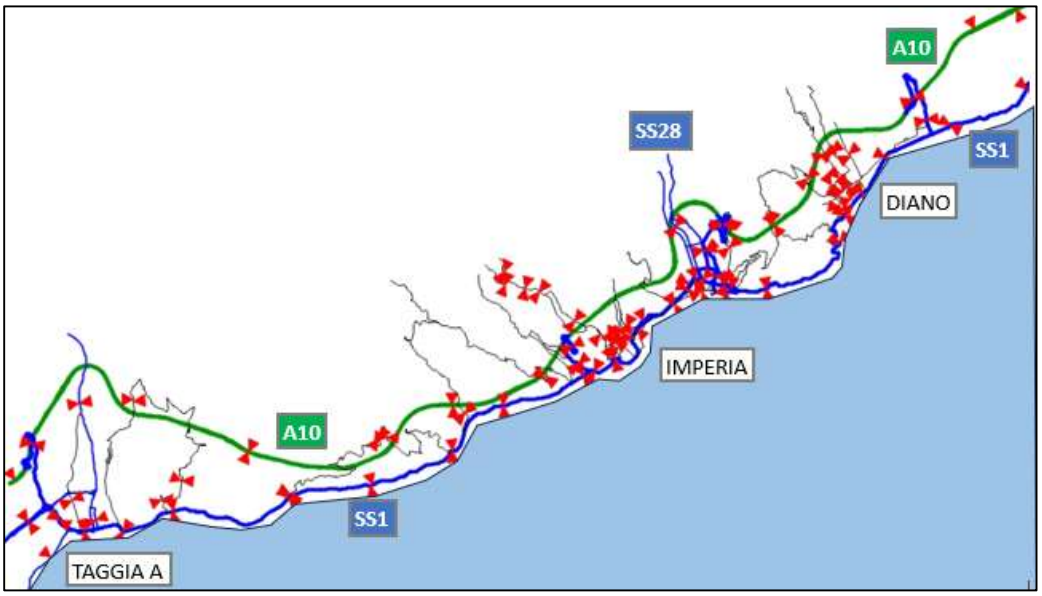


Figura 10 – Mappa delle sezioni di rilievo considerate

Si riporta nella successiva immagine un maggior dettaglio in prossimità dell'area di Imperia.

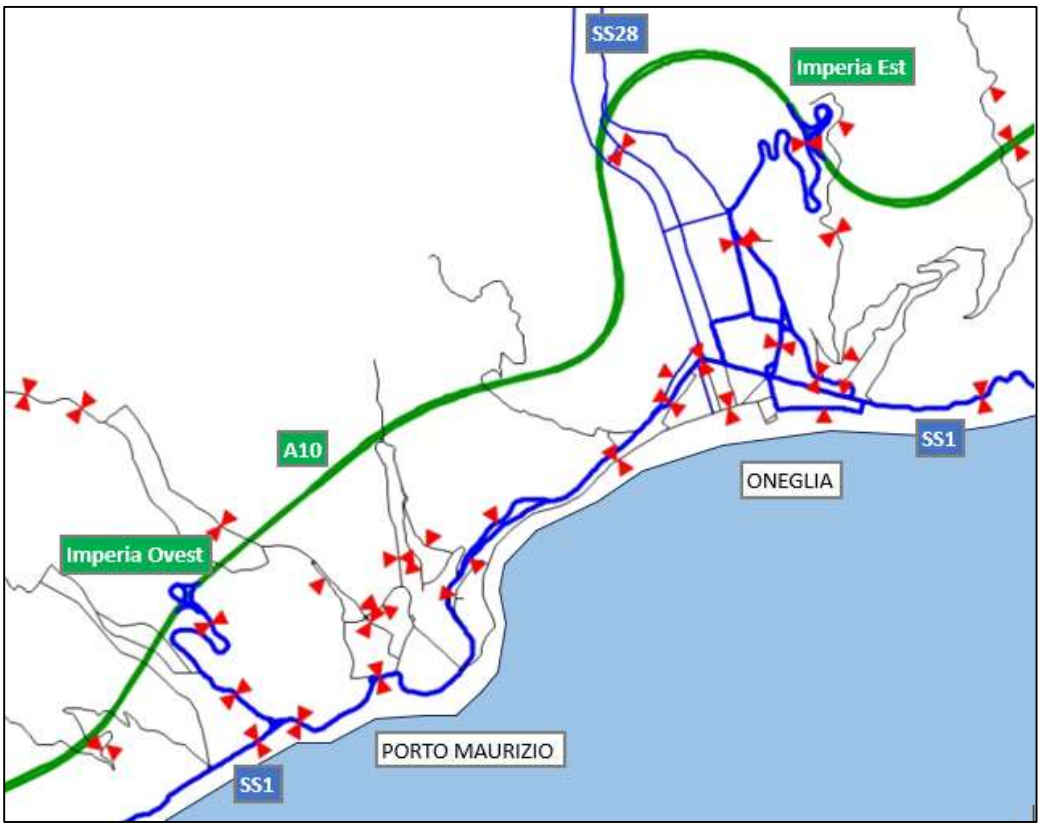


Figura 11 – Zoom sezioni di rilievo nell'area di interesse

Le sezioni di controllo sono localizzate maggiormente all'interno dei centri abitati e in prossimità delle intersezioni con la nuova infrastruttura in progetto.

5.4 La validazione del modello di traffico

L'assegnazione della matrice ottenuta dal procedimento di stima ha restituito la distribuzione attuale del traffico veicolare sulla rete stradale dell'intera area di studio, nell'ora di punta della mattina del giorno feriale invernale sia nell'ora di punta serale della stagione estiva.
L'attendibilità dei risultati conseguiti in termini di verosimiglianza tra distribuzione simulata e distribuzione reale dei flussi sulla rete di trasporto è stata verificata mediante la validazione dello scenario attuale.
Il metodo di verifica applicato è quello denominato dell'R2. Questa funzione statistica misura la correlazione esistente tra variabile indipendente (i flussi osservati) e variabile dipendente (i flussi stimati), attraverso la costruzione di un modello di regressione lineare: ha un valore compreso nell'intervallo 0-1, ove 1 indica perfetta correlazione e 0 indica totale indipendenza tra le due variabili. Nell'utilizzare tale parametro statistico, occorre fare attenzione anche al valore di pendenza della retta di regressione, dove 1 indica l'assenza di distorsioni del bias (ovvero del valor medio delle due serie di dati: flussi osservati e flussi stimati). L'effettiva coincidenza dei dati osservati e misurati si ottiene soltanto laddove R2 e la pendenza assumano valore uguale a 1.
Convenzionalmente si tende a considerare come attendibili le risultanze dell'assegnazione di un modello di simulazione di traffico in grado di restituire una correlazione non inferiore a 0,80.
Tale soglia nominale viene, inoltre, valutata anche in ragione della numerosità dei punti di confronto, dal momento che più è esteso l'insieme dei punti di monitoraggio dei flussi, maggiore è la possibilità che possano rilevarsi distorsioni, magari di natura locale, rispetto alla tendenza generale del campione di analisi. Per quanto concerne il modello di traffico messo a punto, il confronto tra volumi di traffico simulati e volumi rilevati in campo e raccolti da fonti terze è stato effettuato con riferimento alle sezioni di confronto disponibili nell'intera banca dati.
Sotto il profilo delle risultanze, il test dell'R2 evidenzia l'elevata attendibilità dei risultati derivanti dalle assegnazioni del modello implementato; nelle immagini che seguono, relative ai risultati dell'analisi di assegnazione, sono riportati i valori del test dell'R2 e della pendenza per le simulazioni condotte rispetto allo scenario attuale per l'ora di punta della mattina invernale e per quella serale estiva con riferimento all'area di studio. Si osservi come nell'area di studio si ottiene un valore di R2 pari a 0.93 per la stagione invernale e 0.95 per quella estiva con le relative pendenze vicine allo 0.9 e all'1.

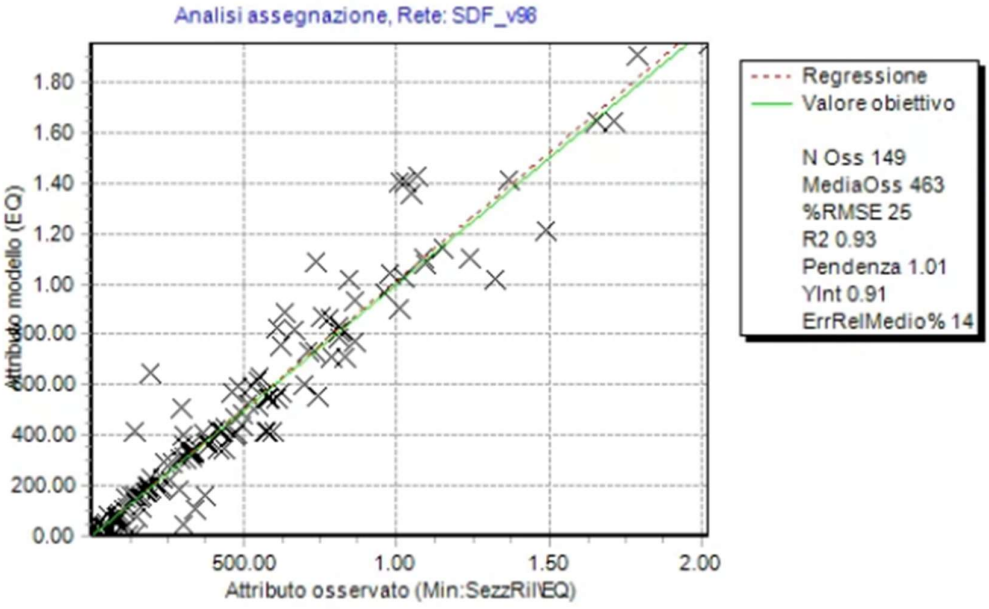


Figura 12 – Analisi assegnazione della mattina invernale per l'area di studio

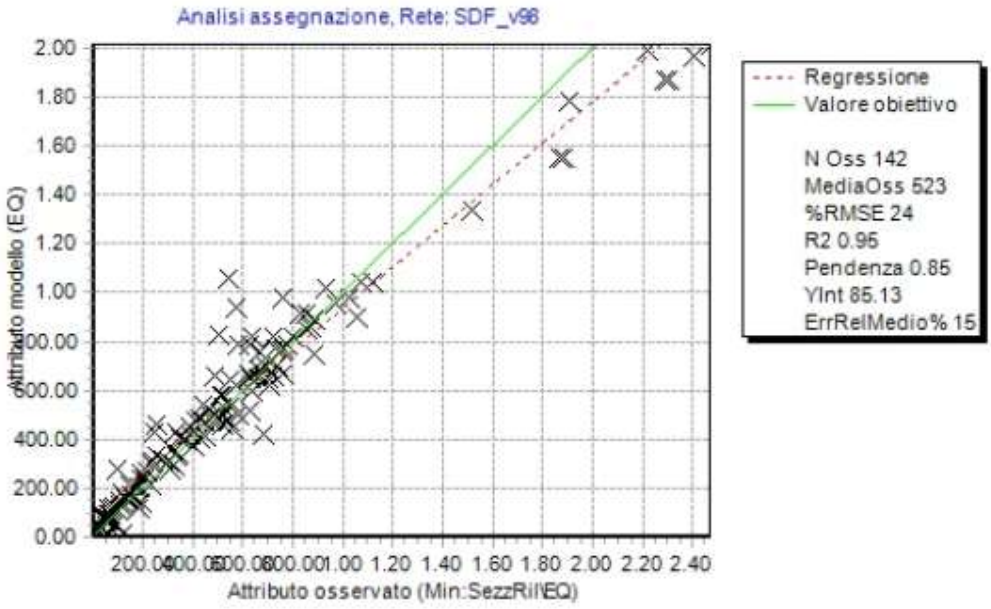


Figura 13 – Analisi assegnazione della sera estiva per l'area di studio

5.5 Risultati delle macrosimulazioni

La matrice O/D ottenuta dal processo di correzione e calibrazione dello scenario dello stato di fatto è stata quindi assegnata alla rete prevista per i diversi scenari di interesse (SDF, SDR e SDP), per stimare i relativi carichi attesi sugli archi della rete di studio, nell'ora di punta mattutina del periodo invernale, rappresentativo dei flussi sistematici per lavoro e studio propri dell'area, sia nell'ora di punta serale del periodo estivo, rappresentativo della componente più turistica e ricreativa.
Nei paragrafi seguenti vengono mostrati i risultati ottenuti in forma grafica.
Il diagramma di carico, che costituisce uno dei risultati principali delle simulazioni effettuate, riporta l'entità del traffico su ciascun arco stradale della rete di trasporto complessiva, mediante una visualizzazione basata, a larga scala, principalmente sul colore delle bande che descrivono i flussi (flussogrammi): i colori delle bande identificano la fascia di traffico corrispondente sull'arco; per visualizzazioni a scala più ridotta per ogni arco sono riportate le etichette con il valore del flusso (nel caso distinto per direzione di marcia).

Il valore in vicoli equivalenti è ottenuto dalla somma di:

- flusso di veicoli leggeri moltiplicato per 1
- flusso di veicoli pesanti moltiplicato per 2.5

5.5.1 Stato di Fatto (SDF)

Qui di seguito vengono riportati il diagramma di carico in termini di veicoli equivalenti relativi all'ora di punta mattutina del periodo invernale e dell'ora di punta serale del periodo estivo degli scenari stato di fatto per l'area di studio: in particolare nelle successive immagini, viene riportato in primis uno zoom dell'intera area di studio, poi relativo all'area comunale di Imperia direttamente impattata dalla realizzazione della variante. Le simulazioni sono state redatte combinando la rete infrastrutturale attuale (2021, 2022 in coerenza con i dati) e la domanda attuale, così come ricostruita

a partire dai dati di traffico (rilievi e FCD).

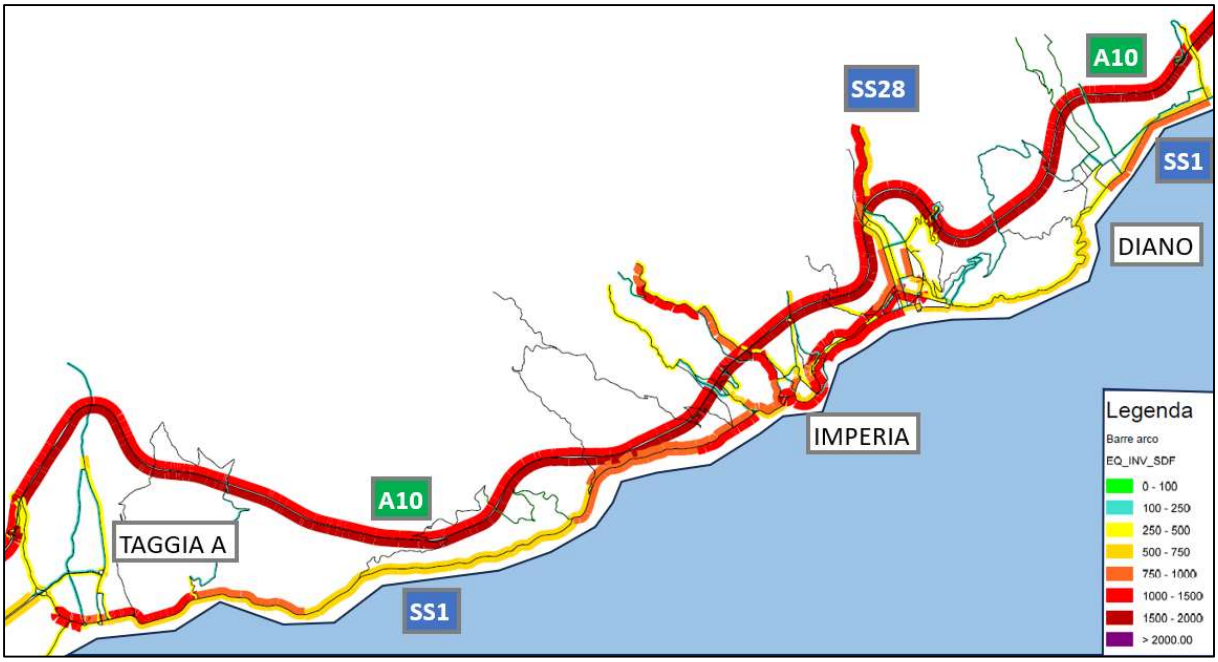


Figura 14 – SDF mattina invernale: flussogramma area di studio [veicoli equivalenti]



Figura 15 – SDF sera estiva: flussogramma area di studio [veicoli equivalenti]



Figura 16 – SDF mattina invernale: flussogramma area Imperia [veicoli equivalenti]



Figura 17 – SDF sera estiva: flussogramma area Imperia [veicoli equivalenti]

5.5.2 Tasso di crescita

Al fine di valutare l'entità dei flussi che interesserà la rete stradale dell'area di studio è stato considerato come orizzonte temporale di riferimento l'anno 2029, in cui si prevede l'entrata in esercizio dell'infrastruttura di progetto.
Per poter determinare l'entità del tasso di crescita della domanda di trasporto relativa a tale orizzonte temporale si è fatto riferimento a quanto stimato da ANAS relativamente all'area di Imperia.
In particolare, è prevista una crescita del 16.4% per i mezzi leggeri e del 9.7% per i mezzi commerciali pesanti.

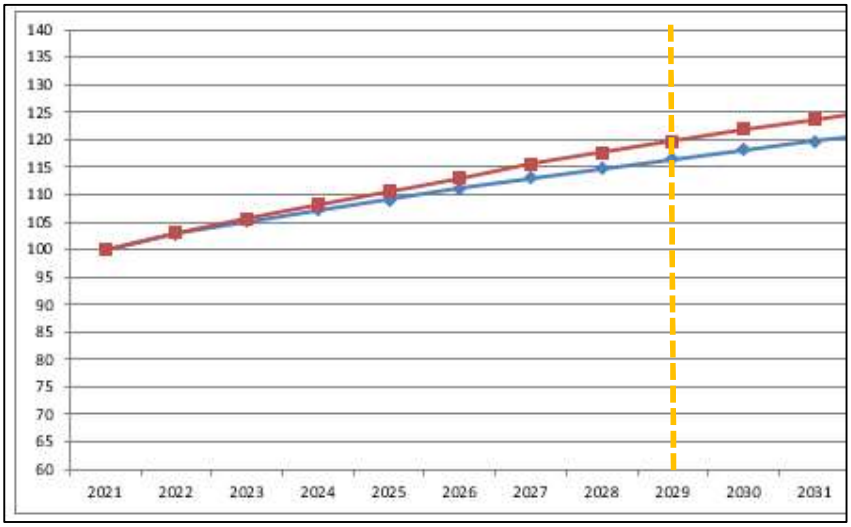


Figura 18 – andamento crescita traffico

5.5.3 Scenario di non-intervento (Riferimento o SDR)

Qui di seguito vengono riportati il diagramma di carico in termini di veicoli equivalenti relativi all'ora di punta mattutina del periodo invernale e all'ora di punta serale del periodo estivo dello scenario di non-intervento per l'area di studio: in particolare nelle successive immagini, viene riportata in primis una panoramica dell'intera area di studio, poi uno zoom relativo all'area comunale di Imperia. Le simulazioni sono state redatte combinando la rete infrastrutturale attuale e le opere in corso di realizzazione (o aperte al traffico dopo il 2022) e la domanda futura (orizzonte 2029) ottenuta espandendo la domanda attuale come sopra spiegato.



Figura 19 – SDR mattina invernale: flussogramma area di studio [veicoli equivalenti]

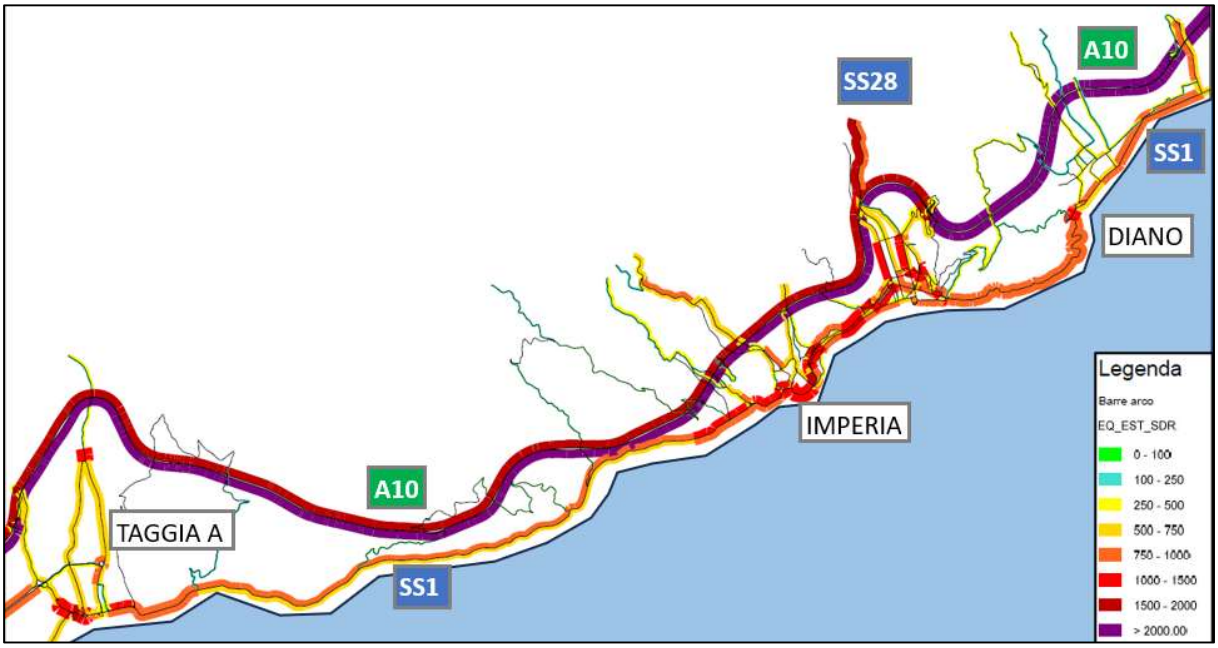


Figura 20 – SDR sera estiva: flussogramma area di studio [veicoli equivalenti]



Figura 21 – SDP mattina invernale: flussogramma area Imperia [veicoli equivalenti]



Figura 22 – SDR sera estiva: flussogramma area Imperia [veicoli equivalenti]

Per comprendere al meglio le dinamiche di traffico che si instaurano a seguito dell'inserimento simultaneo nella rete stradale in esame della domanda futura senza la contemporanea realizzazione dell'opera oggetto dello studio, sono stati redatti i cosiddetti "flussogrammi differenza" in cui ad ogni arco stradale viene associata la relativa differenza dell'entità di traffico che si rileva tra un ipotetico scenario A e uno scenario B: tali differenze sono rappresentate da barre rosse nel caso in cui il

flusso in A risulta essere maggiore del flusso in B (l'arco quindi viene caricato) o da barre verdi in caso contrario (l'arco si scarica). Per il presente studio i grafici sono stati ottenuti dal confronto tra lo stato di non-intervento e lo stato di fatto (SDR – SDF), per ognuna delle stagioni esaminate.



Figura 23 – Flussogramma differenza mattina invernale SDR-SDF [veicoli equivalenti]

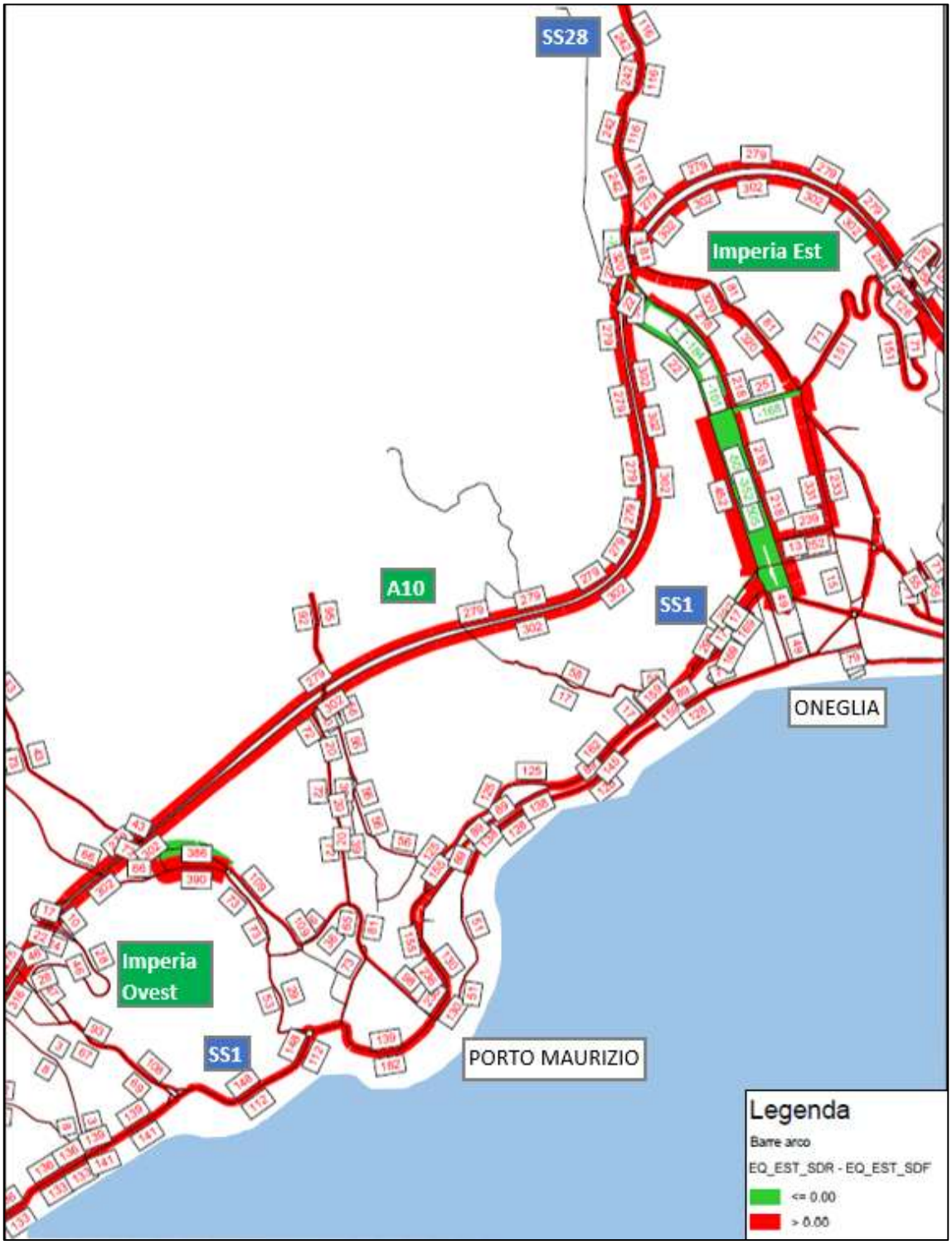


Figura 24 – Flussogramma differenza sera estiva SDP-SDF [veicoli equivalenti]

Dall'osservazione di tali flussogrammi è possibile notare che in entrambe le stagioni la crescita tendenziale della domanda di spostamento prevedibile entro il 2029 porta ad un incremento sostanzialmente uniforme dei flussi di traffico sugli archi stradali dell'area della città di Imperia compresa la SS1 e l'autostrada A10. Le variazioni a tale incremento uniforme si verificano:

- Nell'area di Caramagna in conseguenza dell'apertura completa del percorso (via Marte) sulla sponda destra del torrente Caramagna che porta ad una riduzione dei flussi sulla viabilità della sponda sinistra;
- Nell'area centrale di Oneglia, sulle sponde del torrente Impero e sulla porzione urbana della SS28 in conseguenza della ridefinizione dei sensi di marcia delle strade arginali del torrente Impero (via G. Alterisio e via F. Scajola) che porta ad una redistribuzione dei flussi con riduzione dei flussi sulla direttrice lungo il torrente Impero e maggiore aumento lungo la SS28 (via Garessio).

5.5.4 Scenario di Progetto (SDP)

Qui di seguito vengono riportati il diagramma di carico in termini di veicoli equivalenti relativi all'ora di punta mattutina del periodo invernale e all'ora di punta serale del periodo estivo degli scenari stato di progetto per l'area di studio: in particolare nelle successive immagini, viene riportato in primis uno zoom dell'intera area di studio, poi relativo all'area comunale di Imperia direttamente impattata dalla realizzazione della variante. Le simulazioni sono state redatte combinando la rete infrastrutturale futura (2029, con la variante e le opere in corso di realizzazione) e la domanda futura ottenuta espandendo la domanda attuale come sopra spiegato.



Figura 25 – SDP mattina invernale: flussogramma area di studio [veicoli equivalenti]



Figura 26 – SDP sera estiva: flussogramma area di studio [veicoli equivalenti]



Figura 27 – SDP mattina invernale: flussogramma area Imperia [veicoli equivalenti]



Figura 28 – SDP sera estiva: flussogramma area Imperia [veicoli equivalenti]

Per comprendere al meglio le dinamiche di traffico che si instaurano a seguito dell'inserimento simultaneo nella rete stradale in esame dell'intervento di progetto, sono stati redatti i cosiddetti "flussogrammi differenza" in cui ad ogni arco stradale viene associata la relativa differenza dell'entità di traffico che si rileva tra un ipotetico scenario A e uno scenario B: tali differenze sono rappresentate da barre rosse nel caso in cui il flusso in A risulta essere maggiore del flusso in B (l'arco quindi viene caricato) o da barre verdi in caso contrario (l'arco si scarica). Per il presente studio i grafici sono stati

ottenuti dal confronto tra lo stato di progetto e lo stato di fatto (SDP – SDF) per ognuna delle stagioni esaminate.



Figura 29 – Flussogramma differenza mattina invernale SDP-SDF [veicoli equivalenti]



Figura 30 – Flussogramma differenza sera estiva SDP-SDF [veicoli equivalenti]

Dall'osservazione di tali flussogrammi è possibile notare che in entrambe le stagioni l'apertura della variante porta a una sostanziale riduzione dei flussi di traffico all'interno del centro abitato di Imperia, in particolare a Porto Maurizio, sulla porzione urbana di SS1 di collegamento con Oneglia e sulle viabilità lungo il torrente Impero (a monte dell'attuale stazione ferroviaria) con riduzioni massime

anche nell'ordine dei 350 - 600 veicoli equivalenti per direzione nello scenario estivo e circa 200 – 400 nello scenario invernale.

Gli incrementi di traffico che si riscontrano sono:

- Concentrati sulle viabilità di adduzione alla nuova variante, soprattutto alle spalle del nucleo di Porto Maurizio, segno che tale arteria verrà utilizzata, oltre che dai flussi di semplice attraversamento, anche per una diversa distribuzione dei flussi in ingresso e uscita dall'urbanizzato, ad esempio la relazione Porto Maurizio – statale per il colle di Nava oppure le relazioni verso il casello di Imperia ovest e in ultimo per tragitti interni alla città;
- Localizzati sulla A10, nella parte est di Oneglia e sulla SS28 a monte dell'autostrada e sono dovuti all'aumento generalizzato del traffico che si prevede da qui all'entrata in esercizio della variante;
- Localizzati nel centro di Oneglia, dovuti anche agli effetti degli interventi di modifica dei sensi di marcia di alcune viabilità, compiuti tra la fine del 2022 e l'estate del 2023, i cui effetti non sono contemplati dai rilievi fatti e che quindi sono ricompresi nello scenario SDP (opere programmatiche - come descritto precedentemente).

Per una maggiore comprensione del funzionamento della nuova variante di seguito si mostrano i flussi in termini di veicoli leggeri, pesanti ed equivalenti sulle singole tratte della nuova infrastruttura comprese tra 2 intersezioni.



Figura 31 – tratte nuova infrastruttura

Per direzione 1 si intende verso monte / SS28, per direzione 2 si intende verso mare / SS1

INVERNO							
TRATTA	DESCRIZIONE	LEGG DIR1	LEGG DIR2	PES DIR1	PES DIR2	VEIC EQ DIR1	VEIC EQ DIR2
1	S.S. 1 - via Giovanni Balestra	374	162	54	17	509	204
2	via Giovanni Balestra - Imperia Ovest	366	122	47	14	484	157
3	Imperia Ovest - S.P. 41	188	281	26	28	252	352
4	S.P. 41 - via Lorenzo Acquarone	329	334	23	20	386	384
5	via Lorenzo Acquarone - via Giovanni Strato	544	674	28	28	613	744
6	via Giovanni Strato - Via Ponte Vecchio	314	585	19	28	361	655
7	via Ponte Vecchio - SS28	527	937	45	31	640	1015

Tabella 3 – flussi per tratta – inverno

ESTATE							
TRATTA	DESCRIZIONE	LEGG DIR1	LEGG DIR2	PES DIR1	PES DIR2	VEIC EQ DIR1	VEIC EQ DIR2
1	S.S. 1 - via Giovanni Balestra	155	332	14	55	189	470
2	via Giovanni Balestra - Imperia Ovest	144	302	9	46	166	417
3	Imperia Ovest - S.P. 41	160	406	10	30	186	482
4	S.P. 41 - via Lorenzo Acquarone	341	587	19	25	388	649
5	via Lorenzo Acquarone - via Giovanni Strato	474	791	27	28	541	860
6	via Giovanni Strato - Via Ponte Vecchio	264	617	9	31	286	694
7	via Ponte Vecchio - SS28	433	982	37	32	526	1062

Tabella 4 – flussi per tratta – estate

Emerge come le tratte che vedono maggiori flussi sono quelle di estremità (1 e 5, 6, 7) che rispettivamente permettono i collegamenti con l'autostrada presso il casello Imperia ovest e il collegamento diretto tra la SS28 e la zona costiera e Porto Maurizio evitando il transito per il contro abitato di Oneglia, in particolare la tratta 7 comprende sia i flussi che interessano la variante sia i flussi da e per la viabilità arginale del torrente Impero, dato che tale tratta andrà a sostituire l'attuale intersezione tra via Ponte Vecchio e la SS28.

6 VERIFICA FUNZIONALE DELLE ROTATORIE

La verifica della funzionalità e del corretto dimensionamento della futura variante, data la configurazione del tracciato prevede la verifica funzionale delle 8 rotatorie previste. Questo perché il tracciato vede la presenza di intersezioni a rotatoria collegate da tratte stradali di limitata lunghezza con andamento curvilineo che globalmente offrono un'esperienza di viaggio "spezzata" con frequenti rallentamenti dati appunto dall'approccio alle intersezioni a raso.
In particolare, gli obiettivi sono verificare che le intersezioni considerate siano in grado di smaltire i flussi di traffico previsti negli scenari di riferimento, nell'ora di punta mattutina feriale della stagione invernale e nell'ora di punta serale estiva e stimarne il livello di servizio per verificare che rimanga entro i limiti da normativa per una strada extraurbana secondaria di nuova realizzazione.

6.1 Le intersezioni analizzate

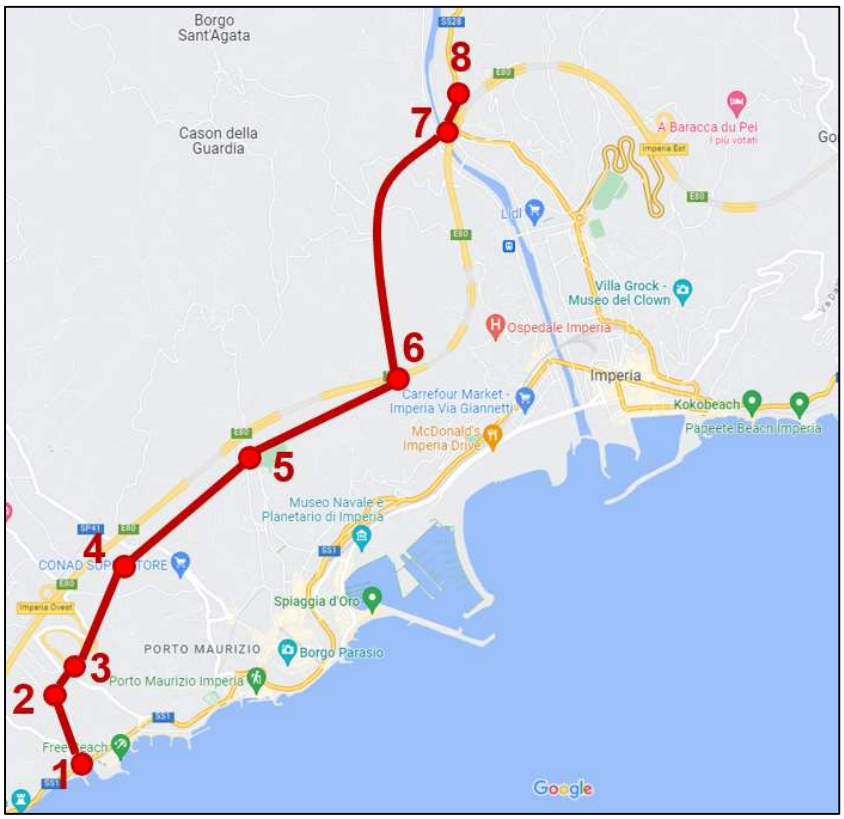


Figura 32 – Localizzazione intersezioni a rotatoria analizzate

Nella figura precedente sono indicate le rotatorie oggetto di analisi, di seguito una raffigurazione schematica con alcuni dati

l'intersezione 1

Rotatoria a 4 rami di connessione con la SS1, con raggio esterno pari a circa 15m; il ramo 2 (via G. Ballestra) fa parte del percorso della variante.

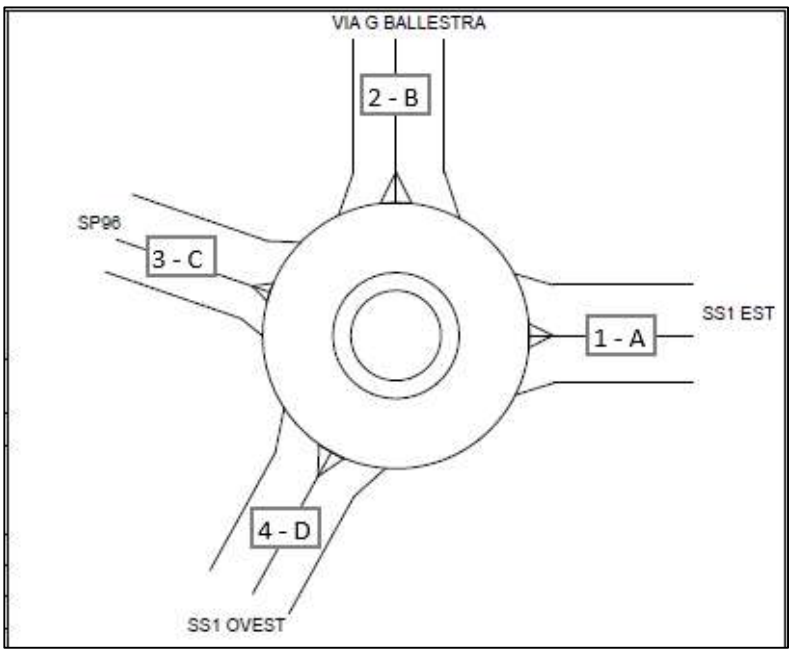


Figura 33 – schema intersezione 1

l'intersezione 2

Rotatoria a 3 rami di collegamento con il nuovo ponte sul Prino e via Ballestra, con raggio esterno pari a 20m; i rami 1 (via Ballestra sud) e 2 (ponte Prino) fanno parte del percorso della variante.

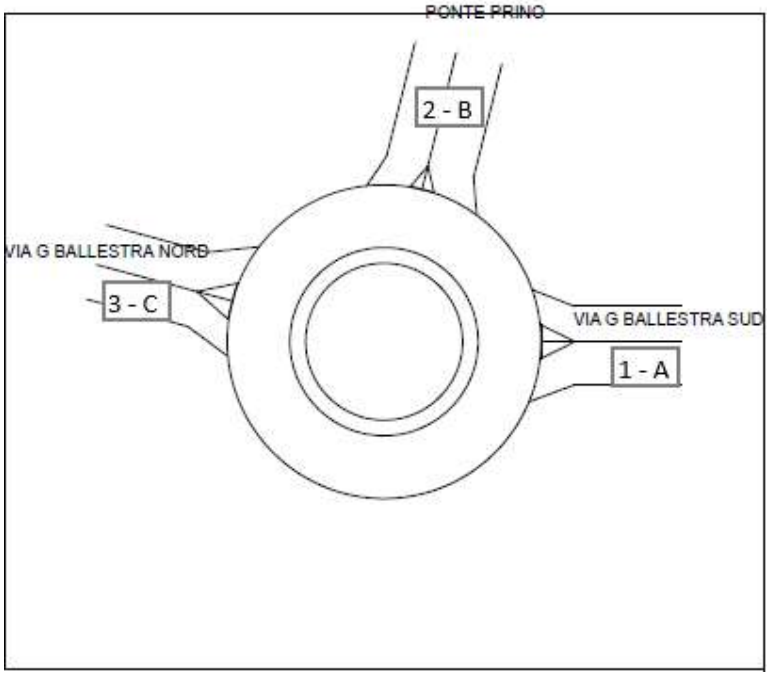


Figura 34 – schema intersezione 2

l'intersezione 3

Rotatoria a 5 rami di collegamento con l'accesso al casello Imperia Ovest con raggio esterno pari a 30m, i rami 2 (galleria Monte Calvario) e 5 (ponte Prino) fanno parte del percorso della variante;

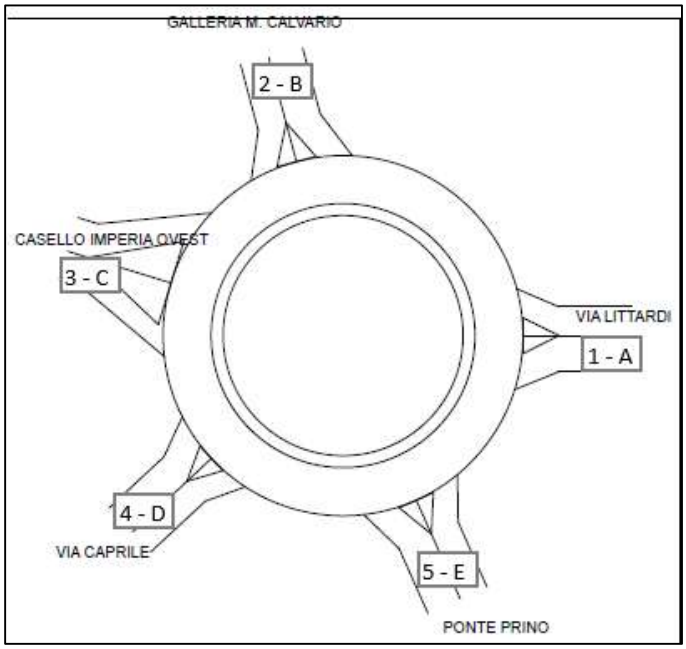


Figura 35 – schema intersezione 3

l'intersezione 4

Rotatoria a 4 rami di collegamento con via Terziere con raggio esterno pari a circa 23m; i rami 2 (ponte Caramagna) e 4 (galleria Monte Calvario) fanno parte del percorso della variante.

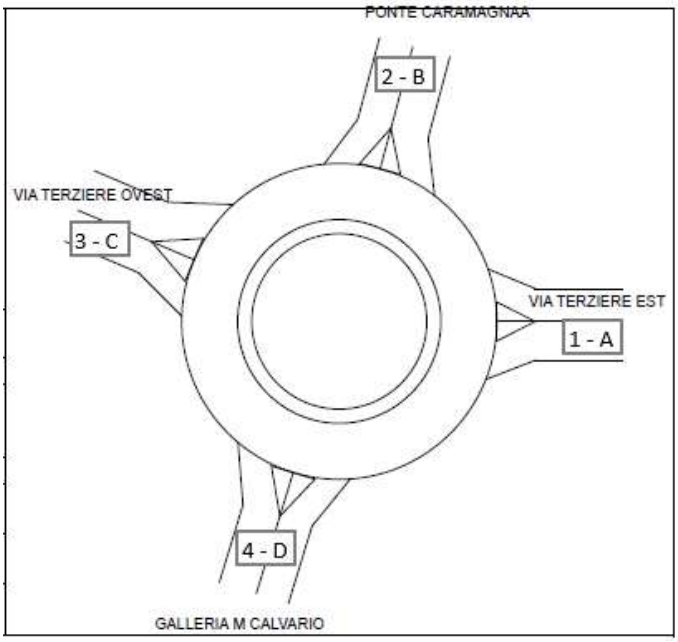


Figura 36 – schema intersezione 4

l'intersezione 5

Rotatoria a 4 rami di collegamento con via Artallo con raggio esterno pari a 25m; i rami 1 (galleria Meriello) e 3 (galleria Costa Murata) fanno parte del percorso della variante.

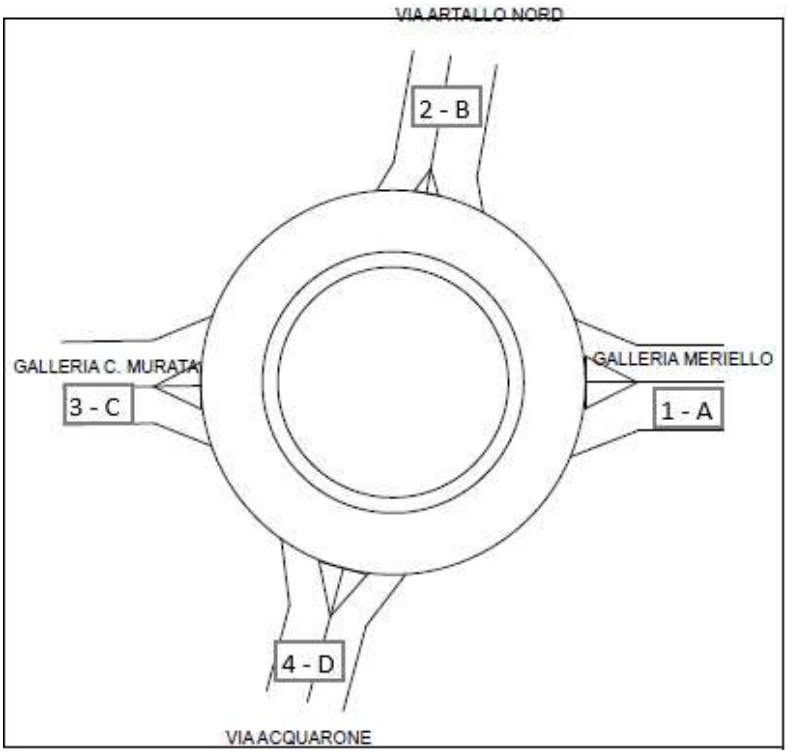


Figura 37 – schema intersezione 5

l'intersezione 6

Rotatoria a 3 rami di collegamento con via G. Strato, con raggio esterno pari a 25m; i rami 1 (galleria Bardellini) e 2 (galleria Meriello) fanno parte del percorso della variante.

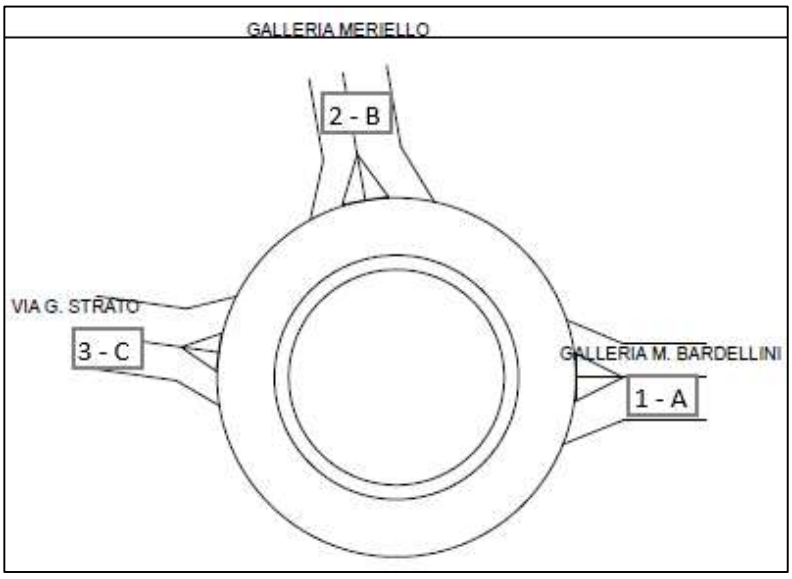


Figura 38 – schema intersezione 6

l'intersezione 7

Rotatoria a 3 rami di collegamento con via Ponte Vecchio con raggio esterno pari a 25m; i rami 1 (progettuale) e 2 (ponte Impero) fanno parte del percorso della variante.

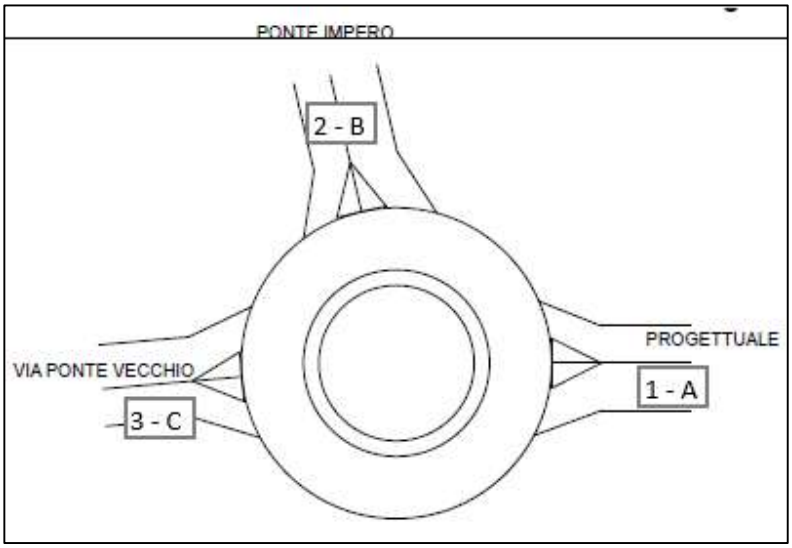


Figura 39 – schema intersezione 7

l'intersezione 8

Rotatoria a 3 rami di collegamento con la SS28 con raggio esterno pari a circa 23m; il ramo 2 (progettuale) fa parte del percorso della variante.

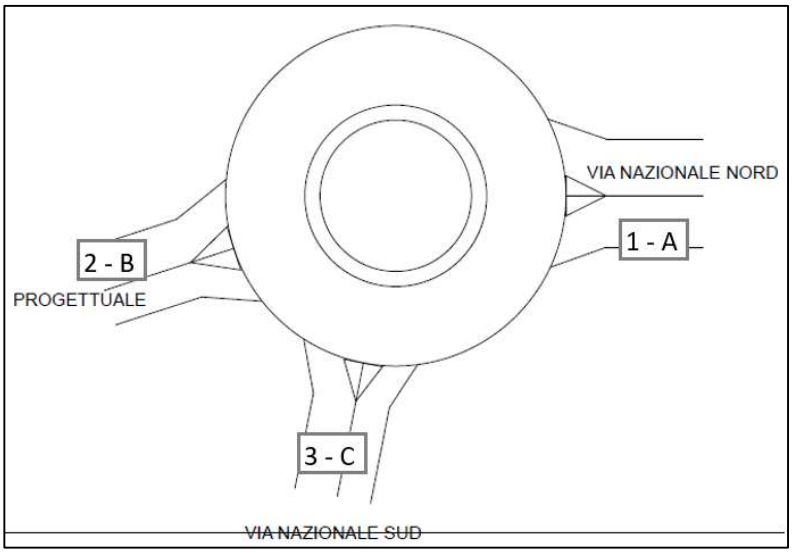


Figura 40 – schema intersezione 8

6.2 Metodologie di analisi

Le analisi delle rotatorie hanno come scopo ultimo la determinazione del livello di servizio associato ad ognuno dei rami che le compongono, il livello di servizio peggiore dei rami è considerato come livello di servizio della rotatoria. Per determinare tale livello sono state seguite 2 differenti metodologie: la prima è basata sulla metodologia HCM e in ossequio a tale manuale stima il livello di servizio considerando ogni singolo ramo della rotatoria come intersezione a se stante, la seconda metodologia si avvale del software GIRABASE che considera la rotatoria completa e calcola per ogni ramo la riserva di capacità, ossia quanto tale ramo è lontano dalla congestione (tenendo conto della presenza degli altri rami), è possibile poi convertire la riserva di capacità in livello di servizio.
La prima metodologia viene spiegata nel seguente capitolo "METODO HCM", la seconda nel capitolo "METODO GIRABASE".

6.3 Metodo HCM

La metodologia suggerita dal manuale HCM per la stima del livello di servizio di una rotatoria con attestamenti a singola corsia e singola corsia nell'anello giratorio, ossia analoghe a quelle oggetto del presente studio, prevede l'analisi di ogni ramo come un'intersezione a precedenza con l'anello giratorio. Nel dettaglio la procedura opera un confronto tra la capacità di deflusso del ramo e il flusso effettivamente in transito determinando il ritardo che ogni veicolo mediamente ha nell'attraversare l'intersezione e quindi il livello di servizio della stessa. La capacità di deflusso dipende da una capacità base, che viene opportunamente ridotta considerando i flussi in transito nell'anello (che hanno la precedenza su quelli entranti) e i flussi in uscita dall'anello nello stesso ramo (che hanno comunque un effetto di disturbo sui conducenti in attesa di entrare, data l'incertezza delle traiettorie).
La capacità di deflusso base è stimata considerando che nella situazione ideale, senza flusso in opposizione, i veicoli in ingresso alla rotatoria si susseguano ad una distanza di 2.2 secondi uno dall'altro, la capacità oraria base è quindi data dal rapporto 3600/2.2 = 1636. Il valore 2.2 corrisponde al minimo intervallo tra 2 veicoli che intendono effettuare la svolta a sinistra dalla strada principale in un'intersezione regolata da precedenza (così come definito nel manuale HCM), situazione analoga all'ingresso in rotatoria sia per la necessità di rallentare per curvare sia per la non necessità di fermarsi se non vi sono veicoli in opposizione alla manovra (segnale di "dare la precedenza" invece che segnale di "stop").

EXHIBIT 17-5. BASE CRITICAL GAPS AND FOLLOW-UP TIMES FOR TWSC INTERSECTIONS

Vehicle Movement	Base Critical Gap, $t_{c,base}$ (s)		Base Follow-up Time, $t_{f,base}$ (s)
	Two-Lane Major Street	Four-Lane Major Street	
Left turn from major	4.1	4.1	2.2
Right turn from minor	6.2	6.9	3.3
Through traffic on minor	6.5	6.5	4.0
Left turn from minor	7.1	7.5	3.5

Tabella 5 – intervalli veicolari HCM

Tale valore di capacità viene appunto ridotto in base ai flussi in circolo nell'anello in corrispondenza dell'immissione e dei flussi in uscita allo stesso ramo, che vengono quindi debitamente calcolati a partire dalla matrice di nodo associata ad ogni rotatoria in ognuno dei 2 scenari oggetto delle simulazioni.

Dal confronto tra capacità di deflusso e veicoli in transito è possibile risalire, tramite apposita formula, al ritardo medio per ognuno dei veicoli in transito nell'immissione in rotatoria, a partire dal ritardo medio è possibile ricavare il livello di servizio di ogni singolo ramo dell'intersezione.
La tabella di conversione tra ritardo e livello di servizio è mostrata di seguito, in ogni caso se il flusso in transito (v) supera la capacità di deflusso (c) si ha livello di servizio pari a F (v/c > 1, saturazione

del ramo). Se il flusso è minore della capacità il livello di servizio è determinato dal ritardo medio veicolare.

ritardo (sec/veic)	LOS	
	v/c<=1	v/c>1
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Tabella 6 – ritardo / livello di servizio HCM

Di seguito sono presentati i risultati in termini di livello di servizio delle intersezioni indagate nei 2 periodi di punta considerati. Si prende come livello di servizio della rotatoria quello più alto dei rami che la compongono.

LOS INVERNO						
	RAMO 1	RAMO 2	RAMO 3	RAMO 4	RAMO 5	SINTESI
ROT1	C	A	A	B	-	C
ROT2	A	A	A	-	-	A
ROT3	A	A	A	A	A	A
ROT4	A	A	A	A	-	A
ROT5	B	A	A	A	-	B
ROT6	A	A	A	-	-	A
ROT7	C	A	A	-	-	C
ROT8	A	A	A	-	-	A

Tabella 7 – risultati metodo HCM OdP invernale

LOS ESTATE						
	RAMO 1	RAMO 2	RAMO 3	RAMO 4	RAMO 5	SINTESI
ROT1	A	B	A	A	-	B
ROT2	A	A	A	-	-	A
ROT3	A	A	A	A	A	A
ROT4	A	A	A	A	-	A
ROT5	C	C	B	A	-	C
ROT6	A	A	A	-	-	A
ROT7	C	A	A	-	-	C
ROT8	A	B	A	-	-	B

Tabella 8 – risultati metodo HCM OdP estiva

6.4 Metodo GIRABASE

La metodologia si avvale del software GIRABASE per il calcolo della riserva di capacità di ogni ramo della rotatoria, tale calcolo, come successivamente spiegato, tiene conto sia delle caratteristiche del ramo per cui viene calcolata (geometria e flussi) sia della presenza degli altri rami (posizione reciproca e flussi).
Una volta calcolato il reciproco della riserva di capacità è possibile convertire tale valore in livello di servizio andandolo a confrontare con le soglie di livello di esercizio / saturazione definite dal manuale HCM per le viabilità a carreggiate separate (che sono quelle che più si avvicinano alle caratteristiche dei corselli di approccio alle rotatorie).

6.4.1 *Metodo del calcolo riserva di capacità*

La verifica funzionale delle intersezioni a rotatoria è stata svolta mediante il software trasportistico GIRABASE, ampiamente usato in Italia e studiato in Francia dalla fine degli anni Settanta in specifico per l'analisi delle rotatorie, e successivamente sviluppato come software certificato da parte del Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU) e del Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), due importanti enti che si occupano di pianificazione e progettazione delle infrastrutture di trasporto.
GIRABASE consente di testare progetti di rotatorie in termini di capacità e di adattarne le caratteristiche geometriche sulla base delle previsioni di traffico. Le rotatorie considerate prevedono che il flusso sull'anello abbia precedenza sui flussi in ingresso in rotatoria. L'obiettivo prioritario di GIRABASE è quello di verificare e diagnosticare, per ciascuna rotatoria, la capacità di smaltire il traffico previsto e l'eventuale presenza di capacità residua.
GIRABASE considera una rotatoria come una serie di incroci a T (la disposizione dei rami influenza i calcoli); per ogni ramo, il traffico massimo in entrata (Capacità) dipende dal traffico generato a destra dell'ingresso, secondo una curva esponenziale decrescente di tipo Siegloch. Il traffico generato a destra del ramo è a sua volta funzione del traffico che circola sull'anello a destra del ramo e del traffico uscente nel ramo stesso.
La formula che ne deriva è la seguente:

$$C = \frac{e^{-qg(tg-\frac{tf}{2})}}{tf}$$

C = capacità, espressa in veicoli al secondo
tg = intervallo critico, espresso in secondi
tf = intervallo complementare, espresso in secondi

Questo modello di calcolo dei veicoli che entrano in rotatoria, si basa sulle seguenti assunzioni:

- nessun veicolo di una corrente secondaria si inserisce in una corrente principale in un tempo inferiore all'intervallo critico tg;
- ogni veicolo di una corrente secondaria si inserisce in una corrente principale in un tempo compreso tra tg e tg+tf;
- N veicoli di una corrente secondaria si inseriscono in una corrente principale in un tempo compreso tra tg+tf(N-1) e tg+tfN.

A partire dalle caratteristiche geometriche della rotatoria e dalla matrice completa della rotatoria (veicoli per ciascuna coppia di rami), GIRABASE calcola per ciascun ramo in ingresso:

- la riserva di capacità in percentuale e in veicoli/ora;
- i tempi medi e totali di attesa;
- la lunghezza media e massima della coda di veicoli.

Per utilizzare GIRABASE occorre una serie di informazioni per ciascuna rotatoria in esame. In particolare, vengono forniti i seguenti dati.

a) ***Dati preliminari*** → viene fornita una descrizione della rotatoria e dei diversi rami in ingresso e uscita, nonché l'ambito di localizzazione, tra i seguenti disponibili:

- extraurbano;
- periurbano;
- urbano.

Tale ambito influenza i valori degli intervalli critici tg e tf.

b) ***Dati geometrici*** → per ciascun ramo della rotatoria occorre fornire:

- numero di direttrici;
- angoli di confluenza;
- raggio interno (R);
- larghezza della banda interna sormontabile (Bf);
- larghezza dell'anello centrale (LA);
- larghezza delle corsie di entrata (LE) e uscita (LS);
- dimensione delle isole spartitraffico (LI);
- pendenza in casi superiori al 3%;
- presenza di svolta a destra continua.

Nella seguente figura sono riportate le grandezze geometriche richieste.

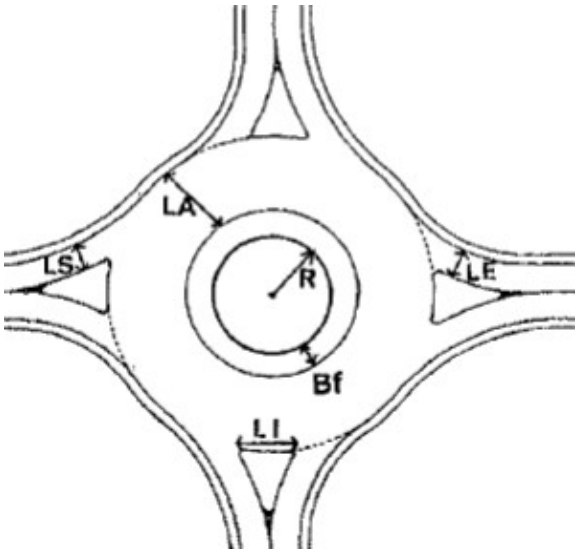


Figura 41 – Dati geometrici di una rotatoria

c) ***Dati di traffico*** → viene fornita la matrice del nodo, indicando il numero di veicoli entranti da ciascun ramo, disaggregati in funzione del ramo di uscita.
Per gestire le diverse categorie veicolari, GIRABASE suggerisce i seguenti coefficienti di equivalenza:

- **1 → Autovetture, veicoli commerciali leggeri e motocicli;**
- **2 → Veicoli commerciali pesanti.**

In funzione dei suddetti dati, GIRABASE calcola la capacità di un ramo in ingresso, considerando il disturbo provocato da coloro che escono nello stesso ramo (in quanto il conducente non sempre arriva a determinare se i veicoli sull'anello intendono lasciare la rotatoria), dagli attraversamenti

pedonali e soprattutto dai veicoli che circolano nell'anello davanti al loro ingresso, cui devono dare la precedenza. Oltre alla riserva di capacità, vengono calcolati i tempi di attesa e le lunghezze delle code.
GIRABASE suggerisce anche come interpretare i dati forniti dal modello. Innanzitutto, valutando la riserva di capacità di ciascun ramo, espressa in percentuale, si considera che:

- se la riserva di capacità è superiore all'80% per tutti i rami in ingresso, la rotatoria non è giustificata;
- se tutti i rami hanno una riserva di capacità superiore al 50%, la dimensione dell'anello della rotatoria può essere ridotto;
- se la riserva di capacità per un ramo è superiore al 50%, è possibile ipotizzare un sovradimensionamento dello stesso;
- se la riserva di capacità per un ramo è compresa tra il 5% ed il 20%, è prevedibile la formazione di code, più o meno lunghe. In questo caso è importante verificare se tali code possano propagarsi ad intersezioni vicine (inferiori ai 100 m), rendendo critica anche l'uscita da tali intersezioni;
- se la riserva di capacità per un ramo è inferiore al 5% o addirittura negativa, è presumibile la formazione di code importanti, di saturazione e di progressivo blocco della rotatoria, e di conseguenza è richiesta una riprogettazione della rotatoria.

Tra gli interventi suggeriti vi sono:

- allargamento del ramo di ingresso, ad esempio mediante la realizzazione di doppi attestamenti;
- allargamento dell'isola spartitraffico, che quanto meno riduce la perturbazione dei veicoli che escono nello stesso ramo in analisi;
- allargamento della larghezza dell'anello, che consente un più facile inserimento in rotatoria.

Per quanto riguarda i tempi di attesa, questi indicano se la durata della fermata degli automobilisti rimane accettabile, e, come somma, forniscono il tempo speso dalla collettività a causa della rotatoria, consentendone anche una valutazione economica.
Infine, per quanto riguarda la lunghezza delle code, l'informazione è importante soprattutto al fine di verificare l'eventuale influenza che una coda su una rotatoria può avere su ulteriori intersezioni a monte della stessa. In questo caso, l'ambito di localizzazione può consentire di migliorare l'interpretazione dei risultati, secondo quanto di seguito riportato:

- in ambito urbano è più tollerabile la formazione di code, soprattutto nelle ore di picco, e non sempre è possibile aumentare la capacità della rotatoria;
- in ambito periurbano, la formazione di code con una certa regolarità risulta meno accettabile che in ambito urbano;
- in ambito extraurbano, la formazione di code, anche se occasionale, può costituire un pericolo per i veicoli in avvicinamento ed è quindi ancora meno accettabile.

6.4.2 Relazione riserva di capacità / livello di servizio

Una volta ottenuta la riserva di capacità, il livello di saturazione del ramo è ottenibile come 1 – riserva. Utilizzandola conversione saturazione / livello di servizio proposta dal manuale HCM per le strade a carreggiate separate (che non tengono quindi conto della possibilità di sorpassare e quindi dell'influenza del traffico in opposizione) è possibile ricavare quindi il livello di servizio, la tabella di conversione è la seguente.

LOS	Valore
A	0.35
B	0.54
C	0.77
D	0.93
E	1
F	>1

Tabella 9 – conversione saturazione / Livello di Servizio

6.4.3 *Sintesi rotatorie*

Nella successiva tabella si riporta la sintesi della riserva di capacità dei rami delle rotatorie analizzate con il metodo Girabase e quindi il livello di servizio, relativamente a tutti gli scenari progettuali simulati.

ROTATORIA	SCENARIO	MATRICE [veic]	RISERVA DI CAPACITA' DI RAMO [%]					VALORE MINIMO	Saturazione	LDS
			1	2	3	4	5			
ROT 1	SDP INVERNO	2254	54%	83%	96%	50%	-	50%	50%	B
	SDP ESTATE	2048	75%	69%	90%	60%	-	60%	40%	B
ROT 2	SDP INVERNO	678	81%	95%	98%	-	-	81%	19%	A
	SDP ESTATE	624	93%	86%	97%	-	-	86%	14%	A
ROT 3	SDP INVERNO	1440	90%	75%	86%	83%	71%	71%	29%	A
	SDP ESTATE	1378	86%	70%	73%	88%	90%	70%	30%	A
ROT 4	SDP INVERNO	1096	90%	81%	81%	86%	-	81%	19%	A
	SDP ESTATE	1125	99%	72%	81%	90%	-	72%	28%	A
ROT 5	SDP INVERNO	1841	52%	86%	77%	64%	-	52%	48%	B
	SDP ESTATE	2327	41%	47%	68%	67%	-	41%	59%	C
ROT 6	SDP INVERNO	1421	65%	71%	89%	-	-	65%	35%	B
	SDP ESTATE	1641	54%	68%	74%	-	-	54%	46%	B
ROT 7	SDP INVERNO	1618	56%	77%	84%	-	-	56%	44%	B
	SDP ESTATE	1580	54%	82%	86%	-	-	54%	46%	B
ROT 8	SDP INVERNO	2125	58%	64%	88%	-	-	58%	42%	B
	SDP ESTATE	2431	49%	59%	81%	-	-	49%	51%	B

Tabella 10 – Risultati di sintesi delle riserve capacitive delle rotatorie e LdS

Come si può notare, in tutti gli scenari progettuali, le verifiche capacitive mostrano come le rotatorie presenti nella rete di studio e previste nel progetto siano in grado di smaltire i flussi attesi, lasciando in ogni caso riserve di capacità in ogni caso superiori al 41% corrispondenti a livelli di servizio al massimo C, compatibili con il dettato normativo per una strada extraurbana secondaria.

6.5 I risultati di dettaglio delle verifiche funzionali

In questo capitolo vengono riportati i risultati delle verifiche funzionali delle rotatorie precedentemente descritte per gli scenari SDP nelle ore di punta mattutine sia della stagione estiva che invernale.
In particolare, vengono illustrati i dati geometrici e di domanda necessari per la verifica funzionale ed i risultati di tale verifica riferiti a ciascun ramo.
Tali risultati sono espressi in termini di:

- Riserva di capacità in veicoli/ora (Réserve de Capacité en uvp/h);
- Riserva di capacità percentuale (capacità - veicoli entranti)/capacità (Réserve de Capacité en %);
- Lunghezza media di stoccaggio veicoli (Longueur de Stockage moyenne);
- Lunghezza massima di stoccaggio veicoli, imputati nel modello (Longueur de Stockage maximale);
- Tempi medi di attesa [sec] (Temps d'Attente moyen);
- Tempi totali di attesa [h] (Temps d'Attente total).

Al fine di rendere maggiormente leggibili i risultati della verifica statica sulla rotatoria viene riportata una tabella di legenda.

termine	significato
carrefour	intersezione
nom du carrefour	nome della rotatoria
localisation	posizione geografica
Environment	condizioni ambiente circostante (urbano, suburbano, aperta campagna)
Anneau	corona giratoria
Rayon de l'ilot infranchissable	raggio dell'isola centrale non sormontabile
largeur de la bande franchissable	larghezza della banda sormontabile
largeur de l'anneau	larghezza della corona giratoria
Rayon exterieur du giratorie	raggio esterno della rotatoria (somma delle 3 precedenti grandezze)
Branches	rami in ingresso/uscita (bracci)
Angle (degres)	angolo geometrico tra i vari rami (gradi sessagesimali)
Rampe	pendenza rami accesso (indica se inferiore o superiore a 3%)
Turne a droite	corsia di svolta diretta a destra (si/no)
laergeurs Entree	larghezza corsia di ingresso misurata a 4 m dalla linea di dare la precedenza
laergeurs Ilot	larghezza base triangolo spartitraffico (misurata lungo l'anello)
laergeurs sortie	larghezza corsia di uscita dalla rotatoria
entrant	veicoli in ingresso dal ramo n
sortant	veicoli in uscita nel ramo n
reserve de capacitè en uvp/en %	riserva di capacità in veicoli equivalenti/in percentuale
longueur de Stocage moienne/maximale	lunghezza degli accodamenti medi e massimi (misurati in numero di auto)
Temps d'attente moienne/maximale	ritardo medio/massimo per il transito nella rotatoria

Tabella 11 – Glossario GIRABASE

Di seguito si riportano le matrici O/D per ogni rotatoria in analisi espresse in veicoli equivalenti secondo i coefficienti Girabase e i risultati delle verifiche statiche per gli scenari analizzati (SDP) della mattina invernale (INV) e della sera estiva (EST).

ROT 1

Si riportano le matrici O/D e i risultati della verifica viabilistica relativi alla ROT1 negli scenari SDP.

	1	2	3	4	Total Entrant
1	0	0	3	804	807
2	0	0	7	188	195
3	24	6	0	0	30
4	746	476	0	0	1222
Total Sortant	770	482	10	992	2254

Tabella 12 – SDP mattina inverno: matrici rotatoria ROT 1 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
SS1 EST	951	54%	0vh	3vh	1s	0.2h
VIA G BALLESTRA	939	83%	0vh	2vh	2s	0.1h
SP96	795	96%	0vh	2vh	3s	0.0h
SS1 OVEST	1217	50%	0vh	2vh	0s	0.1h

Tabella 13 – SDP mattina inverno: risultati rotatoria ROT 1

	1	2	3	4	Total Entrant
1	0	0	42	551	593
2	0	0	32	410	442
3	52	27	0	2	81
4	774	154	4	0	932
Total Sortant	826	181	78	963	2048

Tabella 14 – SDP sera estate: matrici rotatoria ROT 1 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
SS1 EST	1811	75%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA G BALLESTRA	979	69%	0vh	2vh	1s	0.2h
SP96	755	90%	0vh	2vh	3s	0.1h
SS1 OVEST	1377	60%	0vh	2vh	0s	0.1h

Tabella 15 – SDP sera estate: risultati rotatoria ROT 1

ROT 2

Si riportano le matrici O/D e i risultati della verifica viabilistica relativi alla ROT2 nello scenario SDP.

	1	2	3	Total Entrant
1	0	459	23	482
2	150	0	0	150
3	46	0	0	46
Total Sortant	196	459	23	678

Tabella 16 – SDP mattina inverno: matrici rotatoria ROT 2 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
VIA G BALLESTRA SUD	1994	81%	0vh	2vh	0s	0.0h
PONTE PRINO	2661	95%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA G BALLESTRA NORD	2158	98%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 17 – SDP mattina inverno: risultati rotatoria ROT 2

	1	2	3	Total Entrant
1	0	162	21	183
2	394	0	0	394
3	47	0	0	47
Total Sortant	441	162	21	624

Tabella 18 – SDP sera estate: matrici rotatoria ROT 2 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
VIA G BALLESTRA SUD	2293	93%	0vh	2vh	0s	0.0h
PONTE PRINO	2425	86%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA G BALLESTRA NORD	1734	97%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 19 – SDP sera estate: risultati rotatoria ROT 2

ROT 3

Si riportano le matrici O/D e i risultati della verifica viabilistica relativi alla ROT3 nello scenario SDP.

	1	2	3	4	5	Total Entrant
1	0	2	17	114	0	133
2	4	0	71	189	73	337
3	31	80	0	42	76	229
4	211	41	30	0	0	282
5	0	117	342	0	0	459
Total Sortant	246	240	460	345	149	1440

Tabella 20 – SDP mattina inverno: matrici rotatoria ROT 3 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
VIA LITTARDI	1419	91%	0vh	2vh	1s	0.0h
GALLERIA M. CALVARIO	1250	79%	0vh	2vh	1s	0.1h
CASELLO IMPERIA OVEST	1632	88%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA CAPRILE	1584	85%	0vh	2vh	0s	0.0h
PONTE PRINO	1367	75%	0vh	2vh	0s	0.1h

Tabella 21 – SDP mattina inverno: risultati rotatoria ROT 3

	1	2	3	4	5	Total Entrant
1	0	2	16	229	0	247
2	5	0	68	213	182	468
3	63	74	0	3	213	353
4	65	80	2	0	0	147
5	0	26	137	0	0	163
Total Sortant	133	182	223	445	395	1378

Tabella 22 – SDP sera estate: matrici rotatoria ROT 3 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
VIA LITTARDI	1738	88%	0vh	2vh	0s	0.0h
GALLERIA M. CALVARIO	1366	74%	0vh	2vh	0s	0.1h
CASELLO IMPERIA OVEST	1162	77%	0vh	2vh	1s	0.1h
VIA CAPRILE	1257	90%	0vh	2vh	1s	0.0h
PONTE PRINO	1808	92%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 23 – SDP sera estate: risultati rotatoria ROT 3

ROT 4

Si riportano le matrici O/D e i risultati della verifica viabilistica relativi alla ROT4 negli scenari SDP.

	1	2	3	4	Total Entrant
1	0	0	0	143	143
2	0	0	281	93	374
3	65	168	0	104	337
4	4	207	31	0	242
Total Sortant	69	375	312	340	1096

Tabella 24 – SDP mattina inverno: matrici rotatoria ROT 4 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
VIA TERZIERE EST	1600	92%	0vh	2vh	0s	0.0h
PONTE CARAMAGNAA	1856	83%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA TERZIERE OVEST	1733	84%	0vh	2vh	0s	0.0h
GALLERIA M CALVARIO	1830	88%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 25 – SDP mattina inverno: risultati rotatoria ROT 4

	1	2	3	4	Total Entrant
1	0	0	0	18	18
2	0	0	261	376	637
3	0	216	0	74	290
4	17	163	0	0	180
Total Sortant	17	379	261	468	1125

Tabella 26 – SDP sera estate: matrici rotatoria ROT 4 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
VIA TERZIERE EST	1786	99%	0vh	2vh	0s	0.0h
PONTE CARAMAGNAA	1974	76%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA TERZIERE OVEST	1506	84%	0vh	2vh	0s	0.0h
GALLERIA M CALVARIO	1919	91%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 27 – SDP sera estate: risultati rotatoria ROT 4

ROT 5

Si riportano le matrici O/D e i risultati della verifica viabilistica relativi alla ROT5 negli scenari SDP.

	1	2	3	4	Total Entrant
1	0	226	298	205	729
2	34	0	74	74	182
3	371	4	0	0	375
4	196	357	2	0	555
Total Sortant	601	587	374	279	1841

Tabella 28 – SDP sera inverno: matrici rotatoria ROT 5 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
GALLERIA MERIELLO	1053	59%	0vh	3vh	1s	0.2h
VIA ARTALLO NORD	1384	88%	0vh	2vh	1s	0.0h
GALLERIA C. MURATA	1499	80%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA ACQUARONE	1228	69%	0vh	2vh	1s	0.1h

Tabella 29 – SDP sera inverno: risultati rotatoria ROT 5

	1	2	3	4	Total Entrant
1	0	238	505	101	844
2	116	0	123	399	638
3	255	124	0	0	379
4	158	301	7	0	466
Total Sortant	529	663	635	500	2327

Tabella 30 – SDP sera estate: matrici rotatoria ROT 5 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
GALLERIA MERIELLO	827	49%	0vh	3vh	1s	0.3h
VIA ARTALLO NORD	758	54%	0vh	3vh	2s	0.3h
GALLERIA C. MURATA	995	72%	0vh	2vh	1s	0.2h
VIA ACQUARONE	1162	71%	0vh	2vh	1s	0.1h

Tabella 31 – SDP sera estate: risultati rotatoria ROT 5

ROT 6

Si riportano le matrici O/D e i risultati della verifica viabilistica relativi alla ROT6 negli scenari SDP.

	1	2	3	Total Entrant
1	0	550	91	641
2	349	0	249	598
3	2	180	0	182
Total Sortant	351	730	340	1421

Tabella 32 – SDP mattina inverno: matrici rotatoria ROT 6 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
GALLERIA M. BARDELLINI	1497	70%	0vh	2vh	0s	0.0h
GALLERIA MERIELLO	1755	75%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA G. STRATO	1654	90%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 33 – SDP mattina inverno: risultati rotatoria ROT 6

	1	2	3	Total Entrant
1	0	417	261	678
2	276	0	252	528
3	6	429	0	435
Total Sortant	282	846	513	1641

Tabella 34 – SDP sera estate: matrici rotatoria ROT 6 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
GALLERIA M. BARDELLINI	1037	60%	0vh	3vh	1s	0.2h
GALLERIA MERIELLO	1417	73%	0vh	2vh	0s	0.1h
VIA G. STRATO	1505	78%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 35 – SDP sera estate: risultati rotatoria ROT 6

ROT 7

Si riportano le matrici O/D e i risultati della verifica viabilistica relativi alla ROT7 negli scenari SDP.

	1	2	3	Total Entrant
1	0	641	359	1000
2	352	0	0	352
3	266	0	0	266
Total Sortant	618	641	359	1618

Tabella 36 – SDP mattina inverno: matrici rotatoria ROT 7 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
PROGETTUALE	1616	62%	0vh	2vh	0s	0.0h
PONTE IMPERO	1470	81%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA PONTE VECCHIO	1606	86%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 37 – SDP mattina inverno: risultati rotatoria ROT 7

	1	2	3	Total Entrant
1	0	679	367	1046
2	253	0	27	280
3	254	0	0	254
Total Sortant	507	679	394	1580

Tabella 38 – SDP sera estate: matrici rotatoria ROT 7 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
PROGETTUALE	1570	60%	0vh	2vh	0s	0.0h
PONTE IMPERO	1526	84%	0vh	2vh	0s	0.0h
VIA PONTE VECCHIO	1794	88%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 39 – SDP sera estate: risultati rotatoria ROT 7

ROT 8

Si riportano le matrici O/D e i risultati della verifica viabilistica relativi alla ROT8 negli scenari SDP.

	1	2	3	Total Entrant
1	0	1070	283	1353
2	617	0	0	617
3	155	0	0	155
Total Sortant	772	1070	283	2125

Tabella 40 – SDP mattina inverno: matrici rotatoria ROT 8 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
VIA NAZIONALE NORD	1878	58%	0vh	2vh	0s	0.0h
PROGETTUALE	1080	64%	0vh	2vh	1s	0.1h
VIA NZIONALE SUD	1155	88%	0vh	2vh	1s	0.0h

Tabella 41 – SDP mattina inverno: risultati rotatoria ROT 8

	1	2	3	Total Entrant
1	0	1046	608	1654
2	507	0	0	507
3	270	0	0	270
Total Sortant	777	1046	608	2431

Tabella 42 –SDP sera estate: matrici rotatoria ROT 8 [Eq.Girabase]

	Réserve de Capacité en uvp/h	en %	Longueur de Stockage moyenne	maximale	Temps d'Attente moyen	total
VIA NAZIONALE NORD	1577	49%	0vh	2vh	0s	0.0h
PROGETTUALE	727	59%	0vh	3vh	2s	0.3h
VIA NZIONALE SUD	1128	81%	0vh	2vh	1s	0.1h

Tabella 43 – SDP sera estate: risultati rotatoria ROT 8

6.6 Confronto risultanze livello di servizio rotatorie

Vengono messi a confronto i risultati in termini di livello di servizio derivanti dalle 2 metodologie sopra esposte sia per la stagione invernale che per quella estiva per ognuna delle rotatorie analizzate.

Per la stagione invernale:

INVERNO		
ROTATORIA	LDS	
	HCM	GIRABASE
ROT 1	C	B
ROT 2	A	A
ROT 3	A	A
ROT 4	A	A
ROT 5	B	B
ROT 6	A	B
ROT 7	C	B
ROT 8	A	B

Tabella 44 – SDP mattina inverno, confronto LdS

Per la stagione estiva:

ESTATE		
ROTATORIA	LDS	
	HCM	GIRABASE
ROT 1	B	B
ROT 2	A	A
ROT 3	A	A
ROT 4	A	A
ROT 5	C	C
ROT 6	A	B
ROT 7	C	B
ROT 8	B	B

Tabella 45 – SDP sera estate, confronto LdS

Si può notare come i due metodi proposti portino a livelli di servizio globali che sono simili tra loro e sempre compresi nell'ambito di accettabilità definito dalla normativa (LdS C). Le limitate differenze che si riscontrano sono dovute alle differenti particolarità dei 2 metodi: il metodo "HCM" considera ogni ramo come singola intersezione a sé stante, il metodo "girabase" tiene conto anche della geometria globale della rotatoria e dell'effetto che la presenza di un ramo ha sugli altri della medesima intersezione.

7 STIMA DEL TRAFFICO GIORNALIERO MEDIO

A partire dagli andamenti orari giornalieri in possesso degli estensori dello studio di Traffico, per l'area di studio, sono stati calcolati i valori di Traffico Giornaliero Medio (TGM), i TGM diurni e notturni, relativi ai singoli archi stradali.
In particolare, si è fatto riferimento ai dati di transiti ai caselli A10 dell'area di studio, utilizzati anche per l'espansione del dato FCD per la ricostruzione dello scenario SDF.
Si riportano di seguito gli andamenti orari giornalieri derivanti da tali dati e distinti per veicoli leggeri (auto, moto, veicoli commerciali leggeri) e mezzi pesanti, per il giorno feriale medio invernale, considerato più rappresentativo della situazione annuale dell'area di studio.

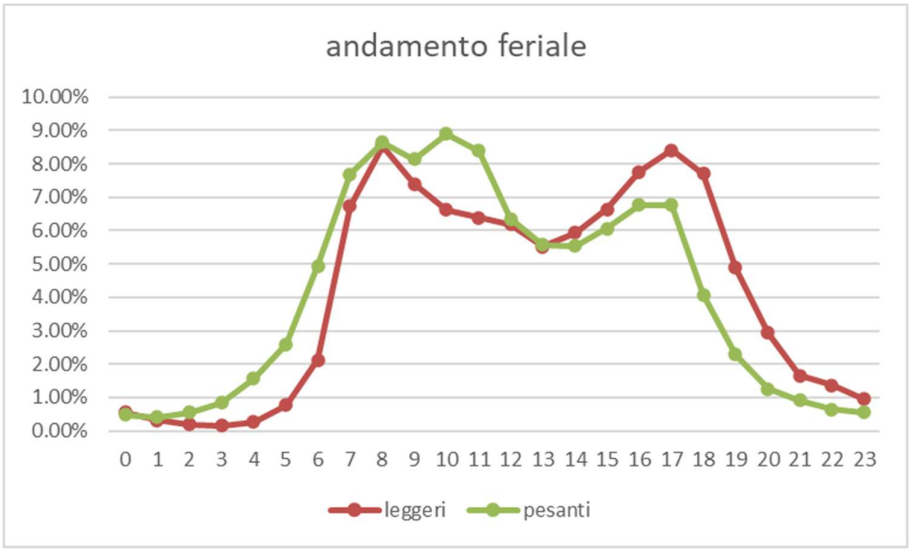


Figura 42 - Andamenti orari giornalieri

Da tali informazioni e a partire dai dati relativi alle ora di punta della mattina del giorno feriale invernale è stato possibile ricostruire il TGM distinto per veicoli leggeri e per mezzi pesanti e la sua ripartizione diurna/notturna.

Tale ricostruzione è stata compiuta per tutti gli scenari analizzati: stato di fatto, scenario di non-intervento e scenario di progetto.

Di seguito un'indicazione sintetica del valore di TGM sulle tratte componenti la nuova variante.



Figura 43 – numerazione tratte per TGM

TRATTA	TGM BIDIREZIONALE			%
	LEGGERI	PESANTI	TOTALE	PESANTI
1	5472	866	6338	13.7%
2	4808	759	5567	13.6%
3	6121	939	7059	13.3%
4	9553	845	10398	8.1%
5	15208	941	16149	5.8%
6	11129	603	11732	5.1%
7	16285	956	17241	5.5%

Tabella 46 – valori TGM per tratta

Analogamente a quanto si riscontra per l'ora di punta, anche a totale giorno le tratte con flussi più elevati sono quelle d'estremità sia a ponente che a nord, la presenza di una maggiore quota di pesanti sulle tratte 1 – 3 si spiega con il fatto che queste sono direttamente connesse al casello A10 e quindi verranno utilizzate da tali veicoli per raggiungere l'autostrada.

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Questo studio trasportistico è stato redatto al fine di determinare l'impatto viabilistico a seguito dell'apertura al traffico della variante di Imperia collegante la SS1, a ovest dell'abitato di Imperia nelle adiacenze del casello A10 di Imperia ovest, con la SS28, a nord dell'abitato.

Per la ricostruzione degli scenari di massimo carico veicolare è stata condotta una campagna di rilievo a partire dai dati FCD (Floating Car Data) che definiscono in maniera precisa il punto iniziale e finale di ogni spostamento, nonché il percorso seguito da ciascun veicolo, anche con informazioni sulla tipologia di mezzo (leggero o pesante) e sulla velocità media di percorrenza. Tali dati campionari (da una flotta di oltre 4 milioni di veicoli a totale Italia) sono stati espansi all'universo ricorrendo ai dati dei transiti ai caselli della A10 presenti nell'area di studio.
La ricostruzione modellistica dello stato di fatto è stata effettuata sia per l'ora di punta della mattina di un giorno feriale medio invernale sia per l'ora di punta della sera di un giorno feriale estivo. Il primo scenario è rappresentativo degli spostamenti sistematici effettuati per lavoro o studio o comunque delle attività quotidiane dei cittadini di Imperia e dei comuni limitrofi, il secondo tiene conto anche della componente turistica e ricreativa, presente nell'area costiera.

Per l'analisi degli scenari progettuali (SDP) e di non-intervento (SDR), i flussi di traffico sono stati incrementati implementando un tasso di crescita variabile per gli anni tra il 2021 (preso a riferimento per il dato FCD) e il 2029 (anno di prevista apertura), secondo le indicazioni descritte da ANAS per l'area di studio. Dal punto di vista infrastrutturale, oltre al percorso della variante, sono stati inserite le modifiche viabilistiche avvenute ad Imperia nel corso del 2022-2023 e attualmente in atto e ovviamente non contemplate nel dato di rilievo.

Le analisi macromodellistiche effettuate sono state condotte per tutti gli scenari di riferimento, SDF, SDR e SDP, per l'ora di punta mattutina di un giorno medio feriale invernale e per l'ora di punta serale di un venerdì estivo, ritenute i periodi di massimo carico veicolare. Lo studio si basa su un modello di simulazione a scala macroscopica, VISUM, esteso al comune di Imperia e al territorio costiero tra Diano Marina e Arma di Taggia, il quale permette di definire i flussi di traffico attesi sulla viabilità presa in esame. Il modello ha permesso di ottenere un quadro generale delle performances dell'intera rete stradale: in particolare, si sono determinati i flussi circolanti su ogni arco della rete sia nello scenario SDF che nei corrispondenti scenari SDR e SDP permettendo tramite i flussogrammi differenza di visualizzare in modo grafico e immediato gli effetti dell'intervento sulla redistribuzione dei flussi di traffico: la variante assolve sia al compito di deviare dalla rete cittadina i flussi di attraversamento dalla SS28 del Colle di Nava all'estremo ponente (SS1 e A10) sia la compito di fornire nuove modalità di ingresso e uscita dall'abitato di Imperia permettendo l'aggiramento di porzioni dell'abitato per raggiungerne direttamente altre dalle viabilità esterne e dall'autostrada.

La macro-simulazione ha inoltre permesso di stimare il TGM, propedeutico agli studi fonometrici, al dimensionamento della pavimentazione e dei dispositivi di ritenuta, distinto per veicoli leggeri e pesanti, di tutti gli archi stradali componenti l'intervento in progetto.

Sono, inoltre, state eseguite verifiche funzionali sulle 8 intersezioni a rotatoria presenti lungo il tracciato progettuale: data la limitata lunghezza delle tratte di nuova viabilità comprese tra le rotatorie e l'andamento "spezzato" del percorso che non garantisce condizioni di libero deflusso, si ritiene che il livello di servizio globale della nuova infrastruttura dipenda strettamente da quello delle intersezioni; si tralascia quindi la verifica delle tratte stradali, limitando l'analisi funzionale alle sole intersezioni.

Le verifiche delle intersezioni sono state eseguite tramite 2 differenti metodologie, una più aderente a quanto proposto dal manuale HCM per tali intersezioni, l'altra basata sul software Girabase che tratta la rotatoria come un unicum invece che come una successione di intersezioni semplici slegate

tra loro. Entrambi i metodi di verifica restituiscono livelli di servizio simili e assolutamente in linea (massimo LdS C) con quanto previsto dalla normativa per una viabilità extraurbana secondaria quale la variante oggetto dello studio.

Da tutte le analisi condotte si può pertanto concludere che le infrastrutture viarie esistenti e di progetto sono in grado di supportare il carico veicolare previsto all'entrata in esercizio dell'infrastruttura di progetto, con un generale beneficio per la circolazione e in generale per il centro abitato rispetto alla situazione attuale.