

# ARTECNO

ARCHITETTURA INGEGNERIA

arch. Mario Bonifazi  
ing. Andrea Eccher  
ing. Arturo Maffei

via Pasqui, 34  
I - 38068 Rovereto (TN)  
tel. 0464/490545  
fax 0464/490546  
info@artecno.it

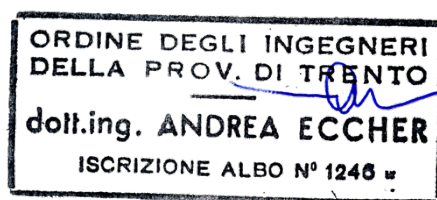
Sistema Gestione della Qualità  
secondo ISO 9001:2015  
CERTIFICATO N. 17756/08/S  
d.d. 18.03.2008  
Emissione corrente 23.05.2011



Provincia di Trento  
Comune di Rovereto

**PL 03 b**  
**"MERLONI SUD"**  
**PIANO DI LOTTIZZAZIONE**  
**CONVENZIONATA**  
**NUOVO POLO**  
**DELLE SCIENZE DELLA VITA**  
**A ROVERETO**

Committente:  
Trentino Sviluppo S.p.A.  
Via Zeni, 8  
Rovereto (TN)



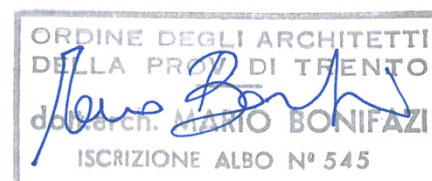
04 - 2024.04.10	EMISSIONE 04
03 - 2024.03.21	EMISSIONE 03
02 - 2024.01.30	EMISSIONE 02
01 - 2023.04.30	EMISSIONE 01
REDATTO: DC 2024.04.10	VERIFICATO: MB 2024.04.10
	VALIDATO: MB 2024.04.10

OGGETTO:

**STUDIO DELLA MOBILITA'**

PIANO ATTUATIVO

IL PROGETTISTA:



3000 D10 R06



## 1. PREMESSA

### CONTENUTI E ORIENTAMENTI GENERALI IN MATERIA DI MOBILITA' UTILI ALLA REDAZIONE DELLA PRESENTE RELAZIONE

Di seguito si descrivono i principali orientamenti e contenuti che il nuovo Piano attuativo dovrà esplicitare attraverso gli elaborati di progetto

#### 1.1 SPAZI DI SOSTA – PARCHEGGI PUBBLICI

- a) Potenziare la dotazione dei parcheggi pubblici con una nuova area di sosta vicina al parco pubblico che si collocherà a ridosso di via Manzoni;
- b) Individuare all'interno del Piano un numero di posti auto pubblici non minore a 130 da ricavarsi in superficie e preferibilmente in interrato.
- c) Individuare parcheggi di superficie all'interno dell'area del piano di lottizzazione in prossimità del nuovo Polo delle scienze della vita allo scopo di rispettare gli standard urbanistici previsti per le diverse destinazioni d'uso.

#### 1.2 RIORDINO DELLA VIABILITA' DA INTEGRARE CON NUOVI SPAZI VERDI

**Di seguito si definiscono i principali obiettivi che potranno interessare la nuova viabilità di quartiere**

- a) L'area oggetto del Piano diventerà una importante zona del settore secondario e terziario dal momento che qui verrà insediato il nuovo *Polo delle scienze della vita*. Si ritiene pertanto importante inserire nel progetto una adeguata viabilità di quartiere, in grado di migliorare anche i flussi di traffico lungo via Manzoni.  
Venga fatta una analisi dei flussi del traffico nell'intorno dell'area oggetto di Piano, per capire quale sarà l'impatto della nuova viabilità di progetto. Porre in atto una soluzione che garantisca una gradualità negli interventi, fino ad ipotizzare, se le condizioni lo dovessero richiedere, l'introduzione di una rotatoria in prossimità dell'innesto tra via Manzoni e l'area oggetto di lottizzazione;
- b) La nuova viabilità di quartiere dovrà integrarsi con adeguati spazi verdi e con l'introduzione di nuovi percorsi pedonali e ciclabili;
- c) Venga elaborata una soluzione viabilistica adeguata in corrispondenza dell'innesto tra la S.S. 12 e la nuova viabilità di quartiere;
- d) Vengano resi funzionali i collegamenti tra la nuova area di lottizzazione e l'area della stazione ferroviaria;

#### 1.3. LA VIABILITA' ALL'INTERNO DEL PIANO DI LOTTIZZAZIONE

A seguito degli incontri avuti tra Trentino Sviluppo e il Comune di Rovereto, sono stati approfonditi alcuni nodi riguardanti la viabilità del piano attuativo. Si è convenuto in primo luogo di introdurre, **con un criterio di gradualità e proporzionalità** una viabilità di quartiere a servizio del nuovo Polo della scienza della vita, con un ingresso dalla strada statale n. 12, del Brennero nella parte nord del lotto.

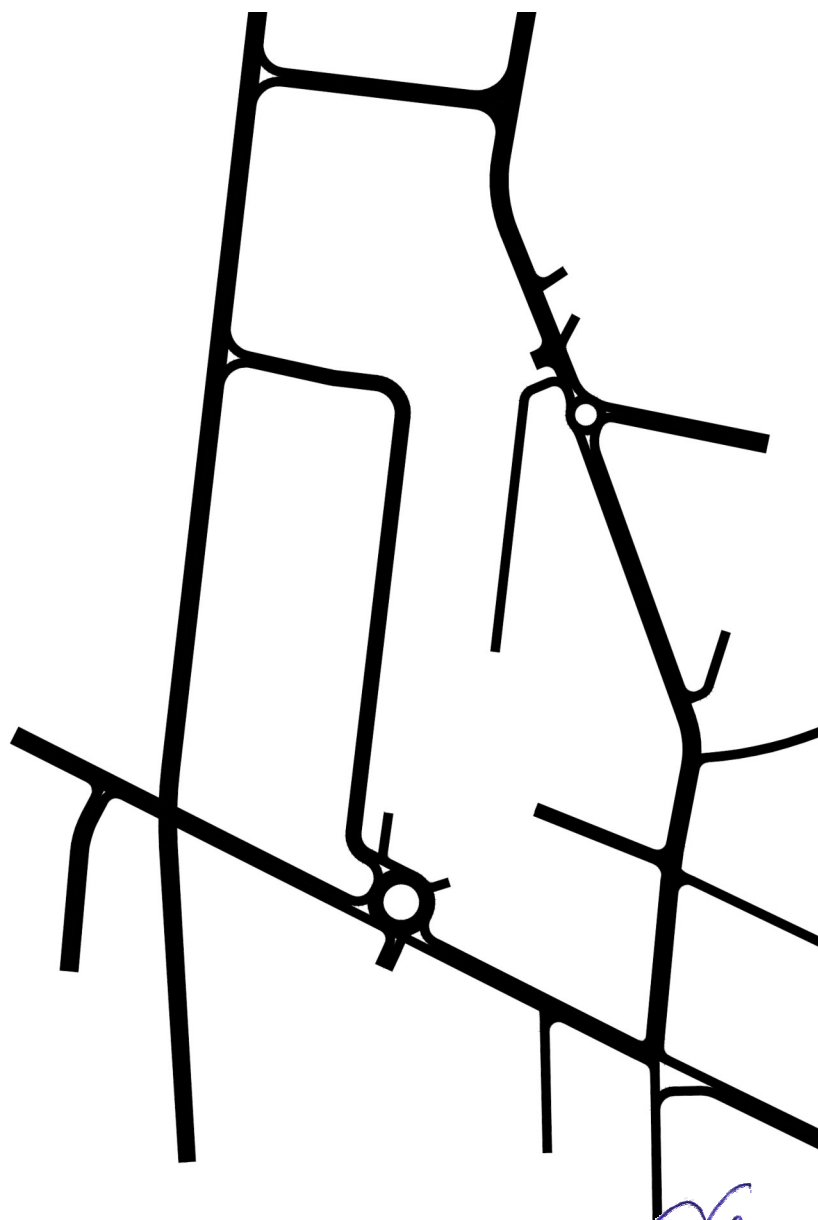
Nel piano di lottizzazione PL 03b MERLONI - SUD è stata studiata anche la possibilità di avere, se considerato opportuno, anche un accesso al Polo della scienza della Vita da via Manzoni, ingresso peraltro già esistente. Questa viabilità di quartiere sarà quindi a servizio del nuovo Polo delle scienze della vita e non andrà a modificare il piano del traffico della città di Rovereto.

Verrà prestata particolare cura affinché il sistema viabilistico possa integrarsi con gli spazi verdi e i percorsi ciclopeditoni previsti dal Piano, e migliorare così anche i collegamenti con l'area della stazione ferroviaria.

La relazione che segue intende analizzare gli scenari più sfavorevoli che si potrebbero delineare con l'eventuale introduzione di una rotatoria su via Manzoni.

Si rimanda poi alle conclusioni della relazione di seguito allegata

**PIANO LOTTIZZAZIONE**  
**- NUOVO POLO DELLE SCIENZE DELLA VITA -**  
**Studio della mobilità**



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. ULTIMO  
Dott. Ing. MIRKO GAZZINI  
ISCRIZIONE ALBO N. 1710

mori 09 maggio 2023

(ver.01)



dott ing. mirko gazzini via santa agnese 20 38065 mori – mg@elagora.it M+338 8147633

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>1. TRAFFICO INDOTTO E DEVIATO DAL PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
1.1. FASCIA TEMPORALE RAPPRESENTATIVA .....	3
1.2. ENTITÀ DEL TRAFFICO INDOTTO .....	5
1.3. DISTRIBUZIONE DEL TRAFFICO INDOTTO .....	6
1.4. ENTITÀ DEL TRAFFICO DEVIATO.....	11
<b>2. LIVELLO DI SERVIZIO DELLA RETE .....</b>	<b>15</b>
2.1. DEFINIZIONE DEL LOS .....	15
2.2. METODOLOGIA DI CALCOLO.....	18
<b>3. CARATTERIZZAZIONE STATO ATTUALE.....</b>	<b>19</b>
3.1. OFFERTA VIARIA.....	19
3.2. FLUSSI VEICOLARI SULLA VIABILITÀ DI SERVIZIO.....	19
3.2.1. <i>Intersezione semaforica</i> .....	20
3.2.2. <i>Intersezione a T esistente</i> .....	20
3.2.3. <i>SS12</i> .....	22
3.3. LIVELLI DI SERVIZIO DELLA VIABILITÀ.....	22
3.3.1. <i>Intersezione a T esistente</i> .....	22
3.3.2. <i>Intersezione semaforizzata</i> .....	25
<b>4. CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DI PROGETTO.....</b>	<b>31</b>
4.1. OFFERTA VIARIA.....	31
4.2. FLUSSI VEICOLARI SULLA VIABILITÀ.....	31
4.3. LIVELLI DI SERVIZIO.....	36
4.3.1. <i>Intersezione a T esistente</i> .....	36
4.3.2. <i>Intersezione a T progetto</i> .....	38
4.3.3. <i>Intersezione rotatoria progetto</i> .....	40
4.3.4. <i>Intersezione semaforizzata progetto</i> .....	43
<b>5. CONCLUSIONI .....</b>	<b>47</b>
<b>ALLEGATI .....</b>	<b>49</b>
LIVELLO SERVIZIO INTERSEZIONE NON SEMAFORIZZATA .....	50
LIVELLO SERVIZIO INTERSEZIONE ROTATORIA.....	53



## I. PREMESSA

Lo studio esamina l'impatto sulla viabilità generato dall'insediamento previsto dal piano di lottizzazione denominato "nuovo polo delle scienze della vita".

Il polo di progetto nascerà su un'area produttiva dismessa denominata ex Merloni, posta all'interno del quadrilatero urbano collocato tra la SS12, via Manzoni, via m.te Corno, via Azzolini e via Partelli.

L'edificazione prevista dal piano ammonta a circa 15050 mq di sun, mentre le funzioni insediabili sono quelle produttive avanzate, laboratori di ricerca, uffici di servizio e strutture ricettive.



Localizzazione sito di progetto nel contesto insediativo

Lo studio sarà articolato come di seguito:

- stima del traffico indotto dal nuovo insediamento;
- definizione della distribuzione dei flussi indotti dall'insediamento;
- caratterizzazione dell'attuale assetto della domanda di mobilità, tramite rilievi di traffico ed analisi dei livelli di servizio;
- assegnazione alla rete stradale dei flussi veicolare indotti dal nuovo insediamento;
- analisi dei livelli di servizio sulla rete stradale indotti dalla realizzazione del nuovo insediamento.



## **I. TRAFFICO INDOTTO E DEVIATO DAL PROGETTO**

### **I.1. Fascia temporale rappresentativa**

La stima dell'impatto sul traffico prodotto dal polo di progetto deve prendere in considerazione lo scenario più rappresentativo, cioè quello dove si riscontrano le maggiori variazioni dei flussi sulla rete a causa dell'esercizio delle attività insediate.

Le funzioni ospitate nel nuovo insediamento sono riconducibili alle attività del produttivo avanzato, dei laboratori di ricerca e degli uffici di servizio.

I flussi legati a questo tipo di funzioni sono governati sostanzialmente dalla componente di spostamento degli addetti. Questi spostamenti sono collocabili in tre finestre giornaliere: l'accesso del primo mattino (7:30-8:30), il recesso nel tardo pomeriggio (17:00-18:00) e la pausa pranzo di mezzogiorno (12:00-14:00).

Per quanto soprarichiamato, la fascia oraria maggiormente rappresentativa dell'impatto sul traffico delle attività insediabili nel polo è collocabile nella finestra canonica di picco della prima mattinata (7:30-8:30), dove ai flussi generati dall'insediamento di progetto si sovrappongono quelli circolanti sulla rete comunale nella finestra del primo mattino, che subiscono un incremento per effetto degli spostamenti della città per raggiungere il lavoro e la scuola (fig. 1).





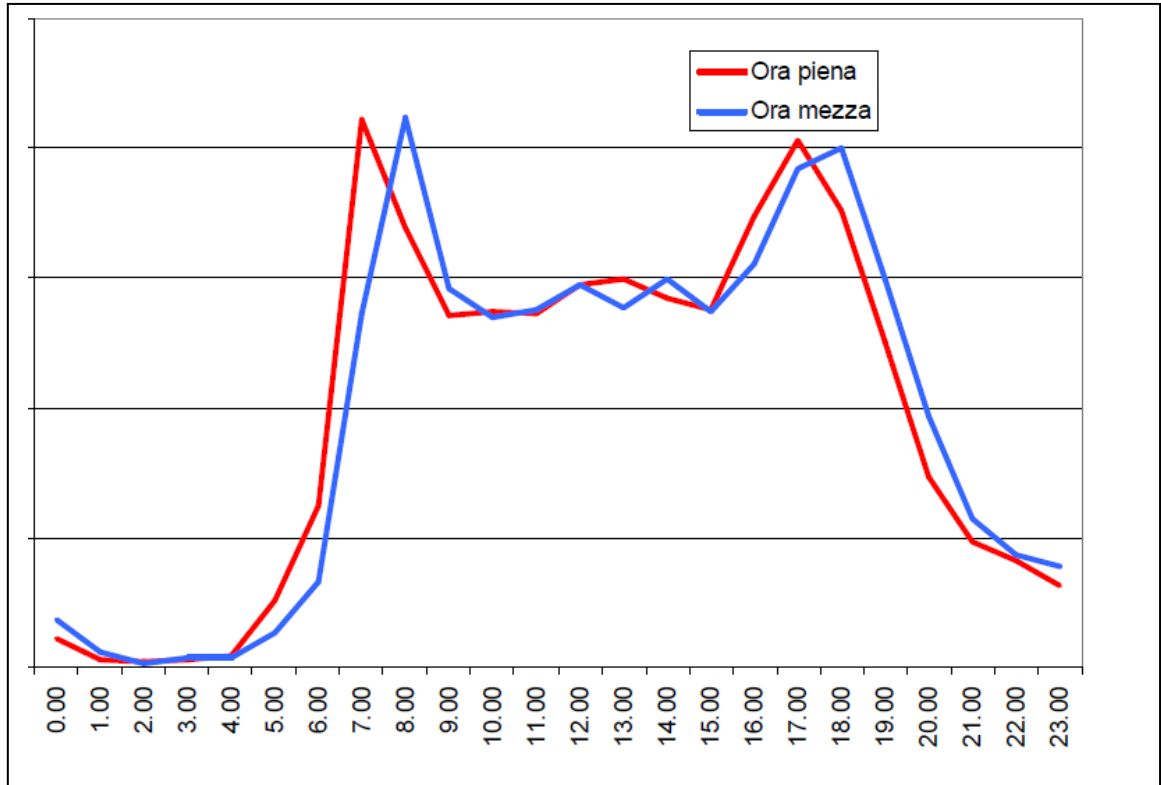


fig. I Andamento giornaliero flussi veicolari - media postazioni rilievo  
- valori per ora piena e per ora mezza- (PUM Rovereto)



## I.2. Entità del traffico indotto

Il traffico indotto dall'edificazione di progetto è essenzialmente rappresentato dagli addetti delle attività insediabili.

L'edificazione insediabile tramite il piano ammonta a circa 15050 mq di SUN (tab 1), comprensiva delle funzioni produttive avanzate, laboratori di ricerca, uffici di servizio ed ricettivo/studentato.

funzione	superfici edificabili (mq) SUN	incidenza
produttivo avanzato	7800	52%
laboratori di ricerca	4200	28%
uffici di servizio	1850	12%
ricettivo/studentato	1200	8%
totale	15050	100%

tab 1 Funzioni insediabili - edificazione di piano

Il carico insediativo delle attività produttive avanzate e degli uffici di servizio è quantificabile mediante il rapporto caratteristico addetti/mq, desumibili da consolidate analisi trasportistiche/territoriali effettuate su ampia scala (vedasi anche pubblicazione, TRT -Trasporti e territorio).

Gli addetti delle attività produttive avanzate sono quindi stimati in 156 unità (con 1 addetto/50 mq di sun), mentre quelli degli uffici di servizio sono quantificabili in 93 unità (con 1 addetto/20 mq di sun).

Il dato degli addetti dei laboratori di ricerca è stato derivato da quello delle attività produttive, considerando la minore densità di addetti a favore delle maggiori dotazioni strumentali di ricerca: 70 unità (con 1 addetto/60 mq di sun).

Il carico insediativo della componente ricettivo/studentato è diversamente rappresentato dagli utenti; il dato insediativo è quantificabile in 40 unità, applicando uno standard desumibile da altre strutture similari (con 1 utente/30 mq di sun).

Tramite i rapporti caratteristici sopra menzionati, si è determinato il carico insediativo del piano che ammonta a 359 unità (tab 2).

Per trasporre il carico insediativo in termini di spostamenti in auto si è attribuito un modal split dell'80% per le attività presenti e del 20% per il ricettivo/studentato. Il dato impiegato tiene conto dell'incidenza consolidata del trasporto alternativo al mezzo privato, preso atto che il nuovo



insediamento è collocato in un contesto urbano servito da diverse linee di trasporto pubblico (vedasi anche pubblicazione, TRT -Trasporti e territorio).

Il dato di incidenza del trasporto alternativo dovrebbe essere ulteriormente ampliato, tenuto conto:

- della stazione ferroviaria, facilmente raggiungibile dal nuovo insediamento tramite un percorso pedonale lungo un tragitto lungo poco più di 500 m;
- delle fermate dei bus urbani ed extraurbani, facilmente raggiungibili dal nuovo insediamento seguendo un percorso pedonale lungo via Manzoni percorrendo poco più di 400 m;
- dell'infrastrutturazione ciclabile contenuta nel piano, che si relaziona con la rete ciclabile urbana pianificata nel PUM di Rovereto.

Tuttavia, prudenzialmente lo studio non ha preso in esame questi favorevoli fattori localizzativi e connettivi, che permetterebbero un più ampio impiego della mobilità alternativa all'automobile.

Sulla base del carico insediativo, del modal split attribuito e del coefficiente di occupazione media delle autovetture (1,0 pers/veic nel caso di spostamenti per lavoro), si ricava il dato degli spostamenti in auto per accedere e recedere dal sito durante la fascia caratteristica della mattina (7.30-8.30): 255 veic. in entrata e 8 veic. in uscita (pertinenti al ricettivo/studentato).

funzione	superfici edifica. (mq) SUN	densità insedia. unita/mq	carico insedia. unita	spostamenti con mezzi priv.	traffico veicoli
produttivo avanzato	7800	50	156	80%	125 in
laboratori di ricerca	4200	60	70	80%	56 in
uffici di servizio	1850	20	93	80%	74 in
ricettivo/studentato	1200	30	40	20%	8 out
totale	15050	-	359	-	255 in- 8 out

tab 2 Carico insediativo e Flusso veicolare - edificazione di piano

### 1.3. Distribuzione del traffico indotto

La distribuzione dei flussi veicolari indotti dal polo di valenza sovracomunale è stata effettuata in base ai dati disponibili della OD (Origine Destinazione) degli spostamenti contenuti nel PUM di Rovereto, con particolare riferimento all'assetto predominante dell'accessibilità al territorio comunale durante l'arco temporale della mattina (fig. 2 e tav01).

Nell'assegnare i flussi di accesso all'insediamento, passando dall'accessibilità territoriale comunale alla rete viaria d'ambito locale tav02, si è tenuto conto dei seguenti elementi di calibrazione:



- delle limitazioni presenti nell'incrocio a T parzializzato di progetto che si innesta sulla SS12, che non consente la svolta da nord verso il polo, e dei disincentivanti ritardi di percorrenza per raggiungere il sito effettuando un'eventuale inversione di marcia nord/sud sulla rotatoria di p.le Orsi (percorrenze aggiuntive per circa 1.2 km ed ulteriori attese legate ai rilevanti flussi che interessano la rotatoria);
- della regolamentazione di corso Rosmini che determina una barriera agli attraversamenti nord/sud;
- dell'assetto a velocità ridotta su via Unione, tramite la presenza di diversi dossi dissuasori, che comportano ritardi di percorrenza tali da incentivare l'accesso da ovest per via Manzoni tramite il percorso alternativo posto a lato ferrovia: via Zeni/Pedroni;
- dei disincentivanti ritardi di percorrenza per raggiungere il sito da sud, nell'intento di evitare il passaggio sulla rotatoria di p.le Orsi, tramite il percorso alternativo rappresentato dall'eventuale svolta dalla SS12 all'altezza della rotatoria per via Craffonara, per poi immettersi su via Pasubio e quindi su via Zeni/Pedroni, per poi raggiungere la rotatoria di progetto su via Manzoni (in particolare le attese legate ai rilevanti flussi che interessano la rotatoria su via Craffonara).

Ciò premesso, una porzione rilevante dei flussi della mattinata indotti dall'accesso all'insediamento si attesteranno da nord (37%) (tab 3), tramite coloro che provengono dalla SS 12 (passando l'abitato di sant'Ilario) e dal viadotto all'altezza dello stadio Quercia (sp 90 dir ss12). Questi spostamenti confluiranno poi sulla viabilità comunale di via Magazol e via Pasqui, per accedere alla rotatoria di progetto su via Manzoni.

Un'altra frazione importante degli accessi si posizionerà a sud (35%), tramite l'incrocio a T di progetto posto sulla SS12. L'incrocio consente l'ingresso al polo per chi proviene da sud sulla SS12, pertanto questa svolta raccoglierà coloro che provengono dal percorso urbano della SS12, ovvero che giungono dalla SS12 all'altezza dell'abitato di Lizzana e dalla SS240, quest'ultimi percorrendo la via del Garda e la bretella ai Fiori.

Un'ulteriore fetta dei flussi in accesso al sito (25%) si attesterà su via Zeni/Pedroni per poi giungere alla rotatoria di progetto su via Manzoni. Su questa direttrice confluiranno coloro che provengono:

- da ovest, dalla SP 90 percorrendo via Adige/Pasubio, visti i vincoli esistenti su via Unione, di cui si è già detto in precedenza;
- da est, dalla SS 46 tramite via Calcinari e SP 89 tramite via s.Maria, che in ragione della barriera agli attraversamenti nord/sud posta da corso Rosmini, attraverseranno via Cavour e via Pasubio.



Una quota minore (4%) proviene dalla SP 2 - via dei Colli- ed accederà al sito tramite il tratto più diretto rappresentato da corso Rosmini e via Paoli, per poi giungere su via Manzoni e quindi alla rotatoria di progetto.

direttrice di accesso comunale	flusso accesso mattino (vo/h)	incidenza accessi da direttrice	direttrici accesso calibrate per il polo
ss12 nord	980	20%	37%
sp 90 dir ss12	850	17%	
ss 240	910	18%	35%
ss 12 sud	850	17%	
sp 2	180	4%	4%
da sp 90 (*)	600	12%	25%
sp46	430	9%	
sp 89	200	4%	
<b>totale</b>	<b>5000</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**tab 3 flussi sulle direttrici primarie di accesso comunale -PUM- e sulle direttrici calibrate per il polo - (7.30-8.30)**

(\*) da sp 90 – tramite via adige/pasubio

In base alla distribuzione calibrata degli accessi, di cui sopra, ed al dato del traffico veicolare indotto dal polo, dedotto in precedenza, è possibile assegnare il relativo flusso veicolare di pertinenza alla direttrice, come riportato in tabella (tab 4 ).

Per quanto concerne il traffico minoritario in recesso al mattino, legato alla componente ricettiva, questo è stato ragionevolmente diretto verso il centro urbano tramite l'accesso in rotatoria di progetto, quindi ripartito a metà verso via Savioli e verso via Pedroni/Zeni (tab 5).

direttrice di accesso al polo	distribuzione dei flussi (%)	distribuzione dei flussi (vo/h)
da sud SS12 per incrocio T progetto	37%	93
da via Pedroni/Zeni per rotatoria progetto	35%	90
da via Magazol/Pasqui per rotatoria progetto	25%	63
da via Manzoni -dir Paoli- per rotatoria progetto	4%	9
<b>totale</b>	<b>100%</b>	<b>255 in</b>

**tab 4-flussi sulle direttrici di accesso al polo - (7.30-8.30)**



direttrice di recesso dal polo	distribuzione dei flussi (%)	distribuzione dei flussi (vo/h)
dalla rotatoria di progetto per via Savioli-	50%	4
dalla rotatoria di progetto per via Pedroni/Zeni	50%	4
totale	100%	8 out

tab 5 flussi delle direttrici di recesso dal polo - (7.30-8.30)



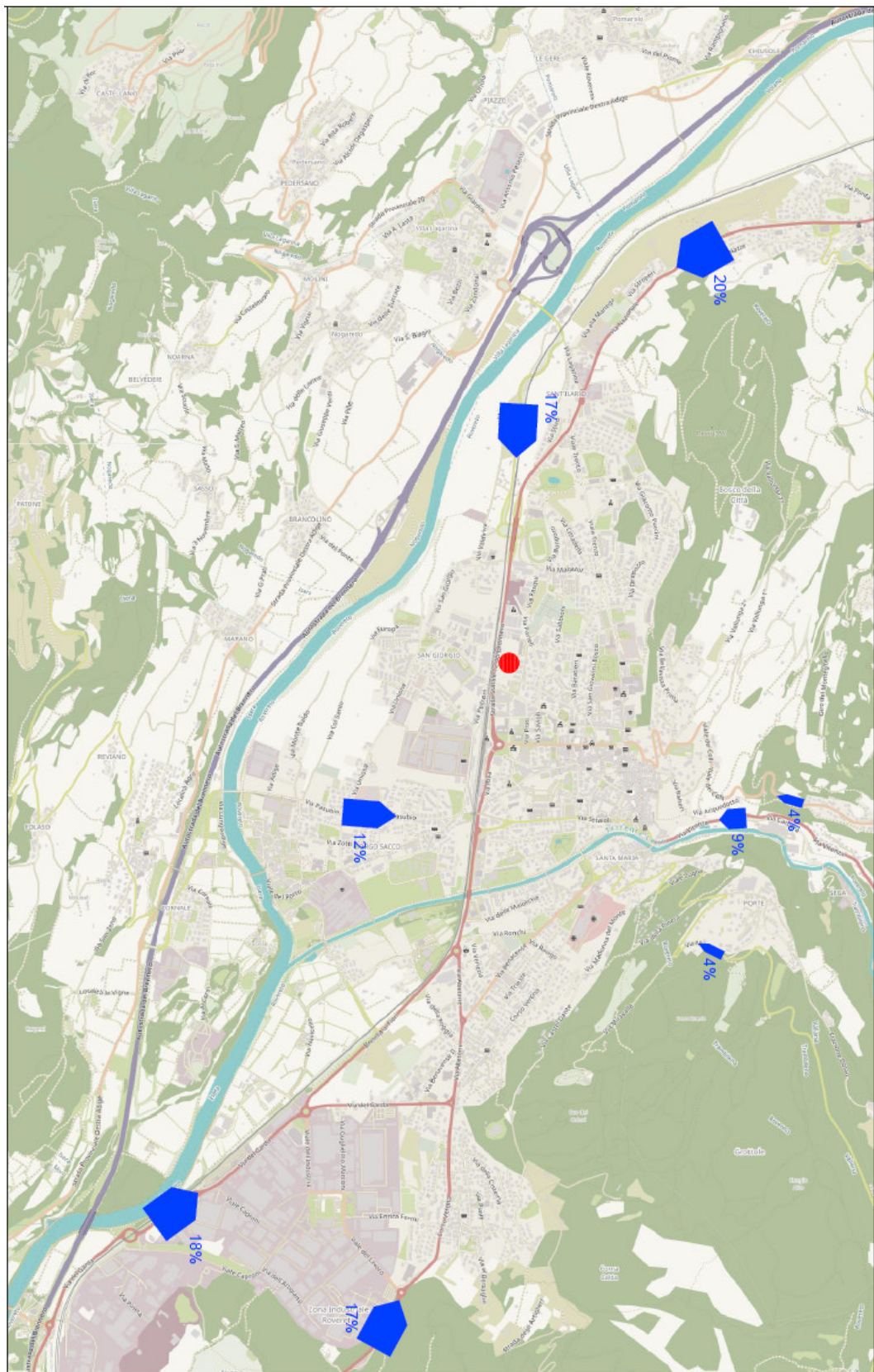


fig. 2 distribuzione accessi utenti polo



## **I.4. Entità del traffico deviato**

Il piano prevede la realizzazione di una viabilità di servizio al polo che consta in un nuovo incrocio a T parzializzato sulla SS12, una nuova rotatoria su via Manzoni ed una strada passante l'insediamento che mette in comunicazione la rotatoria con l'incrocio a T parzializzato.

L'incrocio a T di progetto risulta parzializzato per l'inibizione delle svolte a sinistra, quindi la manovra diretta al polo per chi proviene da nord sulla SS12 e la manovra diretta a sud sulla SS 12 per chi proviene dal polo.

La strada di servizio al polo che mette in comunicazione via Manzoni con la SS12 consente un nuovo indirizzamento del traffico attuale.

In particolare, gli spostamenti su via Manzoni diretti a nord di Rovereto troveranno più congegnale ridurre i ritardi di percorrenza seguendo il nuovo tragitto, imboccando la rotatoria e percorrendo la strada di servizio al polo per uscire direttamente sulla SS12, tramite l'incrocio a T parzializzato.

Questo nuovo tragitto permette di eliminare i ritardi di attesa agli incroci (un semaforo e due rotatorie) posti sull'attuale percorso rappresentato dalle vie Manzoni – m.te Corno – Azzolini – Partelli – Pasqui – Magazol, che oggi viene utilizzato dall'utenza che da via Manzoni è diretta a nord di Rovereto (in particolare da via magazol si accede allo svincolo sulla SS12 all'altezza dello stadio Quercia).

Sempre la strada di progetto permette una nuova alternativa di percorso anche per quelli che provenendo da sud sulla SS12 possono ora imboccare la viabilità di servizio del nuovo insediamento, per giungere tramite la rotatoria su via Manzoni. Tuttavia, questo nuovo tragitto presenta caratteristiche non incentivanti.

Infatti, per quelli che da sud della SS12 sono diretti su via m.te Corno e che attualmente percorrono la via Partelli (imboccando l'incrocio a T anch'esso parzializzato rispetto alle manovre a sinistra), l'alternativa esaminata comporta la disincentivante attesa al semaforo di via Manzoni.

Anche per quelli che da sud della SS12 sono diretti sulle vie Balista/Pedroni/Zeni, che attualmente seguono il tragitto dalla rotatoria sulla SS12 all'altezza di via Craffonara verso via Pasubio, l'alterativa di percorso è appesantita dalla maggiore percorrenza e dalle maggiori attese sulla rotatoria di p.le Orsi e sull'incrocio di via Balista/Pedroni.





A conferma indiretta di queste considerazioni, si richiama il ridotto flusso di traffico che attualmente proviene da sud della SS12 su via Partelli (tramite l'incrocio a T parzializzato), che poi prosegue svoltando a destra in direzione di via m.te Corno.

Per determinare l'entità percentuale del traffico che attualmente transita su via Manzoni e si dirige a nord di Rovereto, si è svolta una indagine O/D nella giornata di venerdì 21 aprile, durante la fascia oraria mattutina (7.30-8.30). Con l'apporto del servizio di Polizia locale sono stati intervistati 74 conducenti dei veicoli (oltre a questi sono stati intercettati alcuni diretti al palazzetto dello sport per un evento religioso annuale, che pertanto non sono stati inseriti nel campione).

Il campione esaminato è rappresentativo di oltre il 10% dei veicoli che mediamente transitano in quell'ora (694 veic/h – dato dedotto dai rilievi del traffico condotti nella settimana dal 27 al 31 marzo 2023), pertanto è statisticamente significativo. Nel campione esaminato il 35% dei veicoli era diretto a nord di Rovereto.

Tramite un'altra metodologia di valenza statistica sono stati considerati i flussi di traffico agli incroci sul ramo transitato dai veicoli provenienti da via Manzoni e diretti a nord di Rovereto ( $F_n$ ) (tab 6, fig 3 tav 08).

In particolare, si sono ricavati i flussi di svolta laterali all'incrocio ( $F_s$ ), relativi ai soli flussi in ingresso sul ramo percorso dai veicoli diretti come sopra.

Il prodotto dei rapporti complementari ( $1 - F_s/F_n$ ) è statisticamente rappresentativo della percentuale ricercata dei veicoli provenienti da via Manzoni e diretti a nord di Rovereto, ed ammonta al 28%.

Il dato ottenuto con le due metodologie di discosta di poco, confermando la bontà dei dati impiegati; si assume quindi quale entità percentuale del traffico che attualmente transita su via Manzoni e si dirige a nord di Rovereto il valore medio pari al 32%.

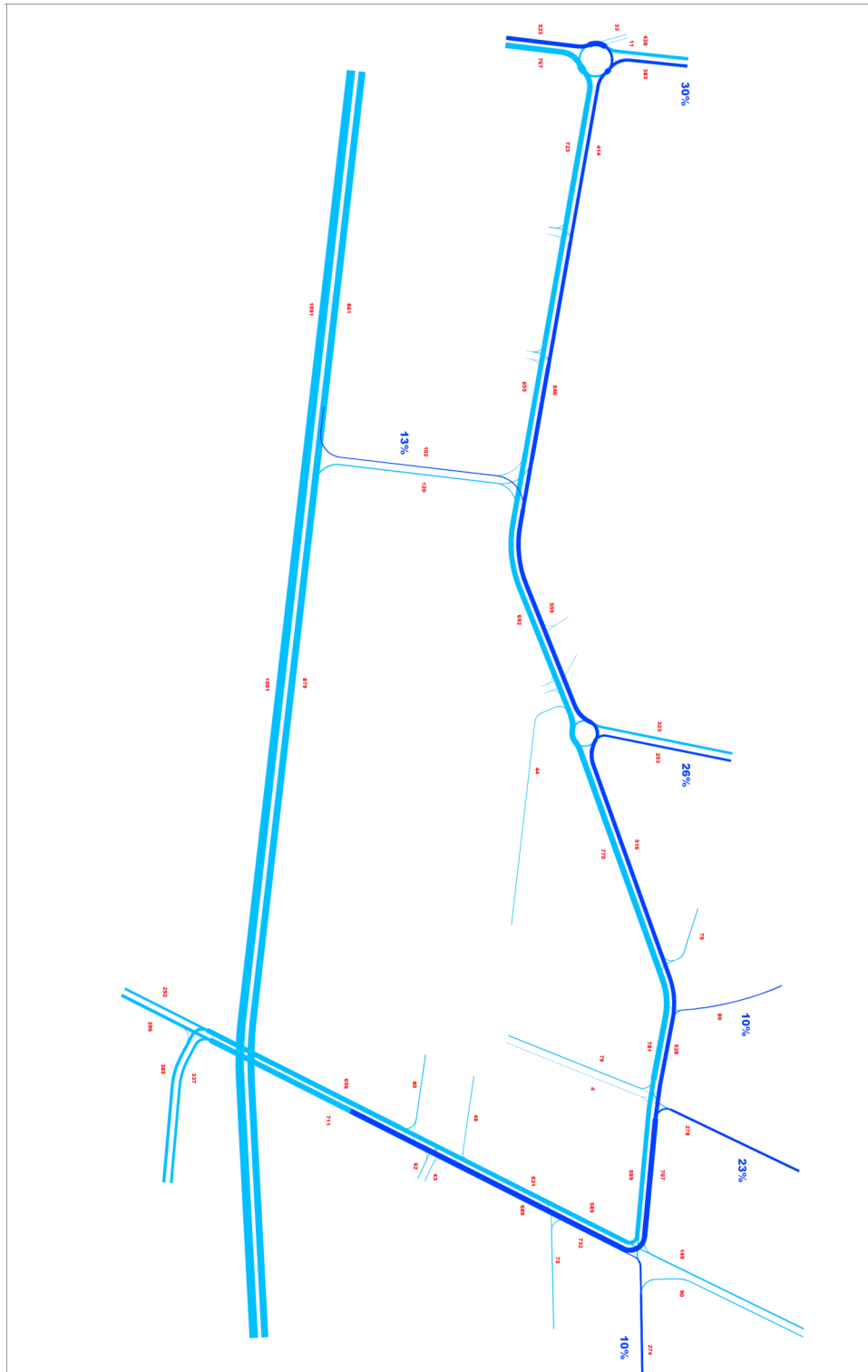
Inoltre, si assume una percentuale del 50% di traffico deviato, che attualmente si svolge da sud della SS12 impegnando via Partelli (tramite l'incrocio a T parzializzato), per poi svoltare a destra in direzione via m.te Corno. Tale flusso deviato viene assegnato in ingresso all'incrocio a T parzializzato di progetto e poi alla viabilità di servizio del polo; tale deviazione è motivata dalla parziale duplicazione di funzione dei due ingressi sulla SS12.



incroci	Fs/Fn (%)	I-Fs/Fn (%)	$\prod (I-Fs/Fn)$
vie Manzoni- m.te corno-Savioli	10%	90%	90%
vie m.te Como- gazzoletti -bezzi	23%	77%	69%
vie m.te Como- azzolini -grappa	10%	90%	62%
vie azzolini - partelli	26%	74%	46%
vie partelli – pasqui	13%	87%	40%
vie pasqui – magazol - bonporti	30%	70%	<b>28%</b>

tab 6 Incidenza svolte laterali agli incroci e relativa serie per il flusso che da via Manzoni e diretto a nord di Rovereto





diramazioni flusso da via Manzoni - fig. 3



## 2. LIVELLO DI SERVIZIO DELLA RETE

### 2.1. Definizione del LOS

Prima di affrontare nei successivi paragrafi l'analisi dei livelli di servizio presenti sulla rete è utile chiarire la natura del parametro rappresentativo del livello di servizio.

Il livello di servizio (L.O.S. Level of Service) fornisce una indicazione della qualità della circolazione dei veicoli che attraversano un'intersezione stradale. Possiamo avere 6 livelli di servizio che vengono identificati con le lettere dell'alfabeto che vanno dalla A fino alla F. La condizione migliore si ha in corrispondenza del livello di servizio A, la peggiore in corrispondenza del livello di servizio F.

Nella pubblicazione HCM (Highway Capacity Manual) curata dal Transportation Research Board, il livello di servizio di una particolare manovra o di tutta l'intersezione viene valutato in relazione al ritardo medio, distinguendo tra incroci non semaforizzata e quelli semaforizzati, che si comportano in forma strutturalmente diversa.

Livello di servizio (LOS)	Ritardo medio (s/v)
A	0-10
B	> 10-15
C	> 15-25
D	> 25-35
E	> 35-50
F	> 50

intersezioni non semaforizzate

Livello di servizio (LOS)	Ritardo medio (s/v)
A	0-10
B	> 10-20
C	> 20-35
D	> 35-55
E	> 55-80
F	> 80

intersezioni semaforizzate



L'indicatore LOS assumere un valore da A a F in funzione del valore del ritardo medio accumulato dai veicoli per attraversare l'intersezione su ciascuna corrente di traffico. Per ritardo si intende la differenza tra il tempo reale di attraversamento del nodo e il corrispondente tempo teorico in condizioni di deflusso libero e cioè in assenza di interferenze legate alla presenza degli altri veicoli o di altre interferenze.

Nel seguito è riportata la descrizione delle condizioni generiche di circolazione associate a ciascun valore del livello di servizio.

#### LIVELLO A

Gli utenti non subiscono interferenze alla propria marcia, hanno elevate possibilità di scelta delle velocità desiderate (libere); il comfort è notevole.

#### LIVELLO B

La più alta densità rispetto a quella del livello A comincia ad essere avvertita dai conducenti che subiscono lievi condizionamenti alle libertà di manovra ed al mantenimento delle velocità desiderate; il comfort è discreto.

#### LIVELLO C

Le libertà di marcia dei singoli veicoli sono significativamente influenzate dalle mutue interferenze che limitano la scelta delle velocità e le manovre all'interno della corrente; il comfort è definibile modesto.

#### LIVELLO D

E' caratterizzato da alte densità ma ancora da stabilità di deflusso; velocità e libertà di manovra sono fortemente condizionate; modesti incrementi di domanda possono creare problemi di regolarità di marcia; il comfort è basso.

#### LIVELLO E

Rappresenta condizioni di deflusso che comprendono, come limite inferiore, la capacità; le velocità medie dei singoli veicoli sono modeste (circa metà di quelle del livello A) e pressoché uniformi; non c'è praticamente possibilità di manovra entro la corrente; il moto è instabile perché piccoli incrementi di domanda o modesti disturbi (rallentamenti, ad esempio) non possono più essere facilmente riassorbiti da decrementi di velocità e si innesca così la congestione; il comfort è bassissimo.

#### LIVELLO F

Il flusso è forzato: tale condizione si verifica allorché la domanda di traffico supera la capacità di smaltimento della sezione stradale utile (ad es. per temporanei restringimenti dovuti ad incidenti o



manutenzioni) per cui si hanno code di lunghezza crescente, bassissime velocità di deflusso, frequenti arresti del moto, in un processo ciclico di stop-and-go caratteristico della marcia in colonna in condizioni di instabilità; non esiste comfort.

Immagini rappresentative dei livelli di servizio LOS per i flussi autostradali

Livello A



Livello B



Livello C



Livello D



Livello E



Livello F



## **2.2. Metodologia di calcolo**

Per la valutazione del livello di servizio nelle manovre di svolta in un'intersezione, al fine di determinare l'entità delle code che si formano sugli ingressi dell'incrocio, sono a disposizione alcune metodologie di calcolo di natura statica comunemente utilizzate.

Per gli incroci non semaforizzati si applicano quelle contenute nel HCM del Transportation Research Board.

Nel caso degli incroci a rotatoria si applica la metodologia di calcolo proposta dall'istituto ministeriale dei trasporti francese SETRA (Service d'études sur les transports les routes et leurs aménagements), maggiormente performante per la realtà europea.

Per l'intersezione semaforizzata ci si approccerà tramite il rilievo analitico diretto delle lunghezze delle code, anche in considerazione dei limiti e complessità delle metodologie diversamente utilizzate.



### **3. CARATTERIZZAZIONE STATO ATTUALE**

#### **3.1. Offerta viaria**

Il polo di progetto nascerà produttiva dismessa denominata ex Merloni, all'interno del quadrilatero urbano collocato tra la SS12, via Manzoni, via m.te Corso, via Azzolini e via Partelli.

L'intersezione tra via Manzoni e via m.te Corso è regolamentata da un impianto semaforico attuato, mentre l'intersezione tra la SS12 e via Partelli è costituita da un incrocio a T parzializzato, che inibisce le manovre di svolta a sinistra. (tav.3 e 4 )

Il tragitto delle vie Manzoni – m.te Corno – Azzolini – Partelli – Pasqui – Magazol serve i transiti di via Manzoni diretti verso il nord di Rovereto (in particolare da via magazol si accede allo svincolo sulla SS12 all'altezza dello stadio Quercia).

L'incrocio posto in prossimità del sottopasso mette in comunicazione i flussi su via Manzoni con quelli su via Balista e via Pedroni/Zeni (tav.3 e 4 ); per quest'ultima via vige l'obbligo di svolta a destra all'incrocio. Su via Manzoni è posto l'accesso al parcheggio pubblico a pagamento -piazzale Sergio Zanon- e l'accesso all'edificio della società Dolomiti energia.

#### **3.2. Flussi veicolari sulla viabilità di servizio**

Il rilievo del traffico esistente è stato effettuato mediante un monitoraggio dei flussi, tramite l'utilizzo di videocamere, nella settimana da lunedì 27 al venerdì 31 marzo 2023.

Come già meglio chiarito nei precedenti paragrafi, si è scelto di effettuare il monitoraggio nella fascia della mattina (7:30-8:30) della settimana lavorativa.

Il rilievo ha interessato l'intersezione semaforica delle vie Manzoni- m.te Corno- Savioli, quella a T delle vie Manzoni- Pedroni- Balista ed infine i passaggi sulla SS12, all'altezza dell'intersezione con via Partelli.

La scelta di queste intersezioni è connessa alla prossimità con gli accessi di progetto del polo, condizione che determinerà in tali nodi la generazione degli impatti più significativi.

Altri rilievi hanno interessato gli incroci sul percorso m.te Corno – Azzolini – Partelli – Pasqui – Magazol per stabilire le manovre di svolta laterali.





La sintesi dei rilievi è riportata nei flussogrammi e nelle tabelle allegate e in tav 07, dove sono indicati i valori dei veicoli omogeneizzati (vo) dedotti dalla somma pesata dei veicoli leggeri e pesanti transitati; in particolare nei flussogrammi sono riportate l'entità delle manovre di svolta agli incroci.

### 3.2.1. Intersezione semaforica

L'intersezione è impegnata da un volume omogeneizzato complessivo di traffico entrante di 1570 vo/h e da una incidenza del traffico pesante pari a 5%.

Il ramo più trafficato è quello della via Manzoni dir Balista con circa 730 vo/h in ingresso, seguito da quello di via Balista con oltre 590 vo/h. Più limitato il traffico sulla tratta di via Manzoni – dir Paoli con oltre 230 vo/h (fig. 4 e tav 05 e 07).

	denominazione	ingresso (vo/h)	uscita (vo/h)	bidirez. (vo/h)	% veic. pesanti
A	via m.te Corno	599	707	1305	-
B	via Manzoni dir Balista	732	589	1321	-
C	via Savioli	0	274	274	-
D	via Manzoni dir Paoli	239	0	239	
	Totale	1570	1570	3140	5%

tab 7 Flusso veicolare omogeneizzato sui rami (7:30-8:30) – incrocio semaforizzato

### 3.2.2. Intersezione a T esistente

L'incrocio è impegnato da un volume omogeneizzato complessivo di traffico entrante di circa 1380 vo/ e da una incidenza del traffico pesante pari a 5%.

La tratta più trafficata è quella della via Manzoni con circa 650 vo/h in ingresso, seguono poi la via Balista, con oltre 390 vo/h, e la via Pedroni con 330 vo/h (fig. 5 e tav 05 e 07).

	denominazione	ingresso (vo/h)	uscita (vo/h)	bidirez. (vo/h)	% veic. pesanti
A	via Balista	396	292	688	-
B	via Pedroni	337	385	722	-
C	via Manzoni	655	711	1366	-
	Totale	1388	1388	2776	5%

tab 8 Flusso veicolare omogeneizzato sui rami (7:30-8:30) – incrocio a T esistente



fig. 4 Flussogramma incrocio semaforizzato

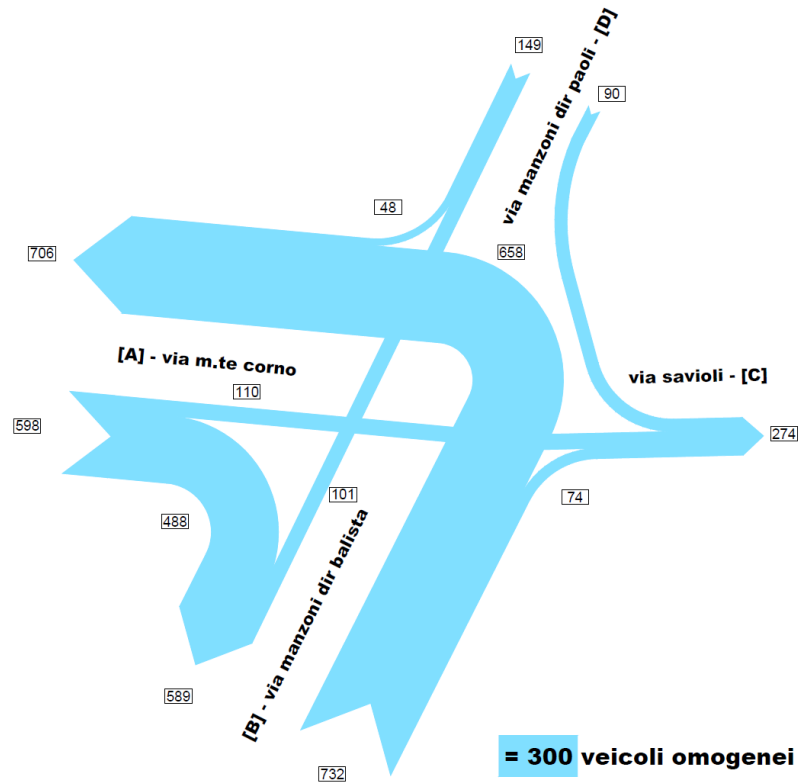
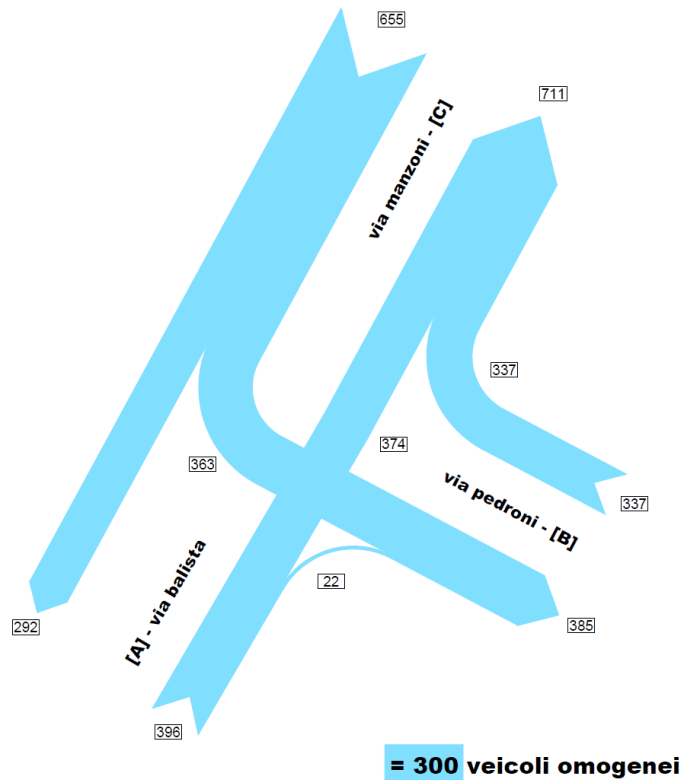


fig. 5 Flussogramma incrocio a T esistente



### 3.2.3. SS12

---

La strada statale all'altezza dell'incrocio con via Partelli è impegnata da un flusso di 879 vo/h in direzione nord e di 1091 vo/h in direzione sud (tav 07).

## 3.3. Livelli di servizio della viabilità

### 3.3.1. Intersezione a T esistente

---

L'attuale incrocio, interessato da un flusso totale entrante di circa 1380 vo/h, si caratterizza sia per la manovra di svolta a sinistra (4) da via Manzoni con 363 vo/h e per la manovra di svolta a destra dal via Pedroni (9) con 337 vo/h (tab 9), mentre la manovra di svolta a sinistra sempre da via Pedroni non è ammessa per il divieto presente.

Le manovre di questo incrocio sono strutturalmente ritardate per la presenza dell'attraversamento pedonale su via Pedroni e per la scarsa visibilità dell'incrocio, limitata dai muri di contenimento perimetrali lato careggiata.

Del fattore aggiuntivo di ritardo legato alla scarsa visibilità si è tenuto conto incrementando di un 5% (in base all'osservazione diretta del rilievo video delle tempistiche delle svolte sull'incrocio) il tempo base dell'intervallo critico ( $t_c$ ), utile per eseguire l'immissione, ed anche l'intervallo di sequenza ( $t_f$ ), necessario affinché il veicolo successivo continui ad eseguire l'immissione, (vedi paragrafo metodologia di calcolo per cognizione delle grandezze  $t_c$  e  $t_f$ ).

Il fattore aggiuntivo di ritardo legato alla presenza del passaggio pedonale è stato calibrato aumentando di un 5% il fattore di impedenza delle svolte ( $\pi_i$ ) (in base all'osservazione diretta del rilievo video riguardo i tempi di utilizzo del passaggio pedonale).

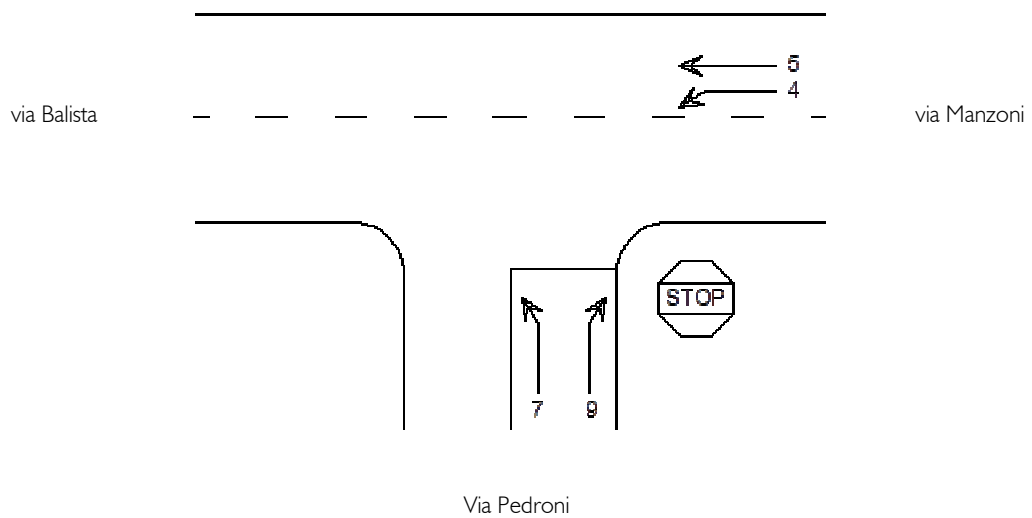
La manovra di svolta a destra da via Pedroni è quella più penalizzata, con un livello di servizio pari a (LOS C) e code massime di 21 m (tab 10), mentre la svolta da via Manzoni a sinistra presenta un livello di servizio pari a (LOS B) e code massime di 8 m.

Nello specifico, si osserva che in taluni momenti transitori le code da via Manzoni sono maggiori a causa dell'effetto plotone che l'impianto semaforico determina sui mezzi in uscita nella fase di verde.



ramo	via Balista	via Manzoni	via Pedroni	totale
via Balista		374	22	396
via Manzoni	292		363	655
via Pedroni	0	337		337
totale	293	711	385	1389

tab 9 Flusso veicolare omogeneizzato e manovre di svolta (7:30-8:30) – stato attuale - incrocio a T esistente



Schema delle manovre della intersezione e tre bracci



Grandezze		Manovra		
		4	7	9
Portata della manovra	$q_x$ (v/h)	363		337
Portate di conflitto	$q_{c,x}$ (v/h)	396		385
Tempo critico	$T_{c,x}$ (s)	4,41		7,21
Intervallo di sequenza	$T_{f,x}$ (s)	2,4		3,5
Capacità potenziale della manovra	$C_{p,x}$ (v/h)	1049		566
Probabilità di coda in attesa della manovra	$p_{oj}$	1		1
Fattore di impedenza	$f_x$	1		1
Capacità reale della manovra	$C_{e,x}$ (v/h)	1049		566
Ritardo medio della manovra	$d_x$ (s/v)	10,7		22,3
Livello di servizio	LOS	B		C
Capacità reale combinata della manovra	$C_{e,x/y}$ (v/h)	-		-
Ritardo medio combinato della manovra	$d_{xy}$ (s/v)	-		-
Livello di servizio combinato	LOS	-		-
Lunghezza media della coda (m)	$Q_{mx}$	5,4		10,4
Lunghezza max della coda 95° percentile (m )	$Q_{95x}$	8,4		21,5

tab 10 Grandezze caratteristiche di esercizio– stato attuale - (7:30-8:30) – incrocio a T esistente



### 3.3.2. Intersezione semaforizzata

---

Per la valutazione del livello di servizio di un'intersezione semaforica, al fine di determinare l'entità delle code massime che si formano sugli ingressi dell'incrocio, sono a disposizione alcune metodologie di calcolo di natura statica, nonché metodologie di natura dinamica (quest'ultime richiedono però un approccio micro-simulativo).

Tra le metodologie di natura statica, la più semplificata è quella del CNR. Tuttavia, questa metodologia ha come controindicazione la sovrastima dei flussi di saturazione degli ingressi, restituendo condizioni molto più favorevoli allo stato reale.

L'altra metodologia, più complessa, è contenuta nel HCM (del Transportation Research Board). Questa metodologia risulta meglio rispecchiare gli andamenti reali, pur mantenendo un margine di sottostima dei flussi di saturazione degli ingressi. La metodologia comporta però una rilevazione articolata delle grandezze sul campo, ovvero dei tempi di passaggio dei veicoli, nonché una accurata valutazione delle velocità di ingresso, per infine determinare il flusso di saturazione.

Ciò premesso, l'approccio analitico che si è inteso seguire è legato alla misura diretta sul campo delle code che si formano agli ingressi nelle fasi di rosso del ciclo semaforico.

Il semaforo considerato è contraddistinto da quattro fasi (vedasi figura di seguito e tav 06):

- fase A, verde per chi è posizionato su via m.to Corno, nella canalizzazione sinistra in direzione via Savioli e in quella destra in direzione via Manzoni dir Balista;
- fase B, verde per chi è posizionato su via m.to Corno, nella canalizzazione destra in direzione via Manzoni dir Balista e per chi è posizionato su via Manzoni dir Balista, in direzione via m.to Corno e via Savioli;
- fase C, verde per chi è posizionato su via Manzoni dir Paoli, in direzione via m.te Corno e in direzione via Manzoni dir Balista;
- fase D, verde per il passaggio pedoni;

le svolte a sinistra da via Manzoni dir Paoli per via Savioli godono di una specifica canalizzazione e non sono soggette alle fasi semaforiche, ma al solo diritto di precedenza; il passaggio pedonale su via Manzoni dir Paoli gode del verde anche nelle fasi A e B.

Il ciclo semaforico nell'ora di punta si assesta su 160 sec, mentre le tempistiche di fase rilevate sono rappresentate nel piano semaforico in figura (fig. 6).



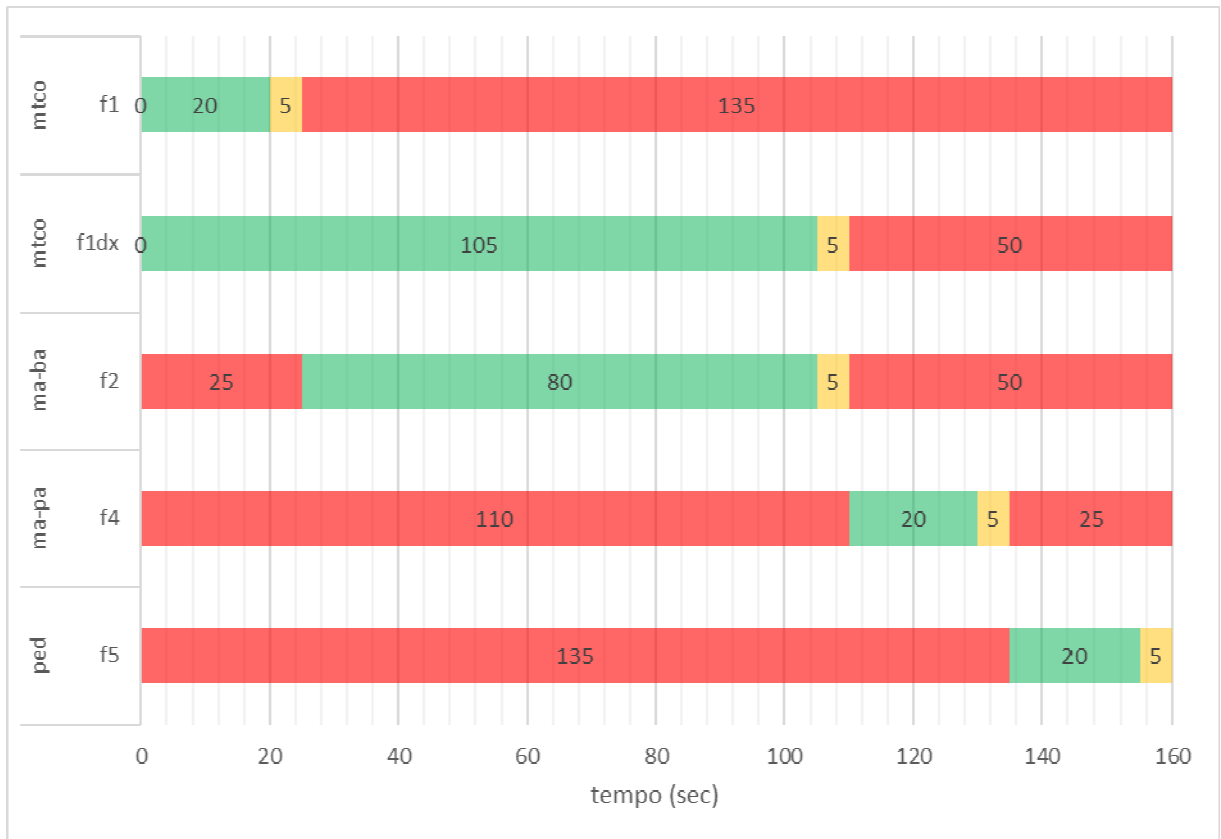
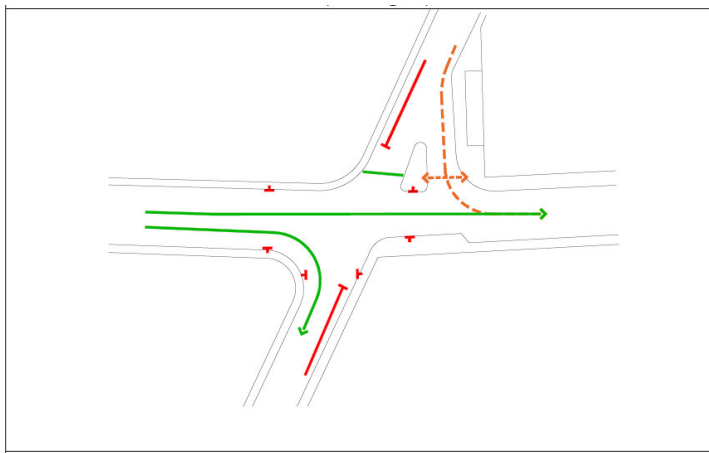
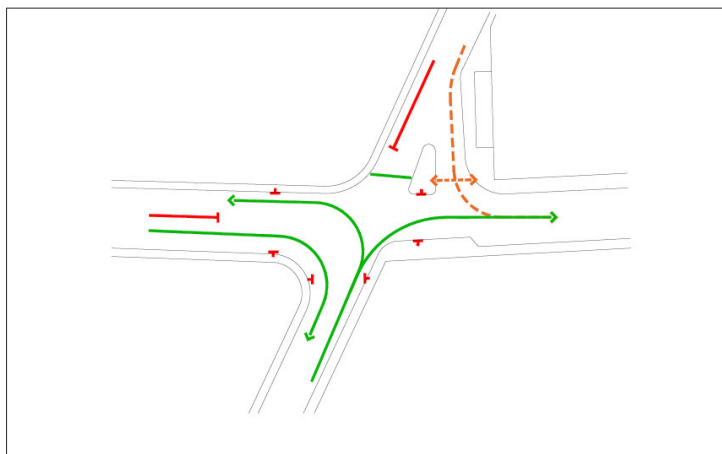


fig. 6 -Fasi attuale piano semaforico (7:30-8:30)

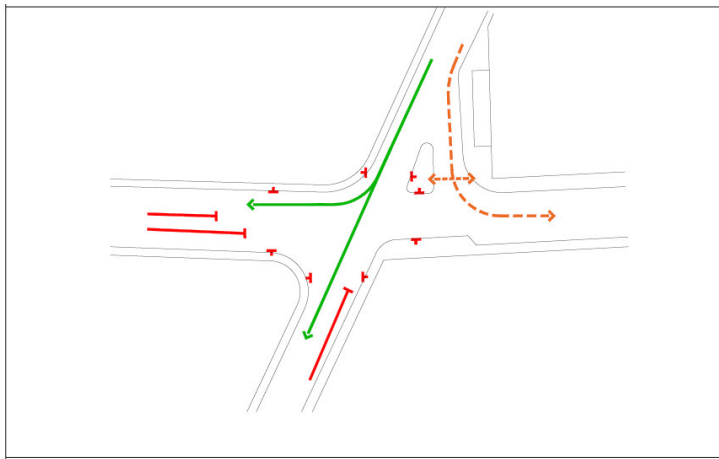


fase A

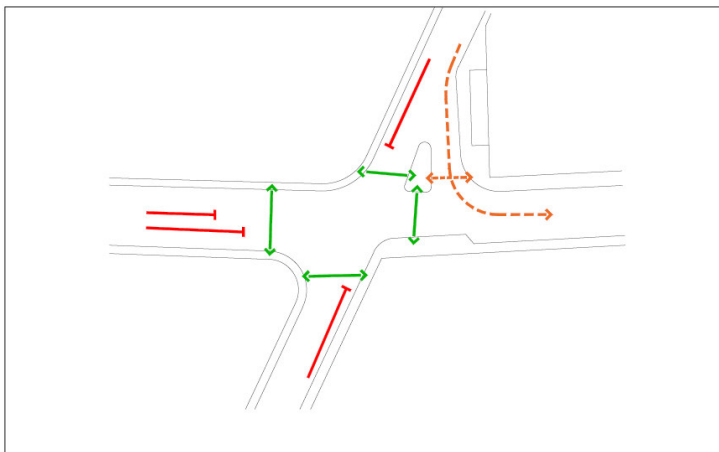


fase B





fase C



fase D

Esaminando l'impedenza dei flussi transitanti rispetto al piano semaforico dato (l'impedenza dei flussi  $FxRn$ , è data dal prodotto tra il flusso e la percentuale di rosso totale della fase del ciclo che interessa quel flusso), si osserva come attualmente il piano semaforico penalizzi i flussi provenienti da via Manzoni – dir Balista ( $FxRn$  343 vo/h) rispetto a quelli da via Manzoni dir Paoli ( $FxRn$  126 vo/h) e via m.te Corno in direzione via Savioli ( $FxRn$  93 vo/h), come pure il flusso da via via m.te Corno in direzione via Manzoni dir Balista presenta una impedenza contenuta ( $FxRn$  153 vo/h).

denominazione	F Flusso (vo/h)	Rt Rosso totale (s)	Rn Rt/Ciclo	$FxRn$ (vo/h)
Pedoni -f5	-	135	0,844	-
manz. dir pao. -f4	149	135	0,844	126
manz. dir bal. -f2	732	75	0,469	343
mt. Corno - f1 dx	488	50	0,313	153
mt. Corno - f1	110	135	0,844	93
Totale	1479			714

tab 11 Indici di esercizio (7:30-8:30) – incrocio semaforizzato





L'impedenza sui flussi dell'attuale piano semaforico condiziona direttamente le code rilevate sulle tratte dell'incrocio.

In via Manzoni dir Balista, la serie delle code rilevate (fig. 7) è caratterizzata da una loro evidente estensione nei 15 min di maggiore afflusso della prima mezzora 7.30-8.00, tant'è che la loro lunghezza supera la distanza tra l'incrocio ed il sottopasso. Successivamente le code decrescono nella seconda mezzora 8.00-8.30 e si stabilizzano nella fascia 100/150 m.

In via m.te Corno, la serie delle code osservate (fig. 8) è caratterizzata da un valore medio di 95 m nella prima mezzora di maggiore afflusso, quindi da un valore medio inferiore nella seconda mezzora di minore afflusso.

In via Manzoni dir Paoli la serie delle code (fig. 9) in taluni momenti è condizionata dalle partenze degli autobus dalle quattro fermate poste a lato strada, la più vicina collocata a 50 m dallo stop dell'incrocio. Il valore medio delle code è di 55 m nella prima mezzora, per ridursi nella seconda mezzora a 35 m.



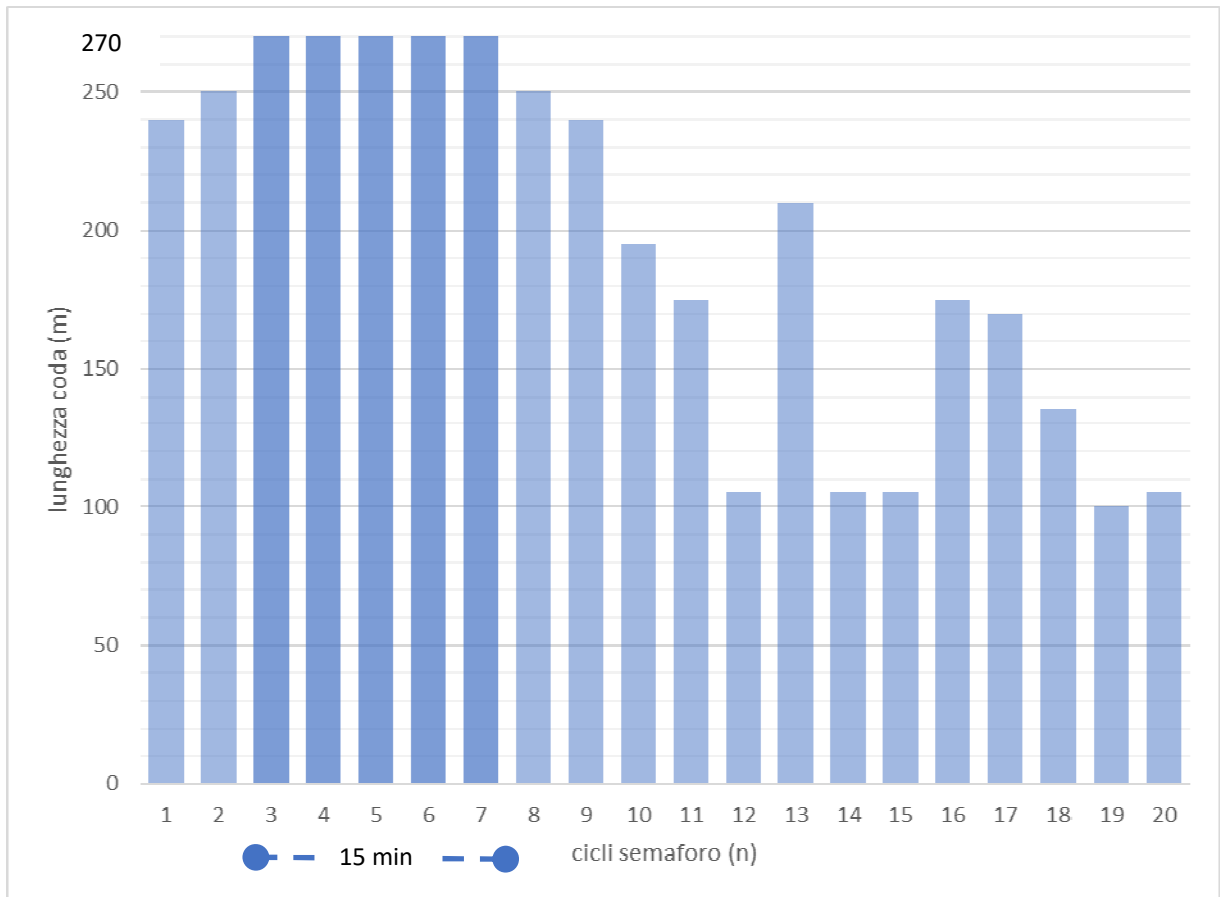


fig. 7 -lunghezza code - fase rosso semaforico – via Manzoni dir Balista - (7:30-8:30)

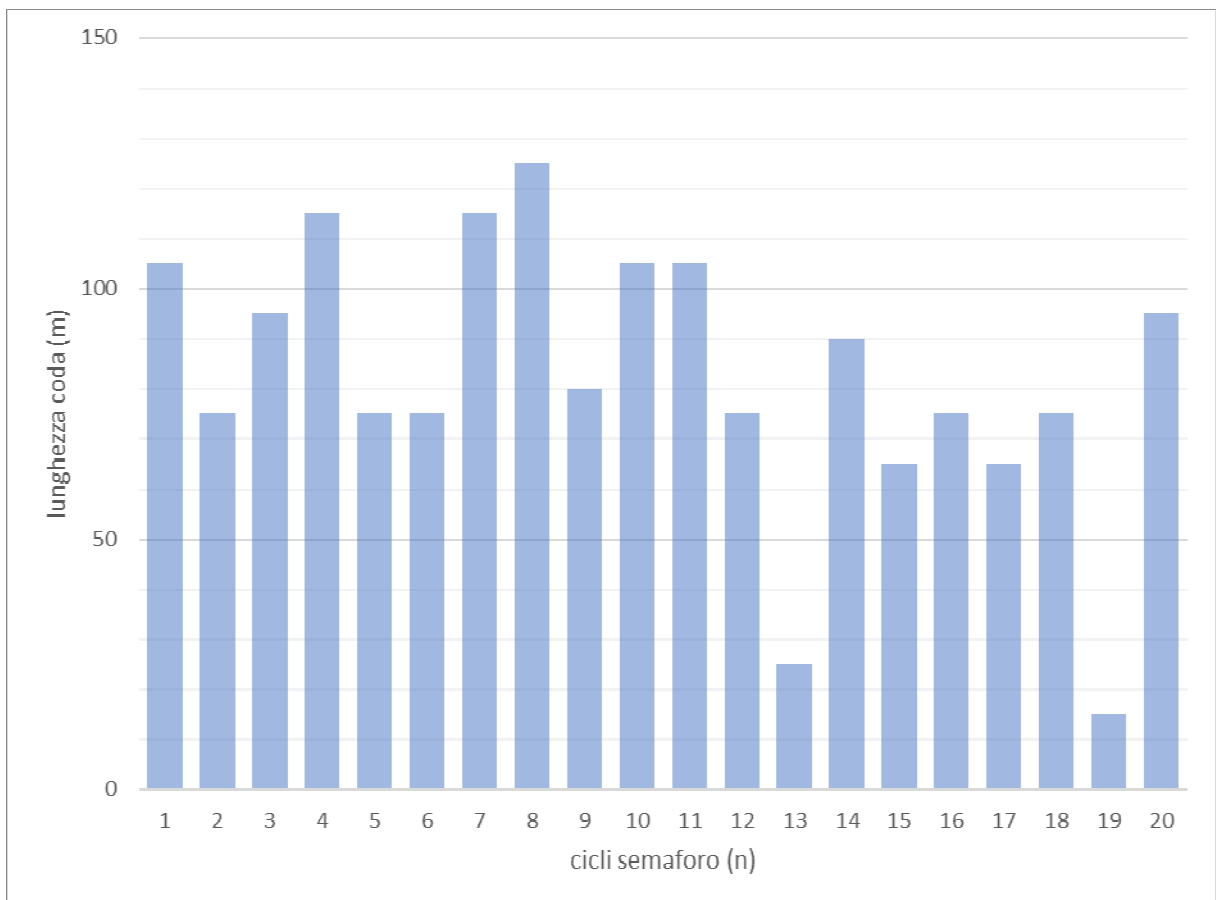


fig. 8 -lunghezza code - fase rosso semaforico – via m.te Corno - (7:30-8:30)



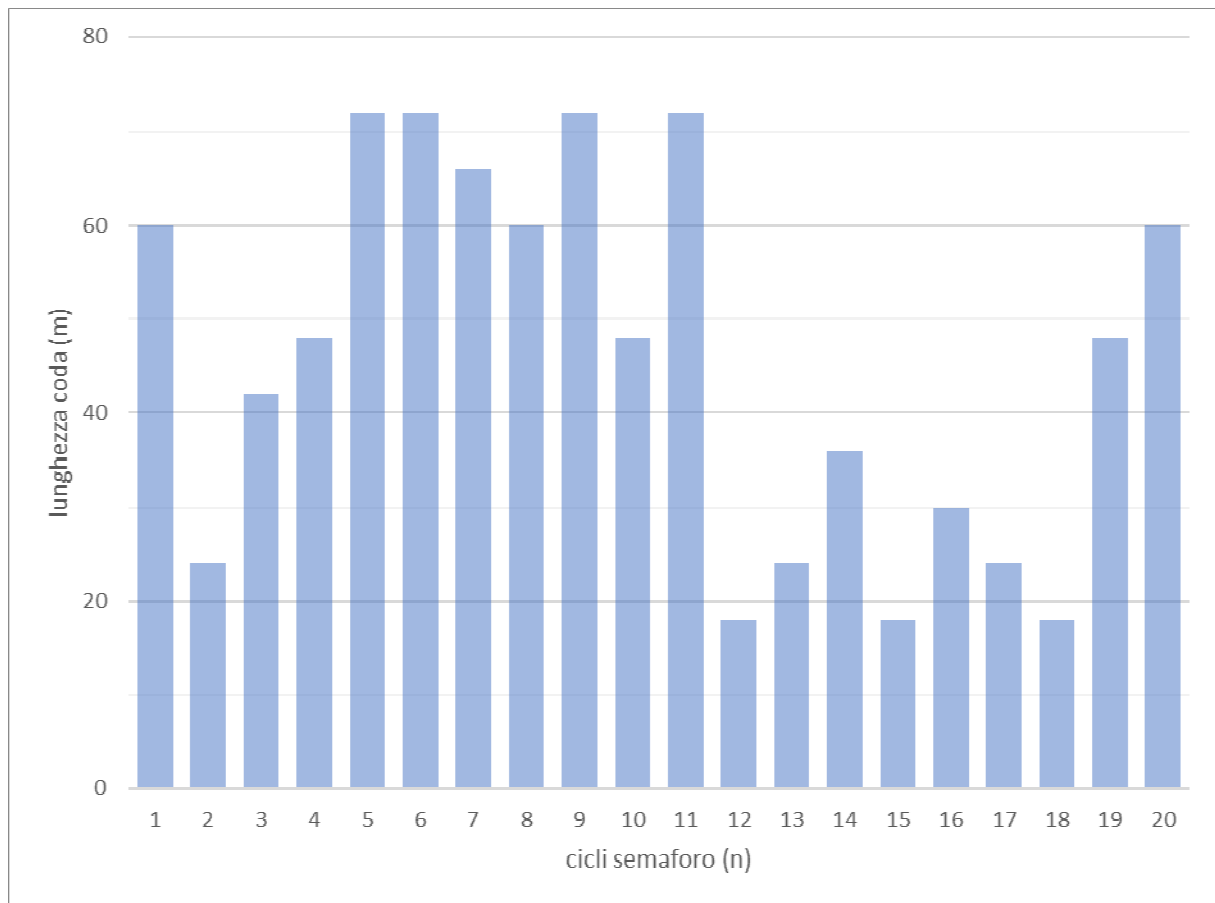


fig. 9 -lunghezza code - fase rosso semaforico – via Manzoni dir Paoli - (7:30-8:30)



## **4. CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DI PROGETTO**

### **4.1. Offerta viaria**

La realizzazione del polo prevede la formazione di una infrastrutturazione della mobilità (tav 09) che consta in:

- un nuovo incrocio a T parzializzato sulla SS12, dove sono inibite le manovre veicolari a sinistra, impedendo le svolte verso il polo per chi proviene da nord sulla SS12, nonché le svolte dal polo sulla SS 12 in direzione sud;
- una nuova rotatoria su via Manzoni di diametro 35 m, con anello di scorrimento a doppia corsia ed isola invalicabile di diametro da 20 m; sulla rotatoria si immettono i due rami di via Manzoni (dir Paoli e dir Balista), il ramo di accesso al polo, il ramo di accesso al complesso dolomiti energia e il ramo di sola uscita del parcheggio pubblico comunale, mentre l'accesso al medesimo è spostato nel braccio di uscita dalla rotatoria nel ramo per il polo.
- una strada passante di servizio all'insediamento, dove sono collocati gli accessi carrabile dei vari edifici, che mette in comunicazione la rotatoria con l'incrocio a T parzializzato;
- nuove connessioni ciclopedonali e pedonali, tra cui un sovrappasso pedonale che porta alla SS12 e quindi alla stazione dei treni.

Tramite la riorganizzazione del parcheggio pubblico -piazzale Sergio Zanon- viene definitivamente eliminato il deleterio bypass del semaforo che, benchè sia già disincentivato tramite un percorso tortuoso, ancora oggi diversi utenti utilizzano nell'ora di punta imboccando via Gazzoletti per poi uscire su via Manzoni, passando dal citato parcheggio.

### **4.2. Flussi veicolari sulla viabilità**

Come estesamente trattato nel paragrafo specifico (Entità del traffico deviato), la strada di servizio al polo mette in comunicazione via Manzoni con la SS12, consentendo un nuovo indirizzamento del traffico attuale. In particolare, gli spostamenti su via Manzoni diretti a nord di Rovereto troveranno più congeniale ridurre i ritardi di percorrenza seguendo il nuovo tragitto tramite la rotatoria di



progetto, proseguendo sulla strada di servizio al polo ed uscendo direttamente sulla SS12, tramite l'incrocio a T di progetto.

I flussi di traffico indotti dal polo e quelli deviati dalla viabilità di progetto, nel periodo di riferimento per l'analisi (fascia del mattino 7:30-8:30), sono stati assegnati alla rete sulle diverse direttrici in base alla distribuzione ricavata nel paragrafo precedente.

Le assegnazioni dei flussi sulle tratte viarie esistenti (tav. 13) riscontra le maggiori variazioni legate al traffico deviato in corrispondenza dell'incrocio semaforico; in particolare su via Manzoni dir Balista in ingresso il flusso si riduce del -29% (attestandosi sui 522 vo/h), come pure su via m.te Corno in uscita il flusso si riduce del -32% (attestandosi sui 478 vo/h). Per la medesima deviazione di traffico, sulla SS12, limitatamente al tratto tra l'uscita dell'intersezione a T parzializzata di progetto e lo svincolo dello stadio Quercia, i flussi aumentano del +23% (attestandosi su 1078 vo/h).

Sulle tratte dove si posiziona il traffico indotto dal polo si rilevano ulteriori variazioni. Quindi, in corrispondenza dell'intersezione a T esistente, dove su via Pedroni in ingresso all'incrocio i flussi aumentano del +19% (attestandosi su 400 vo/h), come pure su via Manzoni in uscita dall'intersezione i flussi si incrementano del +9% (attestandosi su 774 vo/h).

Sempre in rapporto al traffico indotto, altre variazioni si attestano in corrispondenza dell'incrocio semaforico. Quindi, su via m.te Corno in entrata il flusso aumenta del +22% (attestandosi su 733 vo/h), mentre su via m.te Corno in uscita il flusso aumenta del +27% (attestandosi su 747 vo/h), infine su via Manzoni dir Paoli il flusso aumenta del +6% (attestandosi sui 158 vo/h). Sulla nuova rotonda di progetto si attestano oltre 1640 vo/h in ingresso.

Sulla SS12, nel tratto sud sino all'intersezione a T parzializzata di progetto, il traffico aumenta del +10%, attestandosi sui 969 vo/h.



fig. 10 Flussogramma incrocio semaforizzato

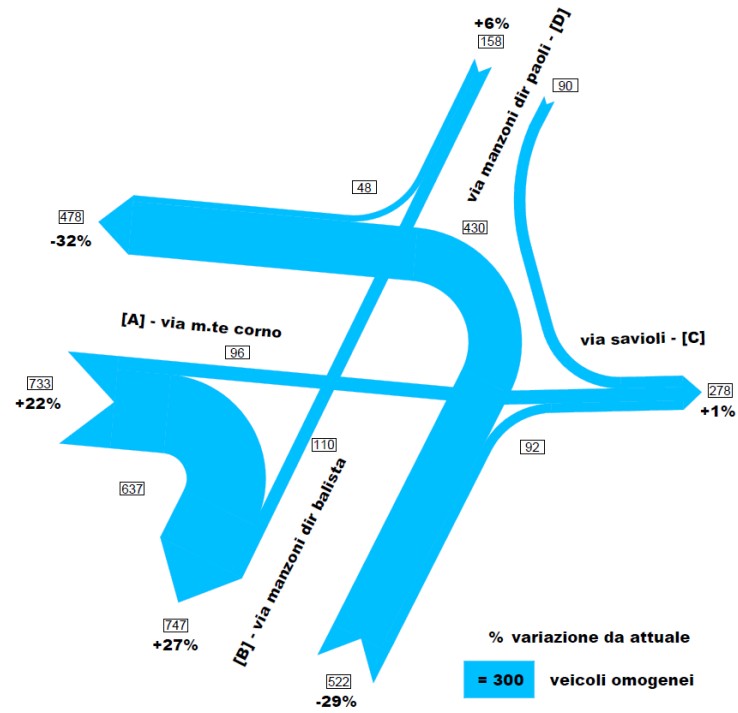


fig. 11 Flussogramma incrocio a T esistente

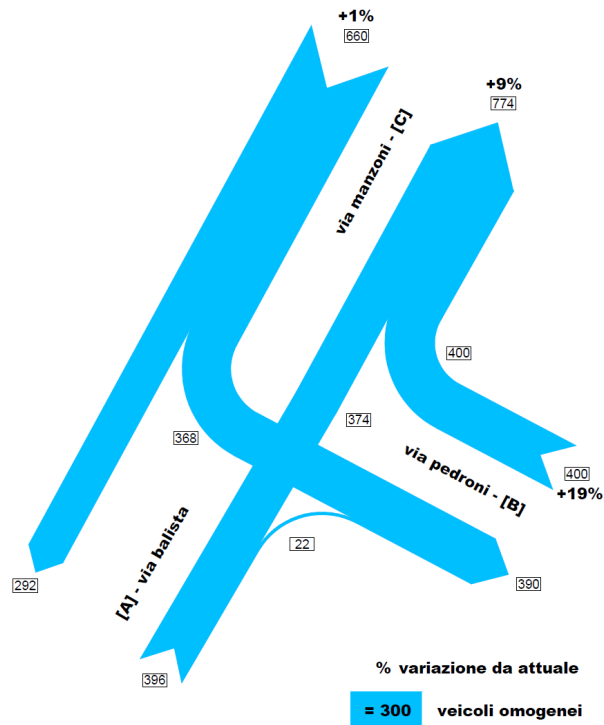


fig. 12 Flussogramma rotatoria progetto

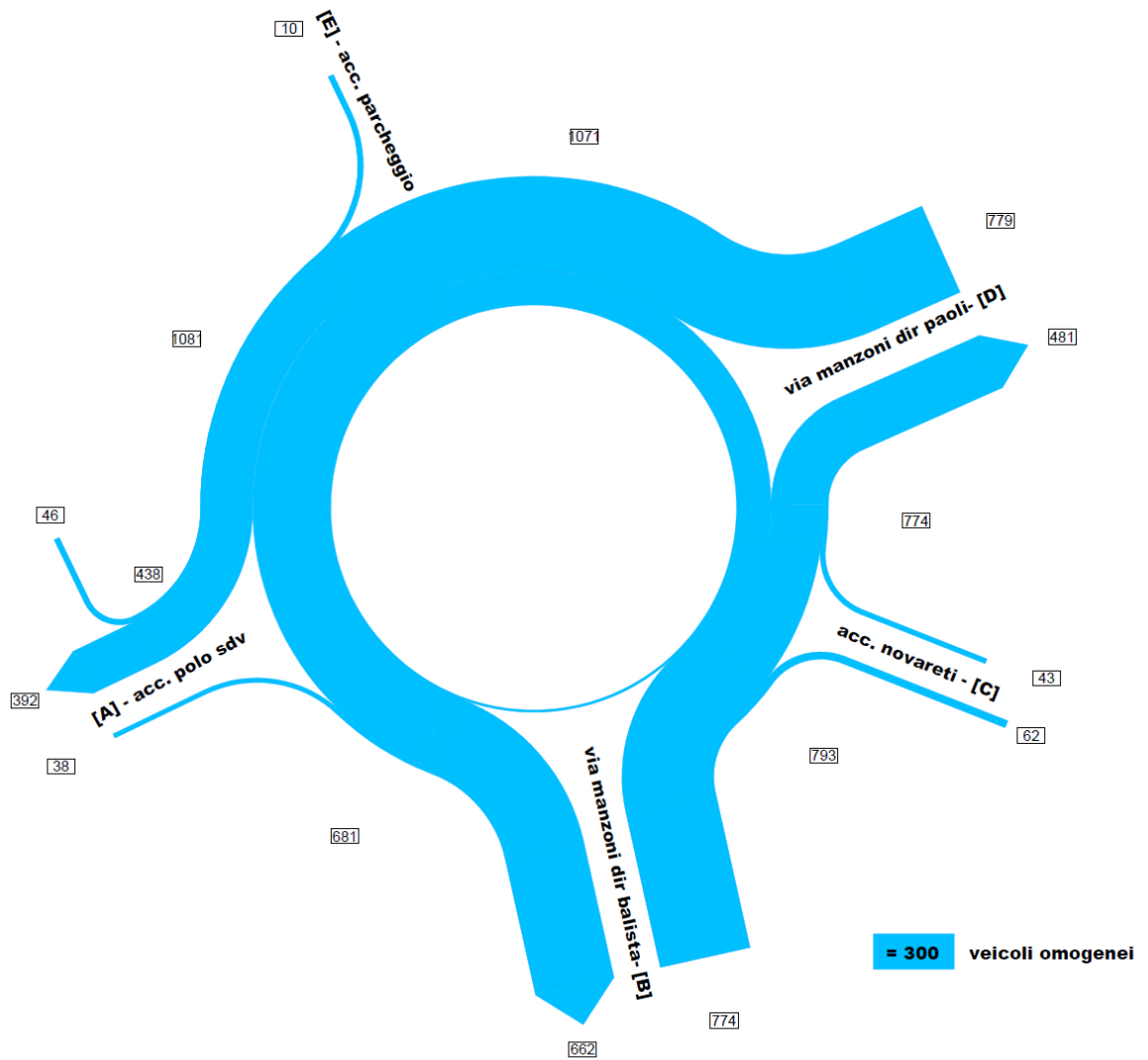
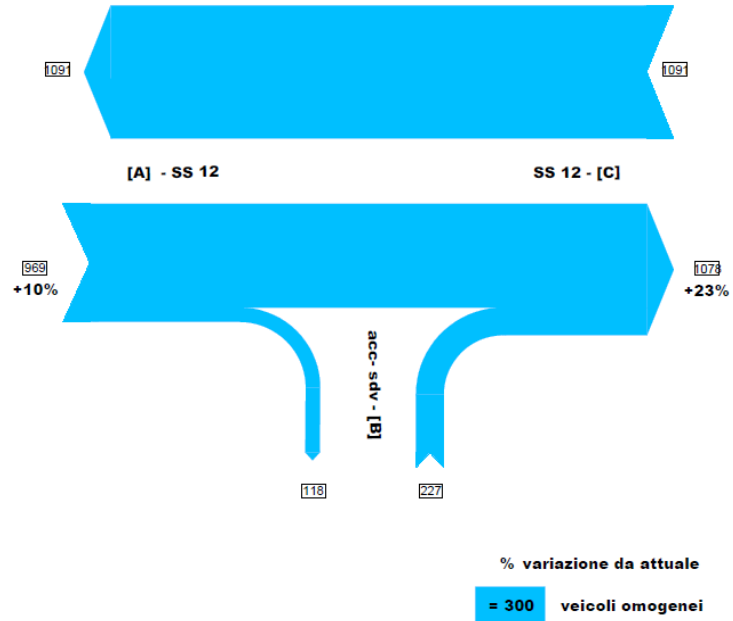


fig. 13 Flussogramma incrocio a T progetto





## 4.3. Livelli di servizio

### 4.3.1. Intersezione a T esistente

L'incrocio è caratterizzato da un aumento del traffico sulla via Pedroni in ingresso all'incrocio, dove i flussi aumentano del +19% (attestandosi su 400 vo/h), nonchè sia su via Manzoni in uscita, dove i flussi si incrementano del +9% (attestandosi sui 774 vo/h).

Come già rilevato in precedenza, le manovre di questo incrocio sono strutturalmente ritardate per la presenza dell'attraversamento pedonale su via Pedroni e per la scarsa visibilità dell'incrocio limitata dai muri di contenimento perimetrali alla careggiata.

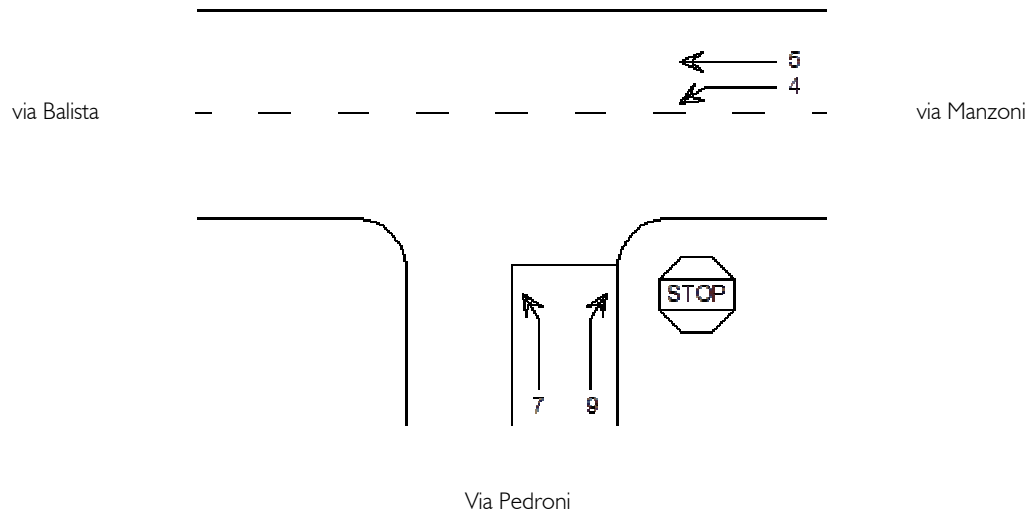
Del fattore aggiuntivo di ritardo legato alla scarsa visibilità si è tenuto conto come in precedenza (paragrafo 3.3.1) incrementando di un 5% il tempo base dell'intervallo critico ( $t_c$ ) ed anche l'intervallo di sequenza ( $t_f$ ). Il fattore aggiuntivo di ritardo legato alla presenza del passaggio pedonale è stato calibrato aumentando di un 5% il fattore di impedenza delle svolte ( $\pi$ ).

La manovra di svolta a destra da via Pedroni è quella più penalizzata, con un livello di servizio pari a (LOS D) e code massime di 35 m – (tab I2), mentre la svolta da via Manzoni a sinistra presenta un livello di servizio pari a (LOS B) e code massime di 8 m. Le code massime non confliggono con altre importanti immissioni a monte.

ramo	via Balista	via Manzoni	via Pedroni	totale
via Balista		374	22	396
via Manzoni	292		368	660
via Pedroni	0	400		400
totale	292	774	390	1456

tab I2 Flusso veicolare omogeneizzato e manovre di svolta (7:30-8:30) – stato progetto - incrocio a T esistente





Schema delle manovre della intersezione e tre bracci

Grandezze		Manovra		
		4	7	9
Portata della manovra	$q_x$ (v/h)	368		400
Portate di conflitto	$q_{c,x}$ (v/h)	396		385
Tempo critico	$T_{c,x}$ (s)	4,41		7,6335
Intervallo di sequenza	$T_{f,x}$ (s)	2,4		3,5
Capacità potenziale della manovra	$C_{p,x}$ (v/h)	1049		541
Probabilità di coda in attesa della manovra	$po_j$	1		1
Fattore di impedenza	$f_x$	1		1
Capacità reale della manovra	$C_{e,x}$ (v/h)	1049		541
Ritardo medio della manovra	$d_x$ (s/v)	10,7		32,4
Livello di servizio	LOS	B		D
Capacità reale combinata della manovra	$C_{e,x/y}$ (v/h)	-		-
Ritardo medio combinato della manovra	$d_{xy}$ (s/v)	-		-
Livello di servizio combinato	LOS	-		-
Lunghezza media della coda (m)	$Q_{mx}$	5,5		18,0
Lunghezza max della coda 95° percentile (m)	$Q_{95x}$	8,6		35,2

tab I3 Grandezze caratteristiche di esercizio– stato attuale - (7:30-8:30) – incrocio a T esistente



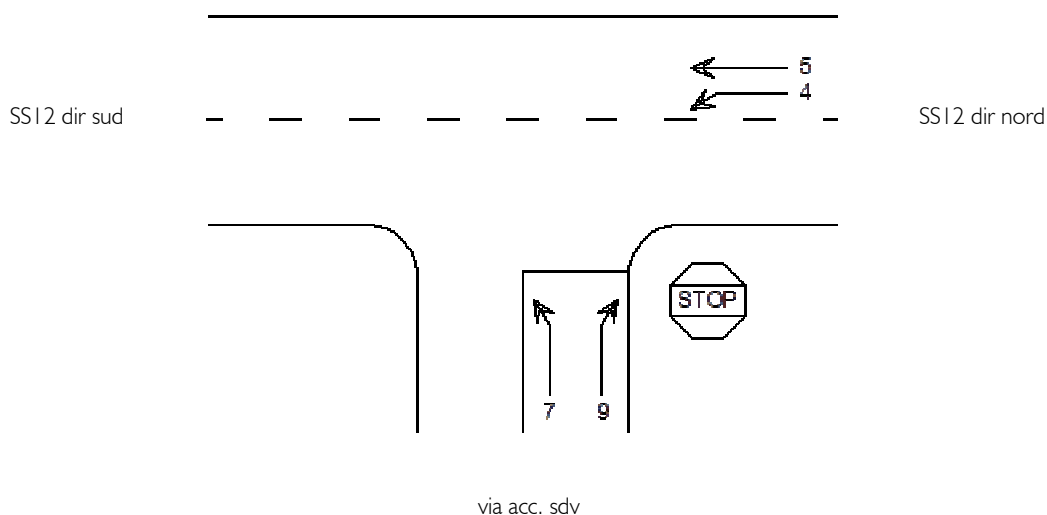
### 4.3.2. Intersezione a T progetto

Nel nuovo accesso al polo, tramite un incrocio a T parzializzato di progetto, la manovra più significativa è rappresentata dalla svolta a destra dal polo verso la SS12 (9), con 227 vo/h (tab 14), Al fine di ridurre l'interferenza per questa manovra di svolta in uscita, risulta ottimale prevedere una corsia di incanalamento a servizio della manovra di svolta a destra dalla SS12 al polo; questa manovra conta 118 vo/h.

La manovra di svolta a destra dal polo alla SS12 è quella più penalizzata, con un livello di servizio pari a (LOS D) e code massime di 20 m – (tab 15). Le code massime non confliggono con altre importanti immissioni a monte.

ramo	SS 12 sud	SS 12 nord	acc. sdv	totale
SS 12 sud	-	851	118	969
SS 12 nord	0	-	0	0
acc. sdv	0	227	-	227
totale	0	1078	118	1196

tab 14 Flusso veicolare omogeneizzato e manovre di svolta (7:30-8:30) – stato progetto - incrocio a T progetto



Schema delle manovre della intersezione e tre bracci



Grandezze		Manovra		
		4	7	9
Portata della manovra	$q_x$ (v/h)			227
Portate di conflitto	$q_{c,x}$ (v/h)			85 l
Tempo critico	$T_{c,x}$ (s)			6,22
Intervallo di sequenza	$T_{f,x}$ (s)			3,3
Capacità potenziale della manovra	$C_{p,x}$ (v/h)			360
Probabilità di coda in attesa della manovra	$p_{oj}$			l
Fattore di impedenza	$f_x$			l
Capacità reale della manovra	$C_{e,x}$ (v/h)			360
Ritardo medio della manovra	$d_x$ (s/v)			3 l
Livello di servizio	LOS			D
Capacità reale combinata della manovra	$C_{e,x/y}$ (v/h)			360
Ritardo medio combinato della manovra	$d_{xy}$ (s/v)			30,6
Livello di servizio combinato	LOS			D
Lunghezza media della coda (m)	$Q_{mx}$			9,7
Lunghezza max della coda 95° percentile (m )	$Q_{95x}$			20,5

tab I 5 Grandezze caratteristiche di esercizio– stato attuale - (7:30-8:30) – incrocio a T progetto



### 4.3.3. Intersezione rotatoria progetto

Le manovre di ingresso in rotatoria più penalizzate sono quelle di via Manzoni dir Paoli (779 vo/h) e di via Manzoni dir Balista (773 vo/h).

Questi flussi di ingresso vanno poi a confliggere con i flussi circolanti dell'anello della rotatoria, determinando un livello di servizio delle manovre di entrata rispettivamente pari a (LOS C) -su via Manzoni dir Paoli - e (LOS B) - su via Manzoni dir Balista- (tab 17).

I tempi di attesa comportano code massime di 46 m su via Manzoni dir Paoli e di 29 m su via Manzoni dir Balista.

La coda massima che si realizza su via Manzoni dir Paoli non raggiunge l'incrocio semaforizzato, posto ad una distanza di 135 m; anche la coda su via Manzoni dir Balista non raggiunge l'incrocio a T del sottopasso, localizzato a 150 m.

		larghezza isola (m)	larghezza corsia (m)	larghezza corsia (m)	Diametro rotatoria (m)
n°	denominazione	SEP	ENT	ANN	DIA
A	acc. polo sdv	8,5	4	7,5	35
B	via Manzoni dir Balista	8,5	4		
C	acc. dolomiti	8,5	4		
D	via Manzoni dir Paoli	8,5	4		
E	acc. parcheggio	13,5	4		

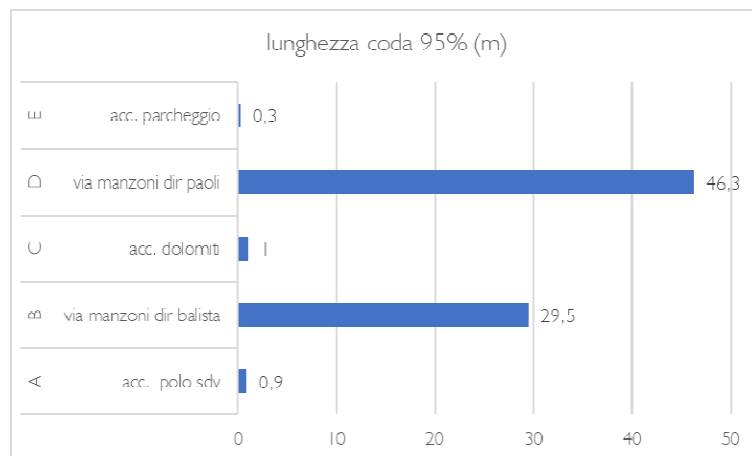
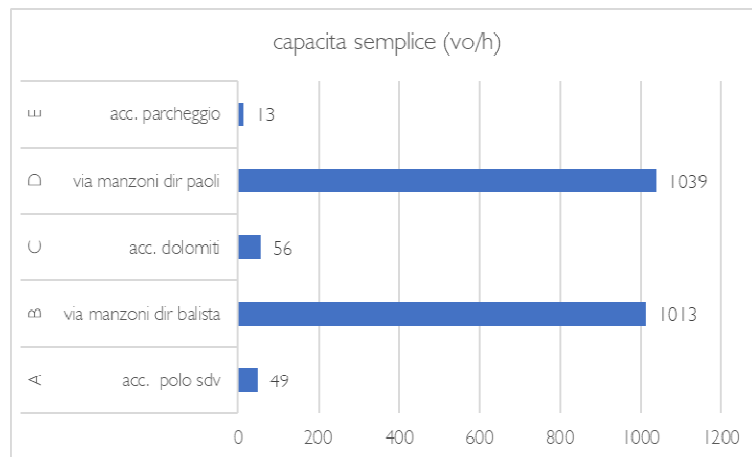
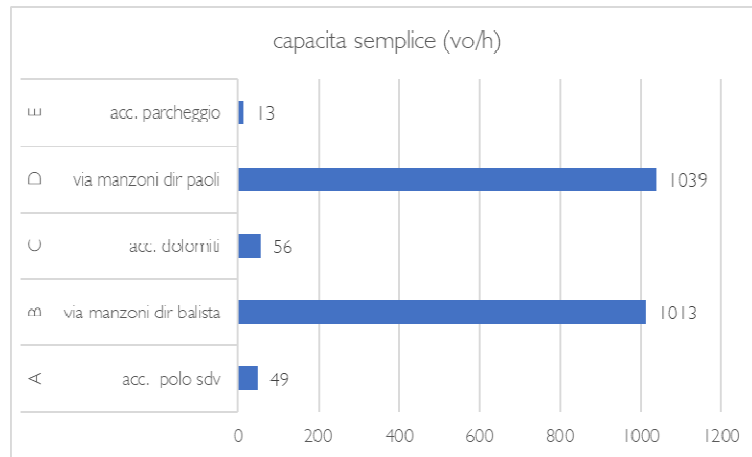
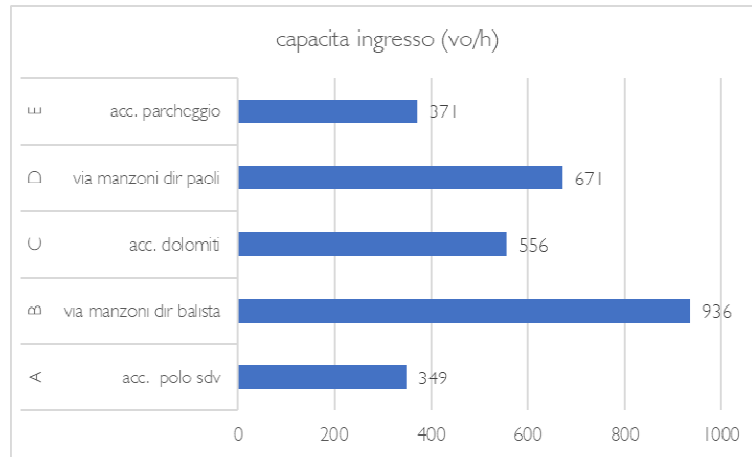
tab 16 Grandezze geometriche caratteristiche - rotatoria di progetto



		Flusso entrante (ve/h)	Capacità entrata (ve/h)	Capacità semplice (ve/h)	Livello di servizio	Riserva di capacità (%)	Ritardo medio manovra (s)	Lunghezza media coda (m)	Lunghezza coda 95° (m)
n°	denominazione	Qe	Ce	Cs	LOS	Rc	d	Lm	Lc
A	acc. polo sdv	38	349	49	A	95.1%	5,2	0,32	0,9
B	via Manzoni dir Balista	773	936	1013	B	35.9%	11	14,64	29,5
C	acc. dolomiti	43	556	56	A	94.6%	5	0,36	1
D	via Manzoni dir Paoli	779	671	1039	C	23.7%	17	23,06	46,3
E	acc. parcheggio	10	371	13	A	98.1%	6,9	0,11	0,3
	Totale	1643							

tab 17 Grandezze caratteristiche di esercizio – rotatoria di progetto – stato progetto – (7:30-8:30)





#### 4.3.4. Intersezione semaforizzata progetto

Nello stato di progetto su via Manzoni dir Balista in ingresso si determina una riduzione del -29% del flusso (522 vo/h), mentre su via m.te Corno in ingresso il flusso aumenta del +22% (733 vo/h) e su via Manzoni dir Paoli il flusso aumenta del +6%, (158 vo/h).

I flussi totali in ingresso all'incrocio semaforizzato (non rientra quindi il flusso non semaforizzato da via Manzoni dir Paoli diretto su via Savioli) passano da 1480 vo/h a 1410 vo/h, con una riduzione del 5%. Difatti al semaforo il traffico deviato da via Manzoni, per effetto della rotatoria, viene compensato dal maggiore flusso indotto dal polo su via m.te Corno.

Tuttavia, la nuova distribuzione dei flussi che si realizza su via m.te Corno e via Manzoni dir Balista riscontra un minore grado di impedenza rispetto all'attuale piano semaforico.

Il grado di impedenza complessivo dei flussi transitanti rispetto al piano semaforico è pari a FxRn 658 vo/h, con una riduzione del 8% rispetto allo stato attuale (FxRn 714 vo/h).

Per ottimizzare ulteriormente il piano semaforico esistente, è possibile ridurre il tempo di verde di 5 sec per la fase dei flussi provenienti da via m.te Corno e diretti in via Savioli ed altrettanto per la fase dei flussi provenienti da via Manzoni dir Paoli e diretti su via Manzoni dir Balista.

Questa modifica permette di aumentare di 10 sec il verde per i flussi provenienti da via Manzoni dir Balista e di 5 sec per quelli provenienti da via m.te Corno diretti in via Manzoni dir Balista.

Il grado di impedenza complessivo dei flussi transitanti con il nuovo piano semaforico ottimizzato è pari a FxRn 613 vo/h, con una ulteriore riduzione del 7% rispetto all'attuale piano (FxRn 658 vo/h).

denominazione	F Flusso (vo/h)	Rt Rosso totale (s)	Rn Rt/Ciclo	FxRn (vo/h)
Pedoni -f5	-	135	0,844	-
manz. dir pao. -f4	158	135	0,844	133
manz. dir bal. -f2	522	75	0,469	245
mt. Corno - f1 dx	637	50	0,313	199
mt. Corno - f1	96	135	0,844	81
Totale	1413			658

tab 18 Indici di esercizio (7:30-8:30) – stato progetto - piano semaforico attuale





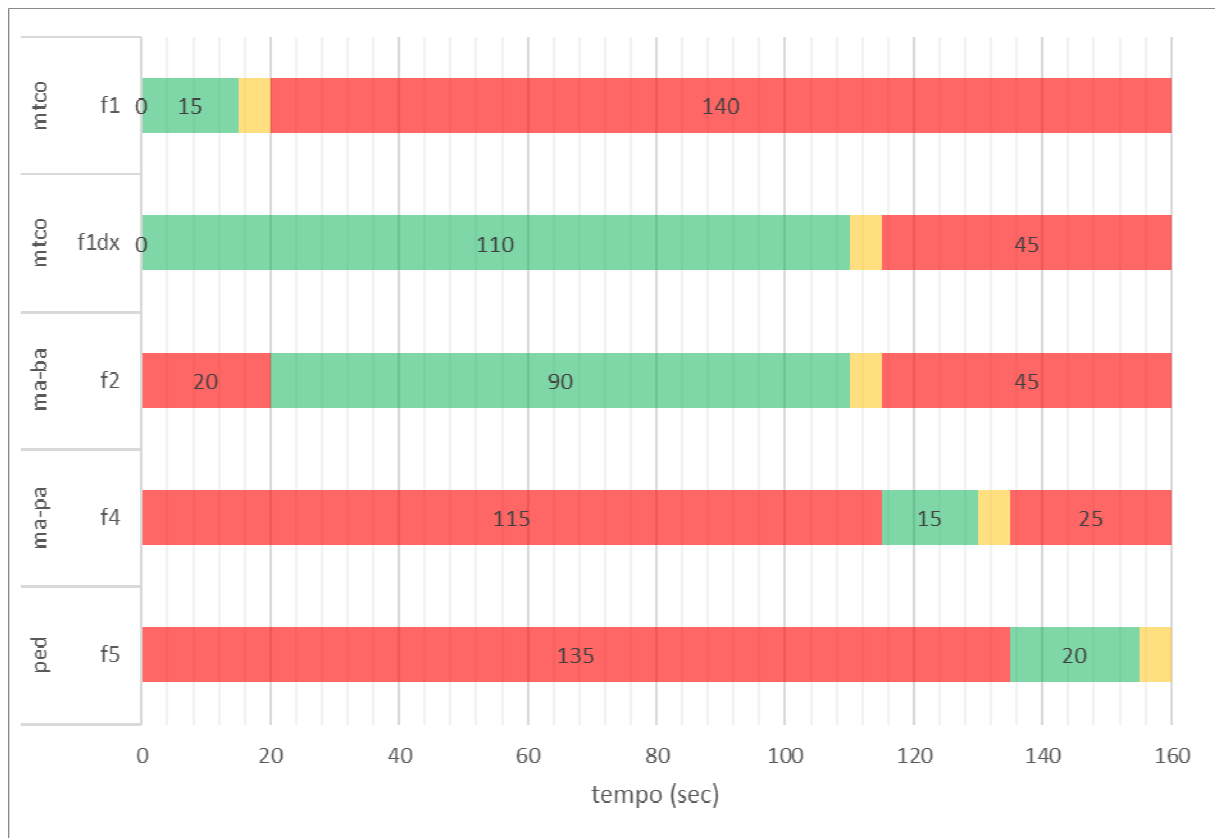


fig. 14 -Fasi piano semaforico ottimizzato (7:30-8:30)

denominazione	F Flusso (vo/h)	Rt Rosso totale (s)	Rn Rt/Ciclo	FxRn (vo/h)
Pedoni -f5	-	135	0,844	-
manz. dir pao. -f4	158	140	0,875	138
manz. dir bal. -f2	522	65	0,406	212
mt. Corno - f1 dx	637	45	0,281	179
mt. Corno - f1	96	140	0,875	84
Totale	1413			613

tab 19 Indici di esercizio (7:30-8:30) – stato progetto - piano semaforico ottimizzato



	attuale		progetto		progetto + piano ott.	
denominazione	F Flusso (vo/h)	FxRn (vo/h)	F Flusso (vo/h)	FxRn (vo/h)	F Flusso (vo/h)	FxRn (vo/h)
Pedoni -f5	-	-	-	-	-	-
manz. dir pao. -f4	149	126	158	133	158	138
manz. dir bal. -f2	732	343	522	245	522	212
mt. Corno - f1 dx	488	153	637	199	637	179
mt. Corno - f1	110	93	96	81	96	84
Totale	1479	714	1413	658	1413	613

tab 20 Indici di esercizio (7:30-8:30) per i vari scenari

La serie delle code rilevate all'incrocio semaforico nello stato attuale subirà delle sensibili variazioni, in ragione della redistribuzione dei flussi e dell'ottimizzazione del piano semaforico.

Premesso che sussiste un legame analitico diretto tra flusso e lunghezza della coda in base al ritardo di percorrenza, per cui  $L \text{ coda (m)} = \text{Flusso (vo/h)} \times \text{Ritardo (sec)} / 3600$ , si assume in prima battuta il medesimo ritardo medio della manovra all'incrocio semaforico nello stato di progetto.

In base a quanto sopra le code attuali su via Manzoni dir Balista subiranno una riduzione del -29% per effetto dei minori flussi; a questo si aggiunge una ulteriore riduzione del -13% per la riduzione del tempo del rosso totale (Rt) della manovra (da 75 a 65 sec).

Le variazioni di cui sopra incidono proporzionalmente sul numero di veicoli che si cumulano nella coda di attesa; pertanto, la riduzione media della lunghezza della serie di code sarà pari al -42%.

Essendo la distanza tra l'ingresso in rotatoria sul ramo B (quello che serve chi proviene dal sottopasso di via Manzoni) e l'ingresso al semaforo pari a 150 m, questa rappresenta anche il limite di lunghezza massima della coda dal semaforo su via Manzoni che non influenza l'esercizio della rotatoria.

Pertanto, le code rilevate nella serie dello stato attuale che superano il 260 m ( $= 150 / (1 - 42\%)$ ), possono ancora interferire nello stato di progetto con l'esercizio della rotatoria di progetto. Tale periodo transitorio è identificato nei 15 min di maggiore afflusso su via Manzoni della prima mezzora (fig. 7).

Questo lasso transitorio andrebbe ulteriormente ridotto in ragione della riduzione del tempo di ritardo medio del transito, causato dalla riduzione delle code; tuttavia, tale grandezza per essere trattata necessita un'analisi micro-simulativa di natura dinamica del sistema complessivo (intersezione semaforizzata, rotatoria, incrocio a T).



Le code su via m.te Corno subiranno un aumento del +22% per effetto dei maggiori flussi, nonchè una contrazione del -10% per la riduzione del tempo del rosso totale (Rt) della manovra (da 50 a 45 sec). Tali variazioni incidono proporzionalmente sul numero di veicoli che si cumulano nella coda di attesa; l'incremento medio della lunghezza della serie di code sarà pari al +12%.

Tale incremento contenuto della lunghezza della coda non interferisce con importanti svolte agli incroci localizzati a monte dell'incrocio su via m.te Corno.

Le code che si attestano su via Manzoni dir Paoli aumenteranno del +6% a causa dei maggiori flussi e di un ulteriore +4% per il prolungamento del tempo del rosso totale (Rt) della manovra (da 135 a 140 sec). Le variazioni di cui sopra incidono proporzionalmente sul numero di veicoli che si cumulano nella coda di attesa; l'aumento medio della lunghezza della serie di code sarà pari al +10%.

Tale incremento contenuto della lunghezza della coda non interferisce con importanti svolte agli incroci localizzati a monte dell'incrocio su via Manzoni dir Paoli.



## 5. CONCLUSIONI

Lo svolgimento dello studio della mobilità riferita all'insediamento previsto dal piano di lottizzazione denominato nuovo polo delle scienze della vita, ha evidenziato come i flussi indotti dalla struttura sono determinati dagli spostamenti degli addetti delle attività produttive avanzate, di laboratorio e degli uffici di servizio.

La fascia oraria per valutare l'impatto sul traffico delle attività insediabili nel polo è quindi collocabile nella finestra canonica di picco della prima mattinata (7:30-8:30), dove comunque i flussi circolanti sulla rete comunale subiscono un generale incremento per effetto degli spostamenti per raggiungere il lavoro e la scuola.

L'attuale assetto di regolamentazione viaria presenta talune limitazioni: il piano semaforico che penalizza oltremodo i tempi di attesa per i flussi provenienti da via Manzoni dir Balista che svoltano su via m.te Corno; la presenza di un traffico deleterio che imboccando via Gazzoletti esce su via Manzoni, passando attraverso il parcheggio pubblico (piazzale Sergio Zanon), per by-passare il semaforo; le manovre di svolta ritardate sull'incrocio a T in prossimità del sottopasso (vie Pedroni /Balista /Manzoni) per la presenza dell'attraversamento pedonale, ma soprattutto per la scarsa visibilità limitata dai muri di contenimento perimetrali. In tal senso qualche riflessione andrebbe fatta sull'quest'ultimo incrocio, riguardo alla possibilità di portare la svolta a sinistra da via Manzoni sull'incrocio successivo, in via del Macello.

La realizzazione del polo prevede la formazione di una infrastrutturazione della mobilità che consta in:

- un nuovo incrocio a T parzializzato sulla SS12, dove sono inibite le manovre veicolari a sinistra,
- una nuova rotatoria su via Manzoni di diametro 35 m, con un anello a doppia corsia;
- una strada passante di servizio all'insediamento, che mette in comunicazione la rotatoria con l'incrocio a T parzializzato;
- nuove connessioni ciclopedonali e pedonali, tra cui un sovrappasso pedonale che porta alla SS12 e quindi alla stazione dei treni.

In relazione al nuovo collegamento tra via Manzoni e la SS 12, l'analisi ha evidenziato che circa 1/3 del traffico che transita su via Manzoni dir Balista verrà deviato sul nuovo percorso.



Per effetto del traffico indotto e deviato dall'intervento i livelli di servizio sulla rete viaria vengono ridefiniti.

Sull'incrocio a T parzializzato di progetto, la manovra di svolta a destra dal polo alla SS12 è quella più penalizzata; per questa manovra il livello di servizio è (LOS D); tale livello determina code accettabili che non interferiscono con altre immissioni a monte dell'incrocio. Questo incrocio è ottimizzabile prevedendo una corsia di incanalamento per la manovra di svolta a destra dalla SS12 al polo.

Per l'incrocio a T esistente, posto in prossimità del sottopasso, la manovra di svolta a destra da via Pedroni su via Manzoni è quella più penalizzata; il suo livello di servizio è (LOS D), con code massime di 35 m accettabili, che non confliggono rispetto ad altre importanti immissioni a monte.

Nella nuova rotatoria gli accessi più penalizzati sono su via Manzoni dir Paoli (LOS C) e su via Manzoni dir Balista (LOS B). Questi tempi di attesa agli ingressi comportano code massime di 46 m su via Manzoni dir Paoli e code di 29 m su via Manzoni dir Balista. Anche in questo caso le code sono accettabili, in quanto non raggiungono nè l'incrocio semaforizzato nè l'incrocio a T esistente, posto in prossimità del sottopasso.

Nell'incrocio semaforizzato le code su via Manzoni dir Balista subiranno una importante riduzione del 42% rispetto a quelle attuali, sia per i minori flussi, sia per l'ottimizzazione del piano semaforico proposto.

Sussiste un contenuto lasso transitorio dei 15 min di maggiore afflusso su via Manzoni dir Balista (nella prima mezzora tra le 7.30-8.00) in cui le code che si formano dal semaforo possono ancora interferire con l'esercizio della rotatoria di progetto. Questo lasso transitorio andrebbe ulteriormente ridotto in ragione della riduzione del tempo di ritardo medio del transito, determinato dalla riduzione delle code (fenomeno degli stop & go dei veicoli nella coda); tuttavia, tale grandezza per essere trattata necessita di un'analisi micro-simulativa di natura dinamica del sistema complessivo.

Oltretutto, è bene sottolineare come, prudenzialmente, lo studio non ha preso in esame gli importanti fattori localizzativi e connettivi del sito di progetto, che incidono favorevolmente nel prospettare un maggiore utilizzo della mobilità alternativa all'automobile:

- stazione ferroviaria, raggiungibile tramite un tragitto di circa 500 m;
- fermate bus urbani ed extraurbani, raggiungibili tramite un tragitto di circa 400 m;
- infrastrutturazione ciclabile del polo relazionata alla rete ciclabile urbana pianificata nel PUM.

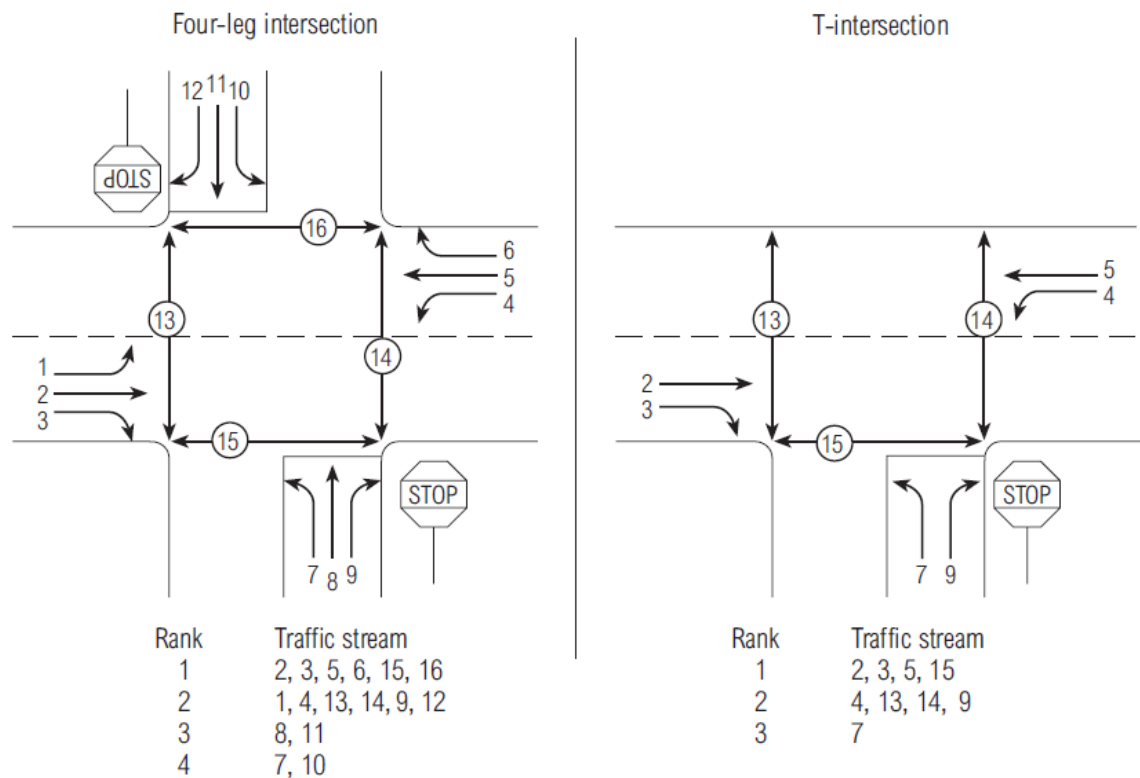


## ALLEGATI



## Livello servizio intersezione non semaforizzata

L'HCM (Highway Capacity Manual) del Transportation Research Board. definisce il calcolo delle grandezze caratteristiche di esercizio per un incrocio non semaforizzato come di seguito.



Manovre in una intersezione a quattro e tre braccia

Tutte le manovre vengono classificate in base al rango a cui appartengono. Il rango indica la priorità di una manovra rispetto ad un'altra; ad esempio una manovra appartenente al rango 1 ha la priorità sulle manovre di rango inferiore (2, 3) e non incontra alcun conflitto. Una manovra di rango 2 ha la priorità su una di rango 3, ma deve lasciare strada a una di rango 1.

Le manovre di rango inferiore incontreranno dei conflitti; la portata di conflitto ( $q_{cx}$ ) di ogni manovra la si ottiene semplicemente come somma delle portate delle manovre che entrano in conflitto con quella presa in esame.

### Intervallo critico ( $t_{cx}$ )

L'intervallo critico è il più piccolo di stanziamento temporale tra due veicoli che si susseguono nella corrente principale accettato dal veicolo in attesa di immettersi dalla strada secondaria per compiere la manovra ed è così determinato:

$$t_{cx} = t_{cb} + t_{cHV} \cdot P_{HV} + t_{cG} \cdot G - t_{cT} - t_{3LT}$$

$t_{c,x}$  = critical gap for movement x (s),

$t_{c,b}$  = base critical gap

$t_{c,HV}$  = adjustment factor for heavy vehicles (s),

$P_{HV}$  = proportion of heavy vehicles for minor movement,

$t_{c,G}$  = adjustment factor for grade (s),

$G$  = percent grade divided by 100,

$t_{c,T}$  = adjustment factor for each part of a two-stage gap acceptance process (s)



$t_{3,LT}$  = adjustment factor for intersection geometry (s).

### Intervallo di sequenza ( $t_{fx}$ )

L'intervallo di sequenza è l'intervallo temporale tra due veicoli che compiono la stessa manovra e sfruttano la stessa finestra temporale a disposizione; i due veicoli si immettono nella corrente principale uno dopo l'altro ed è così determinato:

$$t_{fx} = t_{fb} + t_{fHV} \cdot P_{HV}$$

$t_{f,x}$  = follow-up time for minor movement x (s),

$t_{f,b}$  = base follow-up time (s),

$t_{f,HV}$  = adjustment factor for heavy vehicles

$P_{HV}$  = proportion of heavy vehicles for minor movement.

### Capacità potenziale della manovra ( $C_{px}$ )

La capacità potenziale della manovra è così determinata:

$$c_{p,x} = q_{c,x} \cdot \frac{e^{\left(\frac{-q_{c,x} \cdot t_{c,x}}{3600}\right)}}{1 - e^{\left(\frac{-q_{c,x} \cdot t_{f,x}}{3600}\right)}}$$

$c_{p,x}$  = potential capacity of minor movement x (veh/h),

$q_{c,x}$  = conflicting flow rate for movement x (veh/h),

$t_{c,x}$  = critical gap (i.e., the minimum time that allows intersection entry for one minor-stream vehicle) for minor movement x (s)

$t_{f,x}$  = follow-up time (i.e., the time between the departure of one vehicle from the minor street and the departure of the next under a continuous queue condition) for minor movement x (s).

### Capacità reale della manovra ( $C_{ex}$ )

La capacità reale della manovra è il numero di veicoli che possono compiere la manovra specifica in condizioni reali nell'intervallo T ed è così determinata:

$$\text{Rank 2 } c_{e,x} = c_{p,x} \quad \text{Rank 3 } c_{e,k} = f_k \cdot c_{p,k}$$

### Fattore di impedenza ( $f_k$ )

Il fattore di impedenza della generica manovra di rango  $n$  è la produttoria della probabilità di non avere veicoli che compiono manovre di rango  $n-1$  in coda (in attesa di compiere la manovra stessa) ed è così determinato:

$$f_k = \prod p_{0,j} \text{ dove } p_{0,j} = 1 - \frac{q_j}{c_{e,j}}$$

### Ritardo medio della manovra ( $d_x$ )

Il ritardo medio della manovra è così determinato:

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

$c_{e,x}$  = capacità reale della manovra x

$T$  = intervallo di simulazione assunto pari a 0,25 (il quarto d'ora più carico)

$q_x$  = flusso veicolare della manovra x (dalla matrice origine-destinazione)





Nel caso di assenza di corsie specialistiche dedicate allo svolgimento di una particolare manovra, il livello di servizio peggiora. La variazione nella procedura per arrivare al ritardo medio della manovra si concentra nel calcolo della capacità reale. In questo caso si introduce una capacità reale "combinata" delle manovre che vengono compiute simultaneamente su un particolare ramo dell'intersezione.

Ad esempio se il ramo sud dell'intersezione a tre bracci è sprovvisto di corsie specialistiche, allora la capacità reale "combinata" delle manovre 7 e 9 sarà data dalla seguente espressione:

$$c_{e, 7/9} = \frac{q_7 + q_9}{\frac{q_7}{c_{e, 7}} + \frac{q_9}{c_{e, 9}}}$$

Il ritardo complessivo dell'intersezione può essere infine calcolato come media pesata sulle portate veicolari:

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

#### Numero medio di veicoli in coda (qm x)

Il numero medio di veicoli in coda in attesa di compiere la manovra è così determinato:

$$q_{m,x} = \frac{q_x \cdot d_x}{3600}$$



## Livello servizio intersezione rotatoria

L'istituto ministeriale dei trasporti francese SETRA (Service d'études sur les transports les routes et leurs aménagements), definisce il calcolo delle grandezze caratteristiche di esercizio per una rotatoria come di seguito.

$$K = f(Q_c, Q_u, SEP, ANN, ENT)$$

Flusso uscente equivalente

$$Q'_u = Q_u \frac{15 - SEP}{15} \quad (\text{eph})$$

Flusso di disturbo

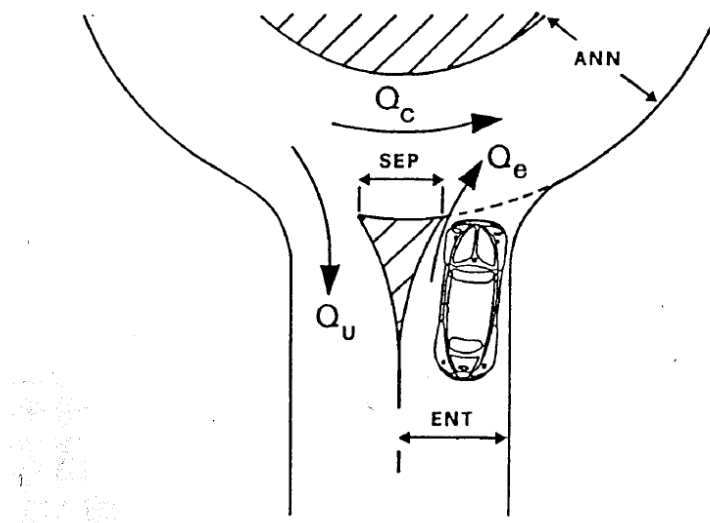
$$Q_d = (Q_c + 2/3 Q'_u)[1 - 0.085(ANN - 8)] \quad (\text{eph})$$

Capacità del braccio

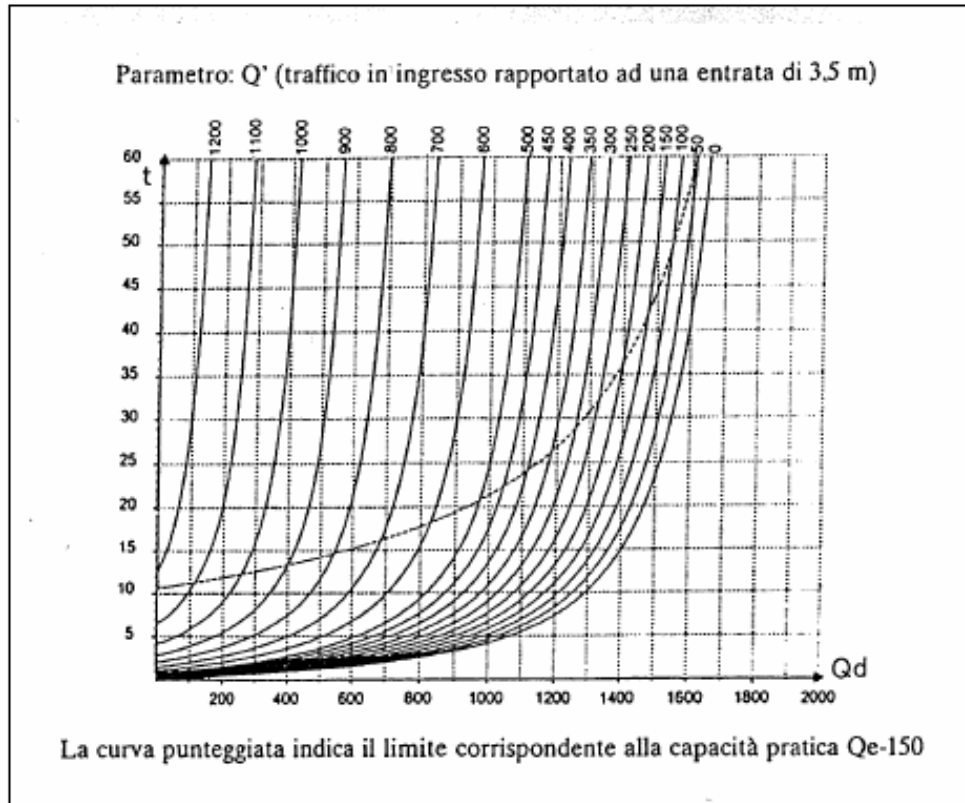
$$K = (1330 - 0.7 Q_d)[1 + 0.1(ENT - 3.5)] \quad (\text{eph})$$

Flusso entrante equivalente, quello che eguaglia la capacità di un braccio largo 3.5 m, quando questa viene raggiunta dal flusso su un braccio della rotatoria avente la larghezza effettiva ENT:

$$Q'_e = \frac{Q_e}{1 + 0.1(ENT - 3.5)}$$



Tempi medi di attesa su un braccio di rotatoria (in sec)



95° percentile del numero di veicoli in attesa su un braccio di rotatoria

