

COMUNE DI PORCIA (PN)

Realizzazione delle rotatorie incrocio via San Antonio Pontebbana e via Roveredo Pontebbana

PROGETTO DEFINITIVO

R.U.P.:

Michele Stanchina, geometra

A.T.I.

CAPOGRUPPO MANDATARIA

MANDANTE

ING .FRANCO BRESCACIN

Via A. Canova, 12 int. 20
33077 Sacile (PN)
tel: 0434/72276
franco.brescacin@libero.it

ABACUS

Società d'ingegneria

Via Campo di Marte, n. 8/A
06124 Perugia (PG)
tel/fax 075 / 830563 - 8309014
info@abacusprogetti.it
www.abacusprogetti.it



STAFF TECNICO

COORDINATORE PROGETTO :
SICUREZZA:
PROGETTAZIONE STRADALE:
IDRAULICA e GEOTECNICA:

Franco Brescacin, ingegnere
Franco Brescacin, ingegnere
Maurizio Serafini, ingegnere
Gabriele Moretti, geometra
Giulia Fanelli, ingegnere



COMUNE DI PORCIA



CARTELLA S0 PROGETTO STRADALE

Relazione sullo studio del traffico

S0_RRT01

COMMESSA				LIV.	CART.	TIPO	ELAB.	N.	SAVE	NOME FILE	SCALA
1	7	1	9	D	S0	R	RT	01	00	1719_D_S0_RRT01_00.xls	
REV.	DATA			REDAZIONE			VERIFICA		APPROVAZIONE	VISTO COMMITT.	DESCRIZIONE
0	Novembre 2017						M. Serafini		M. Serafini		Consegna progetto definitivo
1											
2											
3											

COMUNE DI PORCIA

REALIZZAZIONE DELLE ROTATORIE INCROCIO VIA SAN ANTONIO PONTEBBANA E VIA ROVEREDO PONTEBBANA

STUDIO DEL TRAFFICO

PROGETTO DEFINITIVO

INDICE

1	PREMESSA	3
2	IL PGTU	3
3	IL RILIEVO DEI FLUSSI DI TRAFFICO	5
4	RICOSTRUZIONE DELLE MATRICI O/D.....	5
5	IL MODELLO DI SIMULAZIONE	8
5.1	La costruzione della rete	9
6	LO SCENARIO ATTUALE	11
6.1	L'assetto infrastrutturale	11
7	LO SCENARIO DI PROGETTO	12
8	CONFRONTO TRA SCENARI	14

1 PREMESSA

Il presente studio ha l'obiettivo di valutare la sostenibilità, dal punto di vista trasportistico, della realizzazione di un sistema di rotatorie, in sostituzione degli attuali incroci semaforizzati, alle intersezioni fra via Roveredo-via Alighieri-Corso Italia e via S. Antonio-Corso Italia, in loc. Porcia.

Per la redazione del presente studio si è partiti da una ricognizione dei risultati del PGTU, sono stati analizzati i flussi di traffico rilevati per aggiornare i dati alla situazione attuale; mediante l'uso di un modello di microsimulazione si è poi ricostruito lo scenario relativo allo stato attuale, al fine di ricostruire :

1. l'offerta infrastrutturale attuale con le sue caratteristiche funzionali;
2. l'analisi dei flussi di traffico;
3. la ricostruzione delle matrici O/D;
4. gli indicatori di prestazione.

L'utilizzo del modello di micro simulazione consente di confrontare tra di loro lo scenario corrispondente all'attuale regolamentazione delle intersezioni e lo scenario di progetto, con l'inserimento del sistema di rotatorie; il confronto tra gli scenari è possibile attraverso indicatori di carattere generale, riferiti all'intera porzione di rete studiata.

Il confronto degli indicatori nelle due soluzioni consente di valutare quantitativamente la sostenibilità dell'intervento di progetto proposto.

2 IL PGTU

Il Piano Generale del Traffico Urbano del Comune di Porcia, redatto nel 2011, ha previsto una ristrutturazione dell'asse della SS13 Pontebbana, con l'eliminazione delle intersezioni semaforizzate che ne penalizzano l'assetto funzionale, da sostituire con rotatorie di smistamento e rallentamento dei flussi di traffico.

Fra le intersezioni per le quali vi era la previsione di soppressione dell'impianto semaforico vi sono anche le due oggetto del presente studio.

Gli obiettivi dichiarati sono quelli di ridurre i tempi di attesa in corrispondenza delle intersezioni semaforizzate esistenti ed i connessi contributi di inquinamento atmosferico ed acustico, diminuire le velocità, eliminare i punti di conflitto derivanti dalla presenza di svolte a sinistra.

Gli scenari di progetto del PGTU sono stati simulati mediante un modello in grado di stimare i flussi di traffico su ciascun arco stradale; le simulazioni sono state effettuate per l'ora di punta pomeridiana 17:30-18:30.

La ricostruzione degli scenari è stata calibrata sulla base di rilievi e indagini specificatamente condotte; i flussi sono stati espressi in termini di veicoli equivalenti secondo i seguenti fattori di conversione:

Categoria veicolare	Numero di veicoli equivalenti
autovetture o furgoni	1
motocicli o biciclette	0.5
autoarticolati	5
autobus, autocaravan, autocarri	2.5
altri veicoli	1

Dal grafo della rete simulata è stato possibile individuare gli archi di interesse, corrispondenti alla porzione di rete da simulare per il presente studio:



La specifica relazione tecnica del PGTU ha consentito l'estrapolazione dei dati dei flussi di traffico stimati dal modello in questa porzione di rete, e relativa ai seguenti archi:

- Corso Italia 4
- Corso Italia 5
- via S. Antonio 2
- Corso Zanussi 1
- via Roveredo 1

3 IL RILIEVO DEI FLUSSI DI TRAFFICO

Per l'aggiornamento dei dati relativi ai flussi di traffico sui tratti stradali in oggetto è stato effettuato un rilievo dei flussi di traffico, relativo all'ora di punta, con molteplici obiettivi.

D un lato c'era la necessità di valutare se, e in che termini, ci sia stata una variazione dei flussi circolanti dal 2011 ad oggi; inoltre il conteggio effettuato ha consentito di stimare i flussi legati al centro commerciale, non individuato come zona di traffico nel PGTU congruentemente con la scala di riferimento, infine il rilievo ha consentito il conteggio dei flussi classificati per categoria di veicoli, passando così da un dato aggregato in termini di veicoli equivalenti ad uno disaggregato per categorie.

Quest'ultimo aspetto è fondamentale se si tiene presente che la simulazione del sistema di rotonde è stata eseguita con un modello di microsimulazione, la cui logica è basata sugli effetti dell'interazione tra singoli veicoli; in questo senso è determinante conoscere il numero di veicoli circolanti per tipologia, poiché ad ognuno sono attribuite specifiche caratteristiche dinamiche.

I rilievi di flussi di traffico effettuati alle due intersezioni oggetto di studio hanno mostrato una sostanziale costanza dei flussi (+2%), ma soprattutto hanno fornito la ripartizione percentuale per tipologia di veicoli:

% AUTO	% FURGONI	% CAMION	% BUS
86,5%	7,9%	4,6%	1,0%

4 RICOSTRUZIONE DELLE MATRICI O/D

A partire dai flussi di traffico assegnati dal modello PGTU agli archi stradali di alimentazione della porzione di rete studiata, è stato possibile ricostruire la matrice O-D di partenza, in termini di veicoli equivalenti, da aggiornare sulla base dei flussi rilevati alle intersezioni.

I dati derivanti dal modello PGTU sono i seguenti:

arco stradale	O	D
Corso Italia 4	1042	1044
Corso Zanussi 1	1298	1110
via Roveredo 1	472	572
via S. Antonio 2	512	578

Nel modello di traffico PGTU non è stato inserito l'arco stradale corrispondente a via Alighieri, il cui contributo in termini di flusso è senz'altro influente ai fini dei risultati del presente studio. Ad ogni arco è stata assegnata una codifica, da inserire nel modello di simulazione, per rappresentare la zona di traffico di riferimento. La codifica utilizzata è la seguente:

1: Corso Italia 4 (SS13 Pontebbana dir. ovest)

2: Corso Zanussi 1 (SS13 Pontebbana dir. Est)

3: via Roveredo 1 (via Roveredo)

4: via S. Antonio 2 (via S. Antonio)

Per ripartire i flussi in ingresso/uscita dalla porzione di rete studiata in una matrice che descriva le relazioni, in termini di spostamenti, tra le singole sezioni stradali, si è utilizzato il modello gravitazionale, in base al quale per ripartire il totale dei flussi su ogni singola relazione O-D è

possibile utilizzo la formula:

$$od_{ij} = O_i \times \gamma_{O_i} \times D_j \times \gamma_{D_j}$$

in cui:

- od_{ij} è il numero dei veicoli originati dal centroide i e destinati al centroide j
- γ_{O_i} è il peso in generazione della zona i (pari a O_i/TOT)
- γ_{D_j} è il peso in attrazione della zona j (pari a D_j/TOT)

Sulla base di tale modello, la matrice di partenza è risultata essere la seguente:

	1	2	3	4	
1	0	573	211	216	1042
2	597	0	263	269	1298
3	217	260	0	98	472
4	235	282	103	0	512
	1049	1115	577	583	3324

Applicando ad essa la ripartizione percentuale delle singole categorie di veicoli, ed incrementandola con i dati dei flussi relativi al centro commerciale, sono state ricavate le

seguenti matrici O-D per categorie di veicoli, in cui il centrode n. 5 corrisponde al centro commerciale:

Matrice O-D auto 17.30-18.30

	1	2	3	4	5	
1	0	469	206	209	31	884
2	525	0	260	265	36	1050
3	172	196	0	86	16	454
4	187	212	92	0	17	491
5	58	57	36	37	0	188
	884	877	558	560	100	3167

Matrice O-D veicoli commerciali (furgoni e camion) 17.30-18.30

	1	2	3	4	5	
1	0	68	30	30	0	128
2	76	0	38	38	0	152
3	25	28	0	12	0	65
4	27	31	13	0	0	71
5	0	0	0	0	0	0
	128	127	81	80	0	416

Matrice O-D bus 17.30-18.30

	1	2	3	4	5	
1	0	9	2	0	0	11
2	10	0	4	0	0	14
3	3	2	0	0	0	5
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
	13	10	6	0	0	30

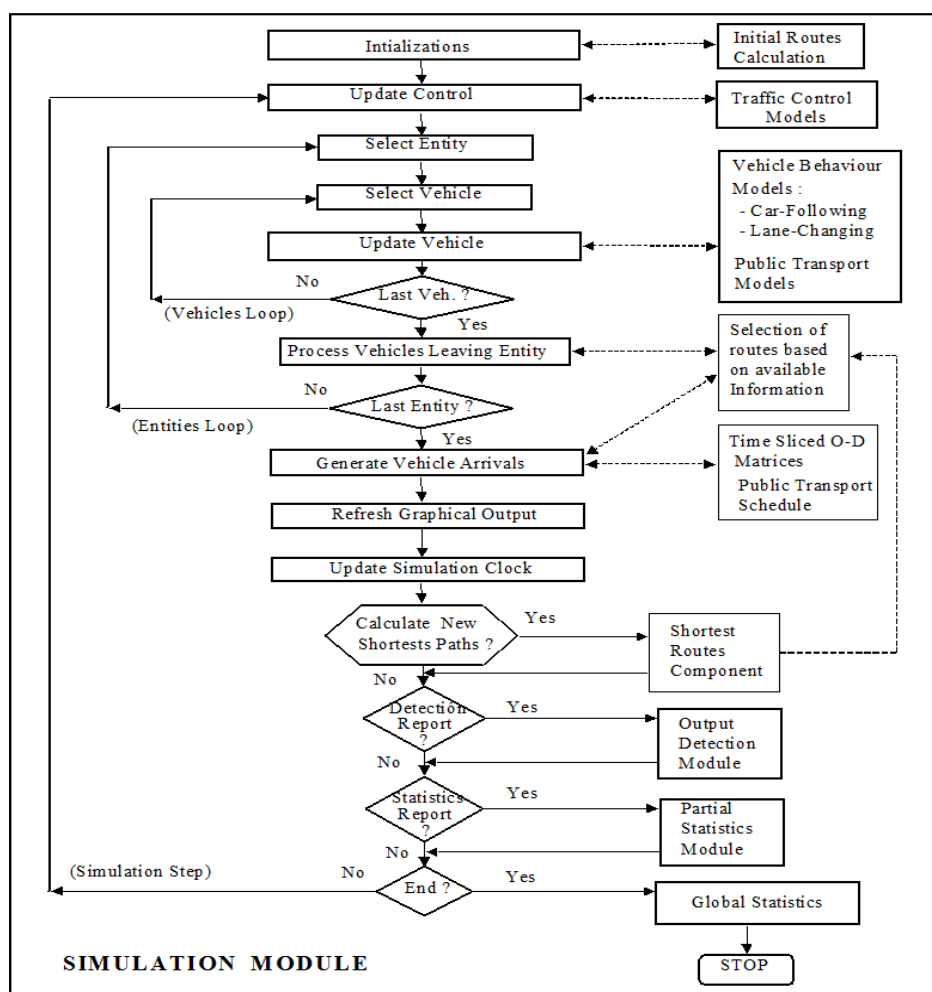
5 IL MODELLO DI SIMULAZIONE

Per simulare gli impatti della domanda di trasporto stimata nei due diversi scenari (attuale e di progetto) della rete infrastrutturale si è fatto ricorso ad uno specifico software per la microsimulazione dinamica delle reti di trasporto.

Questo tipo di software simula, mediante un modello comportamentale, ogni singolo veicolo nella rete di trasporto, che viene continuamente rappresentato in tutto il periodo di presenza del veicolo nella rete con tutte le caratteristiche della marcia (accelerazione, decelerazione, stop ecc.).

Il simulatore microscopico implementato utilizza modelli di car-following e lane-changing per restituire il comportamento dell'utente.

La logica utilizzata è sintetizzata nel seguente diagramma di flusso:



5.1 LA COSTRUZIONE DELLA RETE

Il sistema infrastrutturale assunto a riferimento in entrambi gli scenari comprende la rappresentazione dei seguenti elementi nel micromodello di simulazione:

SEZIONI

Sono gli elementi rappresentativi dei tratti stradali. Poiché alle diverse geometrie previste corrispondono differenti livelli funzionali, sono state introdotte 4 tipologie di sezioni:

1. strada urbana di quartiere, con corsie da 3,5 m, capacità di 850 veicoli/corsia, velocità massima di 50 km/h
2. strada urbana locale, con corsie da 3 m, capacità di 650 veicoli/corsia, velocità massima di 50 km/h
3. corsia di accumulo ai semafori, con corsie da 2,75 m e capacità di 400 veicoli/ora, velocità massima 30 km/h
4. rotatoria, con corsia da 3,5 m, capacità di 550 veicoli/corsia, velocità massima di 30 km/h.

A ciascuna tipologia di sezione è stata assegnata una funzione di deflusso:

- tipo 1, associata alla tipologia di strada urbana di quartiere, in cui l'incremento del tempo di percorrenza dell'arco stradale è così espresso:

$$factor1 = 1.2 * section.length3D() / 1000.0$$

$$factor2 = 15.0 * 25.6 * 0.985 ** 2.2 * ((volume + addVolume) / capacity) - 0.985) + 1.0 + 8.0 * 0.985 ** 3.2$$

$$factor3 = 1.0 + 8.0 * ((volume + addVolume) / capacity) ** 3.2$$

$$time = factor1 * max(factor2, factor3)$$

- tipo 2, associata alla tipologia di strada urbana locale, in cui l'incremento del tempo di percorrenza dell'arco stradale è così espresso:

$$factor1 = 1.08 * section.length3D() / 1000.0$$

$$factor2 = 15 * 17.2 * (((volume + addVolume) / capacity) - 0.985) + 3$$

$$factor3 = 1 + 2.5 * ((volume + addVolume) / capacity) - 8 * ((volume + addVolume) / capacity) ** 2 + 10 * ((volume + addVolume) / capacity) ** 3$$

$$factor4 = 0.12 * (1 + 10 * ((volume + addVolume) / capacity) - 40.5 * ((volume + addVolume) / capacity) ** 2 + 45 * ((volume + addVolume) / capacity) ** 3)$$

$$time = factor1 * max(factor2, factor3) + factor4$$

- tipo 3, associata alle tipologie di arco corsie semaforiche e rotatoria, in cui l'incremento del tempo di percorrenza dell'arco stradale è così espresso:

$$factor1 = 1.2 * section.length3D() / 1000.0$$

$$factor2 = 15.0 * 17.2 * (((volume + addVolume) / capacity) - 0.985) + 3.0$$

$$factor3 = 1.0 + 2.5 * ((volume + addVolume) / capacity) - 8.0 * ((volume + addVolume) / capacity) ** 2.0 + 10.0 * ((volume + addVolume) / capacity) ** 3.0$$

$$time = factor1 * max(factor2, factor3)$$

NODI

Sono gli elementi rappresentativi delle intersezioni. In ogni nodo sono state identificate le manovre di svolta possibili, individuando anche la disciplina delle singole manovre in termini di precedenza o regolazione semaforica all'interno degli specifici piani semaforici attuali.

CENTROIDI

I centroidi sono i punti virtuali nei quali si immagina abbiano origine e destinazione tutti gli spostamenti.

Quelli inseriti nel modello di simulazione sono quelli già elencati nella ricostruzione della matrice O-D:

- 1: Corso Italia 4 (SS13 Pontebbana dir. ovest)
- 2: Corso Zanussi 1 (SS13 Pontebbana dir. Est)
- 3: via Roveredo 1 (via Roveredo)
- 4: via S. Antonio 2 (via S. Antonio)
- 5: centro commerciale

6 LO SCENARIO ATTUALE

6.1 L'ASSETTO INFRASTRUTTURALE

La porzione oggetto di studio è quella compresa tra le due intersezioni semaforizzate da sostituire con il sistema di rotatorie.

Per ricostruire il modello dello stato attuale, ai tratti stradali della SS13 Pontebbana è stata attribuita la funzione di strada urbana di quartiere, mentre a via S. Antonio e via Roveredo sono state assegnate caratteristiche funzionali minori.

La ricostruzione nel modello dei singoli tratti stradali ha tenuto conto anche della presenza delle corsie di accumulo ai semafori, inserite con le loro larghezze e lunghezze desumibili dal rilievo topografico.

Nell'analisi dello stato attuale è stata valutata anche la regolazione dei due impianti semaforici, i cui piani di regolazione sono stati resi disponibili dall'Amministrazione.

L'intersezione via Roveredo-Corso Italia è caratterizzata dai seguenti gruppi di lanterne:

RIFERIMENTO DI CORSIA	
SS 13 Corso L. Zanussi	A - B
SS 13 Corso Italia	C - D
Via Roveredo	E
Via Alighieri	F
Attraversamento pedonale SS 13 Corso Italia	E

Il ciclo semaforico, di durata 158 secondi a meno delle chiamate che allungano le fasi, è il seguente:

CICLO	158	FASI	FASCE DI TEMPI										
RIFERIMENTO DI CORSIA	PASSO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SS 13 Corso L. Zanussi	A - B	V1 - V2											
SS 13 Corso Italia	C - D	V3 - V4											
Via Roveredo	E	V5 - V6											
Via Alighieri	F	V7											
Attraversamento pedonale SS 13 Corso Italia	E	P1 - P2											
Tempi base programma 1			80	4	15	5	2	25	4	2	15	4	2

Nel modello l'impianto semaforico è stato inserito con un piano a fasi fisse, senza chiamate.

L'intersezione Corso Italia-via S. Antonio è caratterizzata dai seguenti gruppi di lanterne:

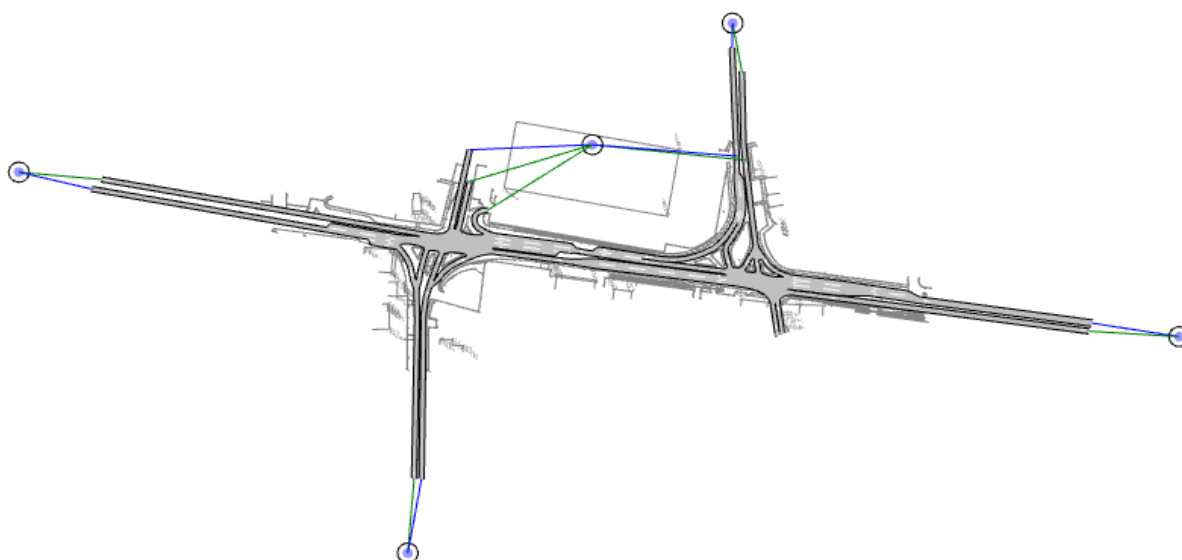
SS 13 Corso Italia	A - B
SS 13 Corso Italia	C - D
Via Sant' Angelo	E
Via sant' Antonio	F
Attraversamento pedonale SS 13 Corso Italia	G

Il ciclo semaforico, di durata 125 secondi a meno delle chiamate che allungano le fasi, è il seguente:

CICLO	125	FASI	FASE 1 FISSA				FASE 2 CHIAM. PROLUNG.				FASE 3 CHIAM. PROLUNG.				FASE 4			
RIFERIMENTI DI LUNGA	PASSO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SS 13 Corso Italia	A - B	V1 - V2																
SS 13 Corso Italia	C - D	V4 - V5																
Via Sant'Angelo	E	V3																
Via Sant'Antonio	F	V6 - V7																
Attraversamento pedonale SS 13 Corso Italia	G	P1 - P2																
Tempi base programma 1			70	5	10	5	3	15	4	7	4	2						

Nel modello l'impianto semaforico è stato inserito con un piano a fasi fisse, senza chiamate.

Il livello di approfondimento e precisione, rispetto al modello PGU, è immediatamente percepibile: nel modello di macrosimulazione redatto per il PGU i nodi semaforizzati sono stati simulati con introduzione di penalizzazioni fisse, come perditempo, alle singole manovre di svolta; nel modello di microsimulazione, invece, ad ogni istante è associata la fase di verde o rosso determinata dal piano semaforico.



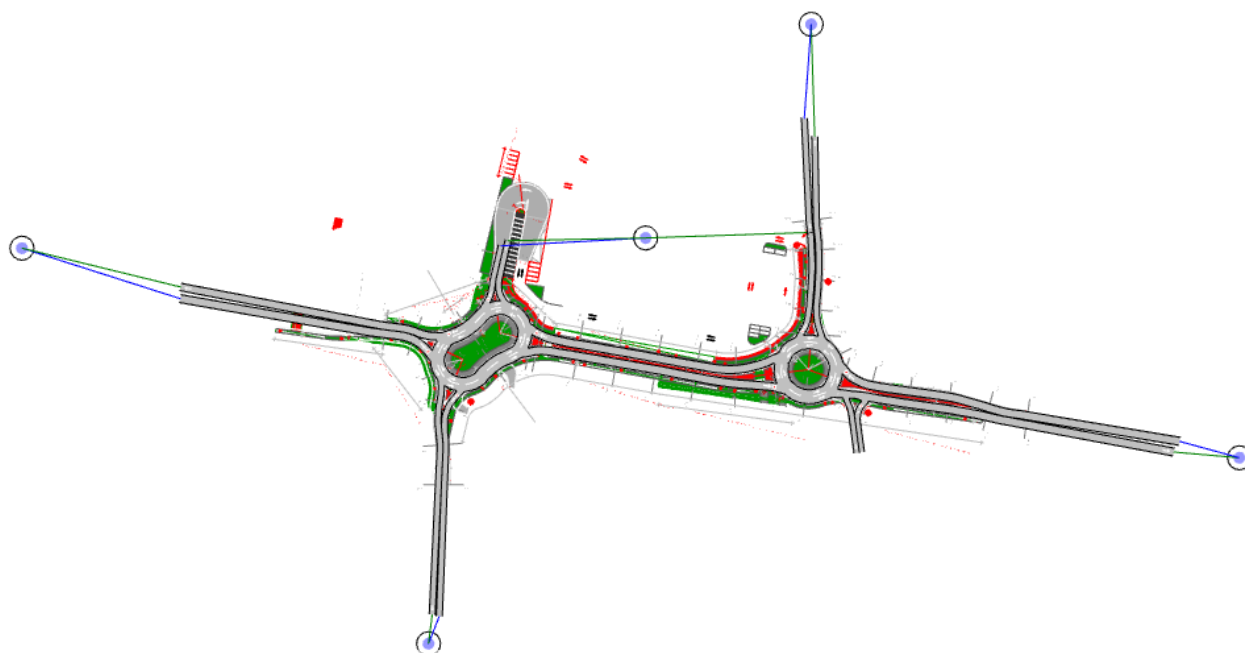
7 LO SCENARIO DI PROGETTO

Per simulare mediante il modello di micro simulazione i livelli prestazionali della rete infrastrutturale, è stato costruito un modello relativo allo scenario di progetto.

In tale scenario è stata introdotta la soluzione progettuale del sistema di rotatorie, in cui in particolare si ha:

- ciascun ramo con una sola corsia in ingresso da 3,50 m ed una in uscita da 4,50 m, congruentemente con la vigente normativa per la costruzione delle intersezioni stradali;

- un anello centrale di 7 m;



Al fine di valutare le prestazioni funzionali del nuovo assetto infrastrutturale, nello scenario di progetto l'anello rotatorio è stato simulato a due corsie

La modalità di simulazione della rotatoria si discosta da quello che la normativa italiana in materia di norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali prescrive, laddove viene previsto l'anello centrale con corsia unica di larghezza pari a 7 m per rotatorie di diametro esterno compreso tra 25 e 40 m; l'inserimento della rotatoria nel modello di simulazione con le sue effettive caratteristiche geometriche, però, non corrisponde all'esatto modello funzionale; nella realtà i veicoli percorrono una traiettoria più o meno vicina all'isola centrale a seconda della vicinanza o lontananza del ramo di uscita desiderato, mentre l'inserimento nel modello di anello ad una sola corsia comporterebbe inevitabilmente il transito secondo l'asse della stessa. L'inserimento di due corsie consente al modello di far cambiare ai veicoli traiettoria, minimizzando i tempi di attesa alle immissioni. Si è quindi scelto di inserire un anello dato da due corsie di marcia affiancate da 3.50 m, con capacità complessiva pari a quella effettiva delle rotatorie progettate.

Per le curve di raccordo nel sistema a rotatoria, la velocità massima di percorrenza è stata impostata a 40 km/h, per tenere conto dell'effetto di rallentamento determinato dall'approssimarsi all'anello rotatorio.

8 CONFRONTO TRA SCENARI

Per la comparazione fra i due scenari, attuale e di progetto, sono stati assunti alcuni parametri significativi, che sono stati ricavati in entrambi gli scenari, confrontando i valori ottenuti e quantificando le variazioni.

I parametri presi a riferimento sono:

- *harmonic speed*: la velocità media sulla rete nell'intervallo di tempo simulato;
- *mean queue*: lunghezza media della coda, in numero di veicoli;
- *number of stops*: numero di arresti dei veicoli durante la marcia
- *delay time*: tempo speso nelle fasi di decelerazione e rallentamenti;
- *stop time*: tempo medio di arresto;
- *total travel time*: tempo totale di viaggio.

I risultati conseguiti sono i seguenti:

		ATTUALE	PROGETTO	VAR
	<i>Units</i>	<i>Value</i>	<i>Value</i>	
<i>Harmonic Speed - All</i>	<i>km/h</i>	<i>12,91</i>	<i>15,13</i>	<i>17,20%</i>
<i>Harmonic Speed - Car</i>	<i>km/h</i>	<i>13</i>	<i>15,24</i>	<i>17,23%</i>
<i>Harmonic Speed - Truck</i>	<i>km/h</i>	<i>12,27</i>	<i>14,3</i>	<i>16,54%</i>
<i>Harmonic Speed - Bus</i>	<i>km/h</i>	<i>13,35</i>	<i>14,45</i>	<i>8,24%</i>
<i>Mean Queue - All</i>	<i>veh</i>	<i>57,22</i>	<i>38,57</i>	<i>-32,59%</i>
<i>Mean Queue - Car</i>	<i>veh</i>	<i>49,59</i>	<i>33,47</i>	<i>-32,51%</i>
<i>Mean Queue - Truck</i>	<i>veh</i>	<i>7,15</i>	<i>4,72</i>	<i>-33,99%</i>
<i>Mean Queue - Bus</i>	<i>veh</i>	<i>0,48</i>	<i>0,38</i>	<i>-20,83%</i>
<i>Number of Stops - All</i>	<i>#/veh/km</i>	<i>1,43</i>	<i>3,29</i>	<i>130,07%</i>
<i>Number of Stops - Car</i>	<i>#/veh/km</i>	<i>1,44</i>	<i>3,3</i>	<i>129,17%</i>
<i>Number of Stops - Truck</i>	<i>#/veh/km</i>	<i>1,36</i>	<i>3,24</i>	<i>138,24%</i>
<i>Number of Stops - Bus</i>	<i>#/veh/km</i>	<i>1,28</i>	<i>2,99</i>	<i>133,59%</i>
<i>Delay Time - All</i>	<i>sec/km</i>	<i>212,16</i>	<i>165,75</i>	<i>-21,88%</i>

<i>Delay Time - Car</i>	<i>sec/km</i>	<i>210,69</i>	<i>164,29</i>	<i>-22,02%</i>
<i>Delay Time - Truck</i>	<i>sec/km</i>	<i>224,53</i>	<i>176,95</i>	<i>-21,19%</i>
<i>Delay Time - Bus</i>	<i>sec/km</i>	<i>197,36</i>	<i>170,28</i>	<i>-13,72%</i>
<i>Stop Time - All</i>	<i>sec/km</i>	<i>169,72</i>	<i>117,49</i>	<i>-30,77%</i>
<i>Stop Time - Car</i>	<i>sec/km</i>	<i>168,65</i>	<i>116,58</i>	<i>-30,87%</i>
<i>Stop Time - Truck</i>	<i>sec/km</i>	<i>179,07</i>	<i>124,34</i>	<i>-30,56%</i>
<i>Stop Time - Bus</i>	<i>sec/km</i>	<i>154,45</i>	<i>121,92</i>	<i>-21,06%</i>
<i>Travel Time - All</i>	<i>sec/km</i>	<i>278,77</i>	<i>238,02</i>	<i>-14,62%</i>
<i>Travel Time - Car</i>	<i>sec/km</i>	<i>276,93</i>	<i>236,18</i>	<i>-14,71%</i>
<i>Travel Time - Truck</i>	<i>sec/km</i>	<i>293,46</i>	<i>251,66</i>	<i>-14,24%</i>
<i>Travel Time - Bus</i>	<i>sec/km</i>	<i>269,75</i>	<i>249,17</i>	<i>-7,63%</i>

L'effetto di fluidificazione derivante dall'inserimento delle rotatorie è evidente dai dati riferiti alle velocità medie sulla rete, il cui incremento è mediamente pari al 17,20%.

Ancora più positivo è il risultato relativo alla lunghezza delle code: la presenza degli impianti semaforici non riesce evidentemente a raggiungere una capacità sufficiente a smaltire i veicoli in accesso ai nodi, mentre l'introduzione delle rotatorie riduce di quasi il 33% la lunghezza media delle code.

Potrebbe apparire contraddittorio l'aumento del numero di stop dei veicoli, che incrementa sensibilmente nello scenario di progetto, ma se si affianca a tale dato la diminuzione del tempo speso nelle fasi di arresto, -30,77% nello scenario di progetto rispetto all'attuale, risulta evidente come il fenomeno di stop and go sia meno sensibile, e quindi più sostenibile da un punto di vista ambientale, con lo scenario di progetto.

La variazione dei tempi di ritardo dovuti ai rallentamenti (decelerazione dei veicoli in avvicinamento all'intersezione o in interferenza con un veicolo più lento davanti) mostra una diminuzione di quasi il 22%.

Complessivamente l'aumento delle velocità, la diminuzione dei tempi di ritardo e dei tempi di arresto dei veicoli comporta mediamente una diminuzione dei tempi di viaggio del 14% circa.