

**ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

D.I.S.T.A.R.T.

*Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle
Acque, del Rilevamento e del Territorio*

Corso di laurea in Ingegneria Civile

Insegnamento: TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE

**VERIFICA ED IPOTESI PROGETTUALI
DI ELEMENTI DELLA VIABILITA'
DI S. BENEDETTO DEL TRONTO**

Tesi di Laurea di:

ROBERTO PEROTTI

Relatore:

**Chiar.mo Prof. Ing.
GIANNINO PRAITONI**

II Sessione

Anno Accademico 2008-2009

PAROLE CHIAVE:

Semaforo, Rotatoria, Flussi, Intersezione, Livello di servizio

INDICE

INDICE	1
INTRODUZIONE	3
CAPITOLO 1.....	5
IL TERRITORIO, LA RETE VIARIA, IL TRAFFICO.....	5
1.1 Il territorio	5
1.2 La rete viaria.....	8
1.3 Il tratto stradale e le intersezioni oggetto di studio	10
1.3.1 Intersezione Moretti: De Gasperi - Curzi – Moretti.....	13
1.3.2 Intersezione Tribunale: Togliatti - Ulpiani – Voltattorni.....	18
1.4 I flussi di traffico	22
1.4.1 Il rilevamento	22
1.4.2 Ricerca dell’ora di punta e definizione del tasso di flusso.....	24
CAPITOLO 2.....	31
ANALISI DELLE ATTUALI CONDIZIONI DI CIRCOLAZIONE.....	31
2.1 Intersezione Moretti	32
2.1.1 Condizioni operative.....	33
2.1.2 Regime di controllo e traffico veicolare	36
2.1.3 Valutazione del livello di servizio con HCS2000 Signals	38
2.1.4 Attraversamento pedonale di Viale Secondo Moretti	41
2.2 Intersezione Tribunale	46
2.2.1 Condizioni operative.....	47
2.2.2 Regime di controllo e traffico veicolare	50
2.2.3 Valutazione del livello di servizio con HCS2000 Signals	52

Indice

CAPITOLO 3.....	55
PROPOSTE D'INTERVENTO.....	55
3.1 Ipotesi alternative.....	55
3.2 Ipotesi di nuova regolazione semaforica	57
3.2.1 Nuova regolazione semaforica per l'intersezione delle Moretti ...	57
3.2.2 Nuova regolazione semaforica per l'intersezione del Tribunale...	62
3.3 Ipotesi di nuova configurazione geometrica. Rotatorie	66
3.3.1 Considerazioni generali	66
3.3.2 Rotatoria delle Moretti (proposta Comunale)	67
3.4 Conclusioni finali	83
APPENDICE A	89
BIBLIOGRAFIA	98

INTRODUZIONE

Il lavoro oggetto di studio consiste nella verifica funzionale di un tratto di strada urbano, nella città di San Benedetto del Tronto, comprendente due intersezioni semaforizzate ed una zona di conflitto con un importante ed influente (sul traffico) attraversamento pedonale, in corrispondenza del corso di Viale Secondo Moretti, oggi il vero centro cittadino.

Trattasi di una zona nevralgica della rete stradale locale in quanto è sita in prossimità di punti cruciali quali l'Ospedale Civile, le Scuole Elementari e Superiori, il Municipio e appunto il centro.

Si sviluppa lungo un asse longitudinale nella direzione nord-sud parallelamente alla Strada Statale 16 Adriatica, indubbiamente la più trafficata della città.

L'analisi è riferita ad un periodo che comprende l'intero anno solare, ad eccezione dei due principali mesi estivi quando la città è soggetta ad un notevole aumento di presenze e quindi di veicoli, data l'importanza turistica che ricopre sia a livello regionale che nazionale.

Si è effettuato lo studio dello stato attuale, rilevando tutte le caratteristiche dei due incroci e i volumi di traffico che li interessano.

Di conseguenza, dove è stato ritenuto necessario, si sono ipotizzate diverse soluzioni progettuali con l'obiettivo di ottimizzare la

funzionalità delle intersezioni e quindi di rendere migliore la qualità della circolazione.

Le soluzioni proposte sono di diversa natura: formulate dal sottoscritto, le alternative di modifica all'attuale regolazione semaforica per le intersezioni delle Moretti e del Tribunale, ed una proposta di semaforo pedonale, in corrispondenza della già citata zona di conflitto veicolo-pedonale, di sicuro ausilio allo smaltimento del traffico; verrà inoltre analizzato il progetto di rotatoria dell'Ufficio Tecnico di San Benedetto del Tronto a soppressione dell'attuale impianto semaforico per l'intersezione delle Moretti, e le eventuali modifiche necessarie per risultati non soddisfacenti.

Per ognuna delle ipotesi presentate si è proceduto ad una simulazione di funzionamento, considerando gli stessi volumi di traffico recentemente rilevati; si sono così comparati i risultati ottenuti con lo stato attuale per una verifica di eventuali reali miglioramenti.

Si fa presente che per lo studio qualitativo delle intersezioni e del tratto stradale in questione sono stati utilizzati i software SIDRA ed HCS2000 Signals; il primo è un software australiano realizzato dalla Akcelik and Associates, il secondo è di proprietà dell'Università della Florida e prodotto dalla McTrans Center.

Entrambi i programmi sono stati messi a disposizione dal DISTART-Trasporti dell'Università di Bologna.

CAPITOLO 1

IL TERRITORIO, LA RETE VIARIA, IL TRAFFICO

1.1 IL TERRITORIO

San Benedetto del Tronto è uno dei principali centri rivieraschi del medio Adriatico, ed è località balneare rinomata e molto frequentata.

E' sotto la provincia di Ascoli Piceno e rappresenta il comune litoraneo più a sud della regione Marche, dove il confine con l'Abruzzo è marcato, naturalmente, dal corso del fiume Tronto che, dal 1862 (aggregazione al Regno d'Italia), distingue la città dalle altre omonime.

Presenta un territorio non molto esteso, appena 25.65 kmq, di cui il 40% è pianeggiante (fascia costiera), mentre il rimanente sale gradualmente con ondulazioni collinari. Si affaccia sull'Adriatico per 8.5 km e deve il suo sviluppo impetuoso proprio al rapporto con il mare.

La cittadina si compone di tre principali aree: il piccolo nucleo antico detto "Paese Alto" che sorge su di un colle un tempo a ridosso del mare; il quartiere "Marina", oggi indiscusso centro cittadino, attraversato dal torrente Albula; l'antico complesso del Porto di Ascoli.



Figura 1. San Benedetto del Tronto.

San Benedetto del Tronto conta attualmente una popolazione di più di 46000 unità ed è oggi tra i più importanti porti pescherecci del Mediterraneo.

E' facilmente raggiungibile, da tutte le direzioni e dalle maggiori città italiane, grazie alla fitta rete viaria che la attraversa.



Figura 2. Collegamenti stradali principali

1.2 LA RETE VIARIA

La rete viaria di San Benedetto del Tronto si sviluppa lungo la direttrice nord-sud; la via di comunicazione principale è costituita dalla Strada Statale 16 Adriatica (SS 16) che attraversa tutto il territorio comunale. La sua estensione, che al lordo delle tratte meno importanti trasferite agli enti locali supera i 1000 km, la rende la più lunga strada statale della rete italiana. L'accentuata urbanizzazione del territorio locale e il conseguente aumento negli anni dei mezzi automobilistici circolanti, la rendono spesso congestionata, in particolar modo nel periodo estivo. Per questo motivo è stata affiancata fin dagli anni '70 dall'autostrada A14 Bologna-Taranto, che si sviluppa in gran parte sullo stesso percorso.

Per meglio inquadrare la viabilità urbana di San Benedetto del Tronto viene riportata a pagina seguente una planimetria con indicazione delle arterie principali. Si nota che le principali direzioni di scorrimento del traffico sono inevitabilmente lungo la direttrice nord-sud e viceversa; da segnalare poi, la presenza di altre vie di comunicazione, in genere strade provinciali a scorrimento non veloce, che collegano i paesi collinari limitrofi alla costa e quindi alla stessa SS 16, come Acquaviva Picena e Montepandone. Ai fini della circolazione cittadina tuttavia, soprattutto nel periodo invernale, per i frequenti spostamenti verso Grottammare (nord) e Porto d'Ascoli (sud), risulta particolarmente importante il lungomare. Inoltre in direzione sud negli anni '90 è stata realizzata una "Sopraelevata" come by-pass alla SS 16 con lo scopo di migliorare i collegamenti con lo svincolo autostradale della A14 ed col capoluogo di provincia Ascoli Piceno, grazie al raccordo autostradale "Ascoli - Mare". Si evince, infine, la mancanza di una nuova arteria di comunicazione verso nord, come "variante" alla vecchia SS 16 spesso inadatta alle attuali condizioni di traffico.

Il Piano Urbano del Traffico comunale classifica come strade urbane di scorrimento la SS 16 e la Sopraelevata, mentre come strade di quartiere le altre.

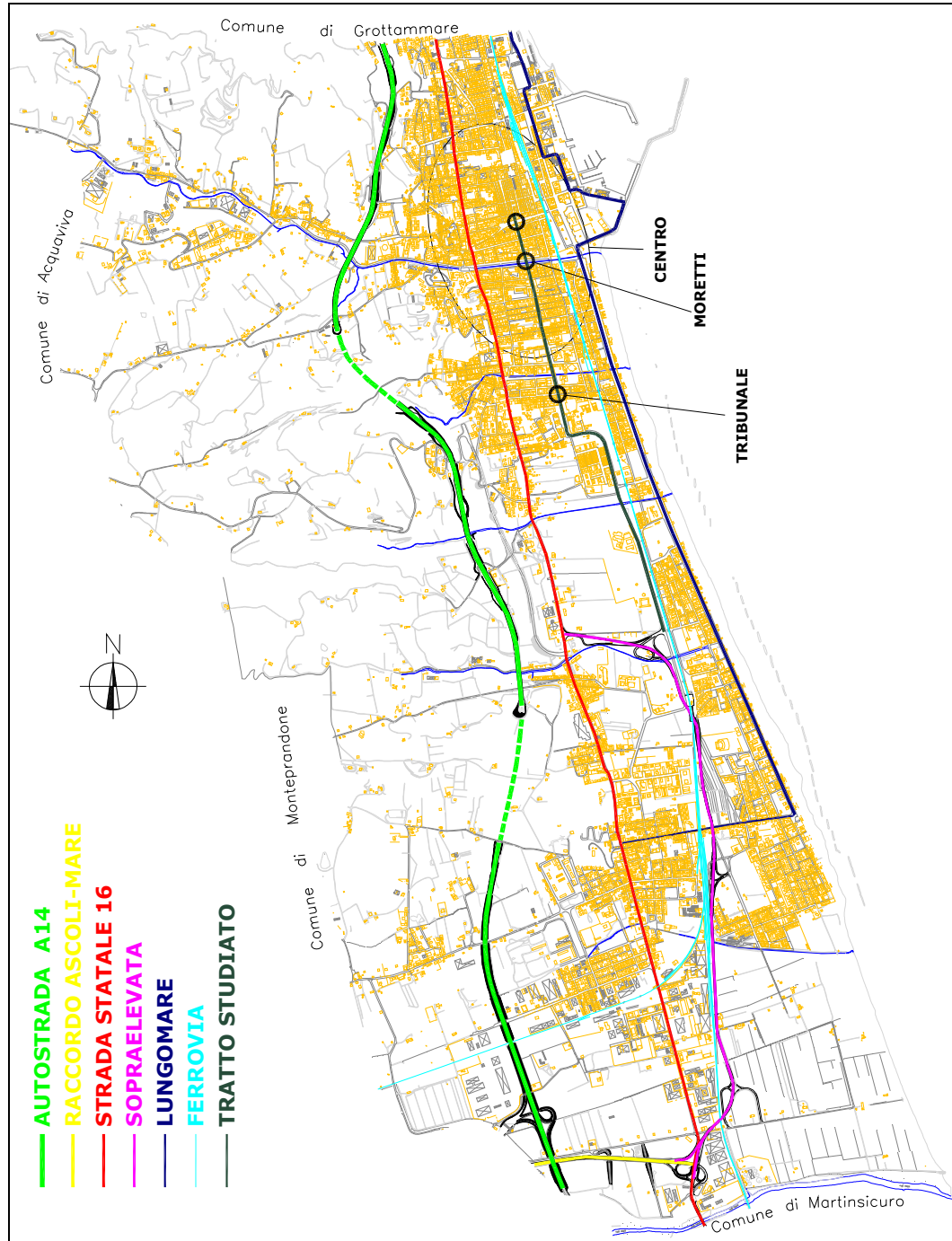


Figura 3. Principali vie di comunicazioni

Sempre facendo riferimento alla precedente planimetria si sono localizzate le intersezioni in esame evidenziandole con anelli neri sul tratto di strada interessato.

1.3 IL TRATTO STRADALE E LE INTERSEZIONI

OGGETTO DI STUDIO

Il tratto stradale urbano in esame si sviluppa lungo la direttrice nord-sud, parallelamente alla Strada Statale 16 Adriatica, per una lunghezza di circa 1200 metri, ed attraversa la zona più popolosa della città.

Esso, procedendo da sud verso nord, prende il nome di viale Ulpiani, viale Alcide De Gasperi (circa 2/3 dell'intero tratto) e via Mario Curzi. E' delimitato trasversalmente da via Gabriele Voltattorni a sud, dove nasce una delle intersezioni semaforizzate oggetto di studio (Tribunale), e da viale Secondo Moretti a nord, vero centro cittadino caratterizzato esclusivamente da traffico pedonale il quale, entrando in conflitto con quello veicolare in maniera piuttosto continua, va ad influenzare negativamente sulla qualità della circolazione del tratto ed in particolare su quella dell'altra intersezione semaforizzata presa in esame e situata poco più a sud (Moretti).

La strada risulta particolarmente stretta con un'unica corsia per senso di marcia, presenta diversi incroci secondari e non è sempre pianeggiante per via dei ponti necessari ad attraversare i vari torrenti e canali che si incontrano.

E' piuttosto trafficata essendo l'unica alternativa alla SS16 in ingresso (da sud) al centro città, ma anche per via delle innumerevoli attività commerciali e dei servizi pubblici che si sviluppano lungo e nei dintorni di essa. Tra questi, assolutamente degni di nota sono il Municipio di San Benedetto del Tronto con annessa Biblioteca Comunale, il Liceo Scientifico Statale, il Liceo Classico Statale, la Scuola Elementare Moretti e le Poste centrali.

Da far presente, inoltre, la presenza vicinissima dell'Ospedale Civile, situato sulla parallela SS 16 Adriatica, e della Stazione ferroviaria.

Il transito, dunque, risulta privilegiato rispetto alle vie secondarie in ingresso, ad eccezione delle intersezioni semaforizzate menzionate, che ricordiamo essere:

- Intersezione V.le De Gasperi – Via Curzi/Via Moretti ovest – Via Moretti est (intersezione Moretti)
- Intersezione Via Togliatti – V.le Ulpiani/Via Voltattorni ovest – Via Voltattorni est (intersezione Tribunale)

Si trovano ad una distanza di circa 950 metri l'una dall'altra e risultano le più trafficate del tratto stradale considerato.

Si mostra a pagina seguente una planimetria più dettagliata del tratto in questione, dove sono segnate con anelli le due intersezioni: procedendo da nord verso sud abbiamo quella delle Moretti e quella del Tribunale.

Si evidenzia inoltre, a nord, la zona di conflitto veicolo-pedonale denominata del Corso che, come vedremo, gioca un ruolo importante in relazione al funzionamento dell'intersezione Moretti, distante meno di 250 metri, e in generale della circolazione sull'intero tratto.

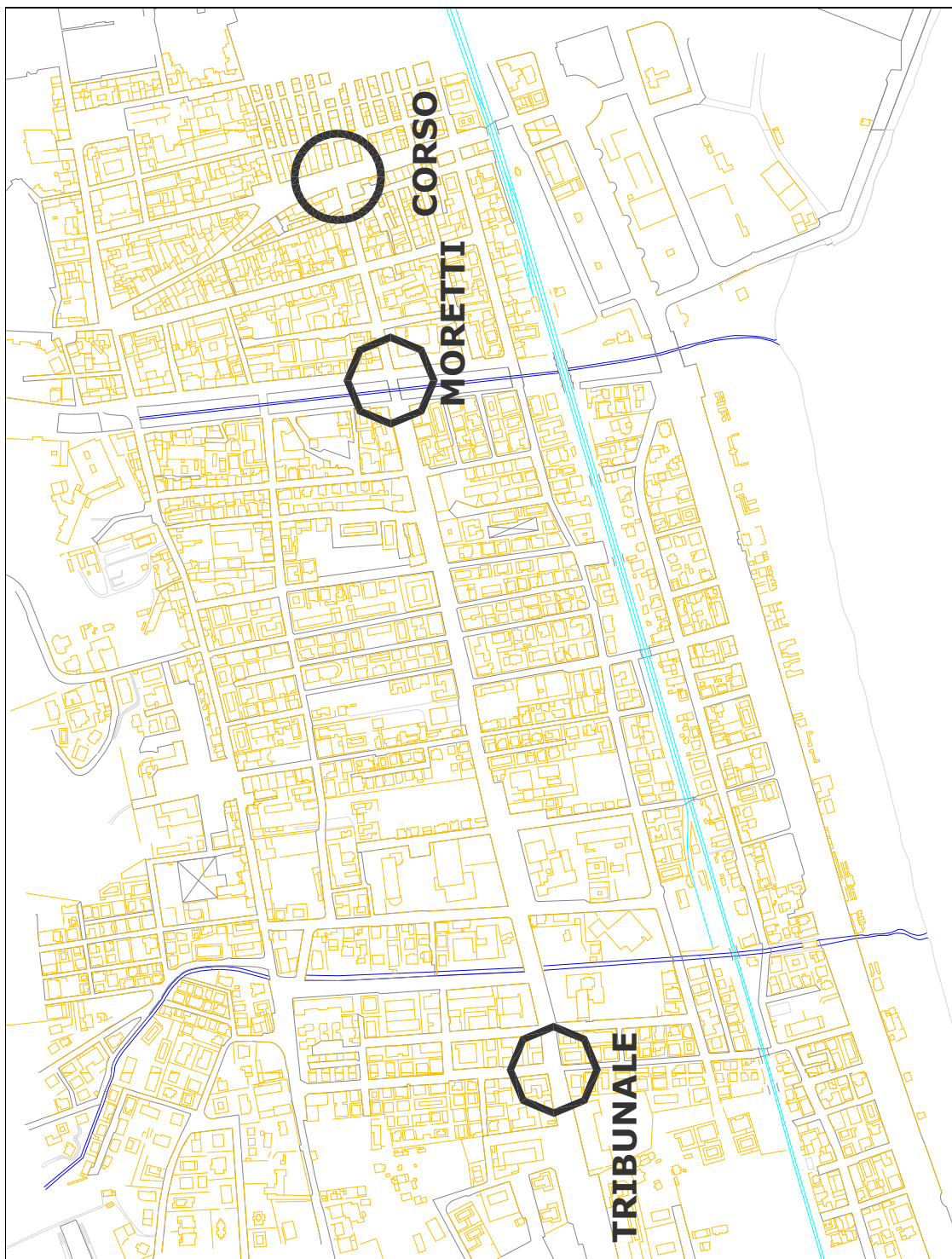


Figura 4. Le intersezioni in esame

1.3.1 Intersezione Moretti: De Gasperi - Curzi - Moretti

Caratteristiche generali

L'intersezione delle Moretti (v. figura 6) prende il nome dalla Scuola Elementare omonima in prossimità della stessa. E' la più interessante del tratto data la sua posizione nevralgica nella rete stradale di San Benedetto del Tronto, ed è quella che più necessita di una sistemazione adeguata per gli elevati volumi di traffico e le condizioni circolatorie che la riguardano.

Difatti, l'importanza di tale incrocio è dovuta alla presenza nelle sue immediate vicinanze, oltre che della scuola già citata, dell'Ospedale Civile "Madonna del Soccorso", unico se si eccettua la presenza di cliniche private, e del centro cittadino che ha notevole influenza sul funzionamento dell'intersezione a causa del rilevante e continuo attraversamento pedonale che si verifica ad una distanza di circa 200 metri a nord, in corrispondenza del Viale Secondo Moretti.

Si tratta di un tradizionale incrocio a quattro braccia in asse tra loro a due a due, dove confluiscono tre vie: l'asse principale lungo la direttrice nord-sud prende il nome di Viale De Gasperi e di Via Curzi rispettivamente a sud e a nord dell'intersezione; l'altro asse, che attraversa ortogonalmente il primo, è Via Moretti.

Entrando nella descrizione delle vie in approccio all'intersezione in questione se ne riporta, in seguito, una planimetria di inquadramento ed alcune sue foto:

- Viale De Gasperi: (v. figura 5) è la strada più critica e trafficata dell'intero tratto, per via dell'alta densità abitativa e per la presenza di numerose attività commerciali e luoghi pubblici di richiamo. Ne rallentano ulteriormente la circolazione le diverse manovre di parcheggio che vengono effettuate continuamente lungo il percorso per accedere a tali servizi. Ricordiamo, in particolare, il Municipio, la Biblioteca comunale, il Liceo Scientifico e Classico Statali, le numerose banche.

E' caratterizzata da doppia carreggiata con una corsia di marcia per direzione ed una serie di rallentatori di velocità per via dei frequenti e necessari attraversamenti pedonali. I parcheggi sono disposti internamente, lungo lo spartitraffico alberato, mentre all'esterno è presente, da ambo i lati, una stretta pista ciclabile ed una serie di strade secondarie che si collegano con la SS16 ad ovest, e col lungomare, più o meno direttamente, ad est. Viene percorsa principalmente in direzione nord dagli utenti che devono raggiungere il centro, i servizi già citati, o accedere ai quartieri a nord della città. Termina, a nord, sul ponte che scavalca il torrente Albula e dà origine all'intersezione considerata.



Figura 5. Viale De Gasperi (direzione nord)

- Via Curzi: è il prosiegua, in uscita dall'incrocio, di Viale De Gasperi ed entra direttamente in conflitto con l'attraversamento pedonale di Viale Secondo Moretti. E' a doppio senso di marcia in prossimità dell'intersezione mentre diventa a senso unico per il restante tratto in direzione nord. E' la via sede delle Poste Centrali e presenta parcheggi su entrambi i lati.



Figura 7. Intersezione delle Moretti. Vista da Viale De Gasperi



Figura 8. Intersezione delle Moretti. Vista da Via Moretti (est)

Caratteristiche geometriche

Analizziamo le caratteristiche geometriche dei rami afferenti l'incrocio e riportiamole nel dettaglio.

Tabella 1. Intersezione delle Moretti. Caratteristiche geometriche

Nome Strada	Tipo di Strada	Pendenza	Corsie in ingresso		Corsie in uscita	
			N	Largh. (cm)	N	Largh. (cm)
Viale De Gasperi	Strada di quartiere	0%	2	300	1	300
Via Moretti (est)	Strada di quartiere	+1%	1	300	1	300
Via Curzi	Strada di quartiere	+3%	2	300	1	300
Via Moretti (ovest)	Strada di quartiere	-1%	1	300	1	300

Si specifica che sia per Viale De Gasperi che per Via Curzi la seconda corsia in ingresso è la cosiddetta “short lane”, ossia una corsia aggiuntiva che si ha in prossimità dell'intersezione:

- sul Viale De Gasperi si ha per la svolta a sinistra in Via Moretti (ovest) ed ha una lunghezza di circa 30 metri;
- su Via Curzi si ha per la svolta a sinistra in Via Moretti (est) con lunghezza di circa 40 metri;

Si fa presente infine che tutte le strade presentano marciapiedi e spazi laterali di diversa larghezza.

Tipo di regolazione

Attualmente l'intersezione è semaforizzata con un ciclo a quattro fasi avente durata di 84 secondi. Analizzeremo meglio poi le singole fasi ed i corrispettivi tempi.

1.3.2 Intersezione Tribunale: Togliatti - Ulpiani - Voltattorni

Caratteristiche generali

L'intersezione in esame (v. Figura 9) non è di minore importanza rispetto alla precedente. Collega, infatti, il Viale dello Sport, che raccoglie buona parte degli utenti della strada provenienti dalla zona sud della città (Porto d'Ascoli e uscita dal raccordo autostradale della A14), con il centro di San Benedetto del Tronto.

Tale viale non manca, inoltre, di servizi che richiamino un notevole afflusso di veicoli, quali l'Istituto Tecnico Commerciale (Ragioneria), l'Istituto Professionale Statale dell'Industria e dell'Artigianato (IPSIA), lo Stadio Comunale "Riviera delle Palme", il Palazzo dello Sport e diversi supermercati.

Viene denominata del Tribunale per via della presenza nelle immediate vicinanze del Palazzo di Giustizia.

Si tratta, anch'essa, di un tradizionale incrocio a quattro braccia in asse tra loro a due a due, dove confluiscono tre vie: l'asse principale lungo la direttrice nord-sud prende il nome di Via Togliatti e di Viale Ulpiani rispettivamente a sud e a nord dell'intersezione; l'altro asse, che attraversa il primo ortogonalmente, è Via Voltattorni.

Entrando nella descrizione delle vie in ingresso all'intersezione in questione se ne riporta, anche in questo caso, una planimetria di inquadramento ed alcune sue foto:

- Via Togliatti: è la via sede del Palazzo di Giustizia (Tribunale) e di due supermercati. Costituisce il proseguimento verso nord del Viale dello Sport e quindi ne raccoglie tutto il suo traffico. E' una strada a doppia carreggiata con due corsie per ogni direzione di marcia; presenta parcheggi lungo il solo perimetro esterno ed è spesso utilizzata per raggiungere Viale De Gasperi, il centro città e tutto ciò che offrono.

1.3 - Il tratto stradale e le intersezioni oggetto di studio

- Viale Ulpiani: è il proseguimento, in uscita dall'incrocio, di Via Togliatti e diventa dopo appena 200 metri Viale De Gasperi del quale mantiene le caratteristiche geometriche. Vi troviamo un dosso per il superamento del torrente delle Fornaci.
- Via Voltattorni: è la strada che collega direttamente la SS 16 Adriatica con il lungomare. E' a doppio senso di marcia con parcheggi su entrambi i lati della strada; vi è presente una scuola media.

Rammentiamo che tutti i rami interessati dallo studio sono classificati dal P.G.T.U. come strade di quartiere.

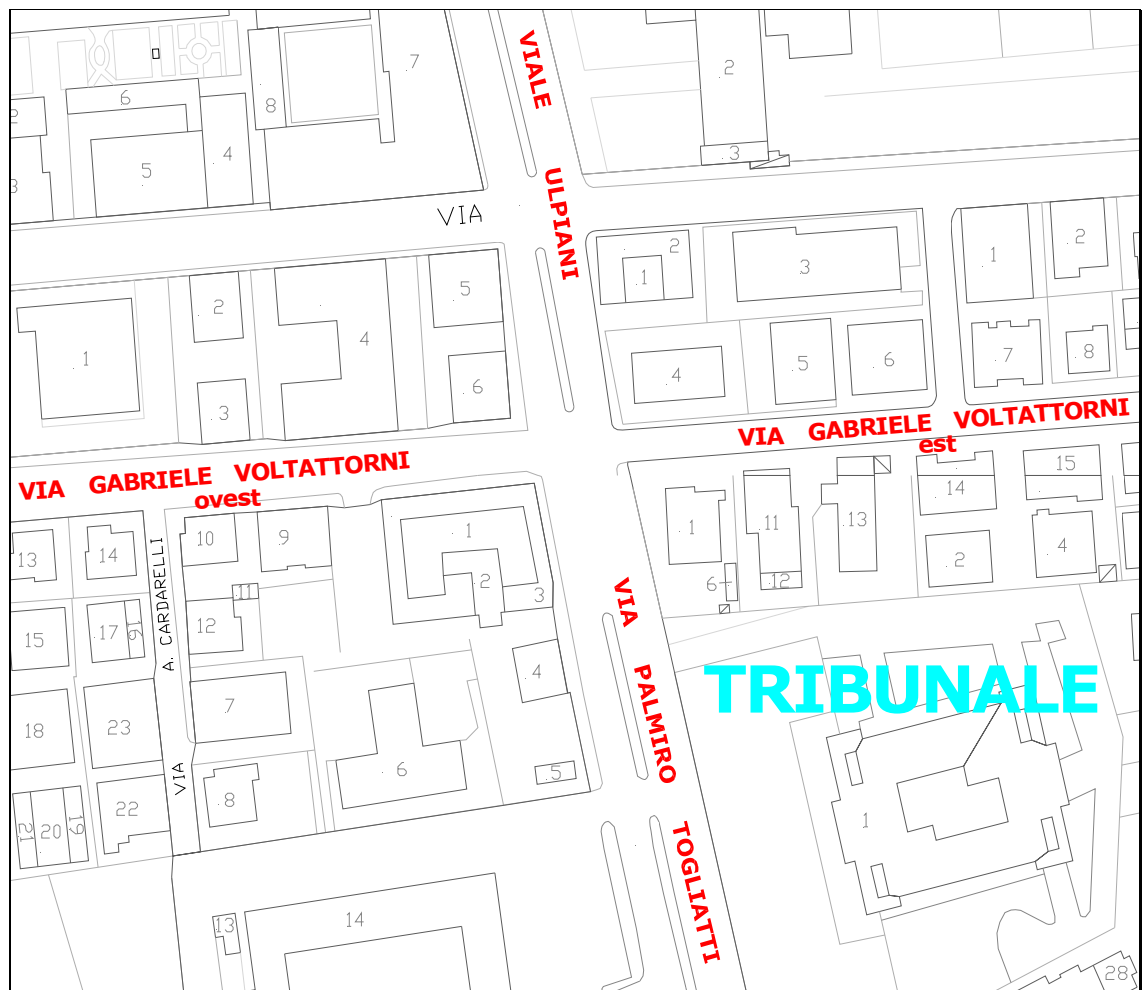


Figura 9. Intersezione del Tribunale. Planimetria



Figura 10. Intersezione del Tribunale. Vista da Via Togliatti



Figura 11. Intersezione del Tribunale. Vista da Via Voltattorni (est)

Caratteristiche geometriche

Analizziamo le caratteristiche geometriche dei rami afferenti l'incrocio e riportiamole nel dettaglio.

Tabella 2. Intersezione del Tribunale. Caratteristiche geometriche

Nome Strada	Tipo di Strada	Pendenza	Corsie in ingresso		Corsie in uscita	
			N	Largh. (cm)	N	Largh. (cm)
Via Togliatti	Strada di quartiere	0%	3	300	2	300
Via Voltattorni (est)	Strada di quartiere	+1%	1	300	1	300
Viale Ulpiani	Strada di quartiere	-1%	3	300	2	300
Via Voltattorni (ovest)	Strada di quartiere	-1%	1	300	1	300

Anche in questo caso, sono presenti delle “short lane”, ossia una corsia aggiuntiva che si ha in prossimità dell'intersezione:

- in Via Togliatti, la corsia riservata alla svolta a sinistra con lunghezza di circa 30 metri, verso Via Voltattorni (ovest);
- in Viale Ulpiani, la corsia riservata alla svolta a sinistra con lunghezza di circa 40 metri, verso Via Voltattorni (est);

Anche in questo caso tutte le strade presentano marciapiedi e spazi laterali di diversa larghezza.

Tipo di regolazione

L'intersezione attualmente è semaforizzata, con un ciclo a quattro fasi di durata di 120 secondi. Analizzeremo meglio poi le singole fasi e la loro durata.

1.4 I FLUSSI DI TRAFFICO

1.4.1 Il rilevamento

I volumi di traffico sono stati rilevati in prossimità dei due incroci principali, utilizzando delle videocamere che hanno ripreso il flusso veicolare in ingresso ed in uscita dalle intersezioni, così da quantificarne con esattezza il numero di veicoli che compivano una determinata manovra: attraversamento, svolta a destra o svolta a sinistra. I rilevamenti sono stati fatti prendendo un giorno qualsiasi della settimana compreso fra il martedì e il giovedì, escludendo il periodo estivo, e scegliendo tre fasce orarie in cui il traffico è maggiore: la fascia di prima mattina in cui la gente si reca a lavoro (dalle 7.30 alle 9.00), la fascia di metà giornata in cui c'è l'uscita delle scuole e la pausa pranzo (dalle 12.30 alle 14.00) ed infine la fascia serale in cui si torna a casa dopo il lavoro (dalle 18.30 alle 20.00).

I rilievi del traffico sono stati divisi in intervalli di 15 minuti ciascuno, in modo poi da poter ricavare direttamente, per il quarto d'ora di punta, il *tasso di flusso* necessario per lo studio. Sono stati divisi anche per categorie di veicoli: veicoli normali (autovetture), mezzi pesanti, motocicli e motorini in genere. Per quanto riguarda poi i motocicli essi sono stati convertiti in veicoli equivalenti tramite un fattore di conversione pari a 0,5, mentre per gli automezzi pesanti si è inserito nel programma di analisi la loro percentuale rispetto al totale dei veicoli. Trattandosi di incroci urbani abbiamo dovuto rilevare anche l'attraversamento pedonale: tali spostamenti sono importanti nella valutazione del livello di servizio dell'intersezione poiché causano eventuali rallentamenti e code.

Le riprese del traffico sono state effettuate in giorni differenti viste le distanze fra i due incroci; tuttavia i risultati, come vedremo in seguito, dicono che il maggior volume di veicoli che impegnano i nodi si riscontra, per entrambi, nell'arco pomeridiano della giornata, con una dispersione di mezzi in direzione nord pressoché costante.

I dati così raccolti saranno fondamentali per valutare l'efficienza delle intersezioni, in termini di livello di servizio (LOS), attraverso appositi software.

Dopo la raccolta dei dati è stato possibile ricavare:

- il numero di veicoli che entrano ed escono da ogni ramo dell'incrocio divisi per categorie;
- l'ora di punta e quindi il tasso di flusso, ossia il flusso orario equivalente (espresso in auto/ora) corrispondente al numero di veicoli che transitano nell'intervallo dei 15 minuti di punta, moltiplicato per quattro;
- la matrice origine-destinazione per l'ora di punta.

Si precisa che il tasso di flusso è stato ricavato separatamente per le intersezioni e non sono stati sommati i volumi dei vari incroci per le diverse frazioni temporali, per cui avremmo potuto trovare differenti intervalli di picco. Tuttavia così non è stato, poiché per le intersezioni il quarto d'ora più caricato è comune, compreso tra le ore 19.15 e 19.30.

Tutti i dati rilevati vengono riportati in tabelle nell'appendice A così divisi: in base all'intersezione (prima l'intersezione delle Moretti, poi quella del Tribunale), al ramo d'origine del flusso, alla fascia giornaliera (mattina, pranzo, sera), per intervalli di 15 minuti ed infine per tipologia di veicolo (automobili, veicoli pesanti, motorini e motocicli in genere).

Verrà ora definito il tasso di flusso, dato di ingresso per le successive valutazioni.

1.4.2 Ricerca dell'ora di punta e definizione del tasso di flusso

Come noto il *tasso di flusso* è il valore orario equivalente alla portata misurata nei 15 minuti di maggior carico, pari quindi a *4 volte* tale valore di portata. Il *fattore di punta* (PHF: Peak Hour Factor) è il rapporto fra la portata oraria ed il tasso di flusso.

Ai fini delle successive analisi, occorre quindi definire l'ora di punta ed il quarto d'ora più caricato tra quelli rilevati, ossia l'intervallo caratterizzato dal più alto numero di veicoli che impegnano il nodo

Come già si è accennato, l'incidenza della composizione degli automezzi viene valutata attraverso opportuni coefficienti di omogeneizzazione rispetto ad un veicolo standard (autovettura); si considerano quindi auto e veicoli pesanti equivalenti ad uno e motocicli equivalenti a 0,5 veicoli.

Raggruppiamo, quindi, i rilievi effettuati per fasce di 15 minuti sulle intersezioni interessate.

Tabella 3. Rilievi sulle intersezioni per fasce di 15 minuti

INT.	Moretti				Tribunale			
	TIPO	AUTO	VP	MOT	TOT	AUTO	VP	MOT
7.30 7.45	214	2	42	237	368	14	55	410
7.45 8.00	243	6	52	275	425	7	34	449
8.00 8.15	232	4	24	248	455	7	12	468
8.15 8.30	197	3	22	211	390	3	6	396
8.30 8.45	260	0	24	272	404	6	15	418
8.45 9.00	231	1	34	249	319	1	6	323
12.30 12.45	212	2	38	233	424	1	51	451
12.45 13.00	235	1	51	261	376	3	47	403
13.00 13.15	206	3	54	236	377	2	45	402
13.15 13.30	225	4	68	263	330	4	39	354
13.30 13.45	235	3	56	266	299	8	35	325
13.45 14.00	200	1	33	218	228	1	22	240
18.30 18.45	235	2	45	260	415	0	34	432
18.45 19.00	262	3	64	297	407	3	48	434
19.00 19.15	270	3	95	321	408	0	33	421
19.15 19.30	295	3	93	345	425	3	43	438
19.30 19.45	265	0	55	293	376	0	47	400
19.45 20.00	203	2	42	226	323	0	25	336

NOTA: sotto la voce "MOTO", il numero riportato è quello reale dei mezzi che impegnano l'incrocio, mentre nel totale si è usato, per gli stessi, il fattore di conversione 0,5.

I dati precedenti, vengono ulteriormente raggruppati per intervalli di 1 ora all'interno delle fasce temporali in cui sono stati fatti i rilevamenti.

Tabella 4. Rilievi sulle intersezioni raggruppati per fasce di 1 ora

INT.	Moretti				Tribunale			
	TIPO	AUTO	VP	MOT	TOT	AUTO	VP	MOT
7.30 8.30	886	15	140	971	1638	31	107	1723
7.45 8.45	932	13	122	1006	1674	23	67	1731
8.00 9.00	920	8	104	980	1568	17	39	1605
12.30 13.30	878	10	211	994	1507	10	182	1608
12.45 13.45	901	11	229	1027	1382	17	166	1482
13.00 14.00	866	11	211	983	1234	15	141	1320
18.30 19.30	1062	11	297	1222	1655	6	158	1740
18.45 19.45	1092	9	307	1255	1616	6	171	1708
19.00 20.00	1033	8	285	1184	1532	3	148	1609

Dalla Tabella 4, si riscontra quindi che l'ora di punta di riferimento delle due intersezioni risulta essere pressoché la stessa, infatti è quella compresa dalle 18.45 alle 19.45 per la prima e dalle 18.30 alle 19.30 per l'altra. Si nota, quindi, un volume di traffico concentrato principalmente nei rilievi del pomeriggio.

Ai fini pratici si farà riferimento ai 15 minuti di punta delle ore di riferimento appena individuate per la determinazione del tasso di flusso, dato primario di "input" per i software utilizzati, con un valore del PHF=1.

Dalla Tabella 3 si nota che il quarto d'ora di punta risulta quello compreso dalle ore 19.15 alle 19.30 per entrambe le intersezioni. Questa circostanza non è casuale e si spiega analizzando la struttura del tratto di strada che collega gli incroci in successione: ci sono vie secondarie che si immettono sul ramo principale ma, come detto in precedenza, il numero di veicoli in ingresso ed in uscita da esso è caratterizzato da una dispersione di mezzi in direzione nord pressoché costante.

La conseguenza è, appunto, la contemporaneità dell'ora di punta nei due incroci che presentano un simile andamento giornaliero del traffico. Concludiamo quindi che l'intervallo di riferimento è quello che va dalle 19.15 alle 19.30.

Si può così definire il tasso di flusso (espresso in veicoli/ora), necessario a valutare il Livello di Servizio (LOS) per ogni manovra di ogni ramo, moltiplicando semplicemente per quattro volte il volume rilevato nei 15 minuti di punta.

Di seguito vengono pertanto riportate le matrici origine-destinazione (O-D) dei flussi gravanti sulle intersezioni considerate.

Intersezione Moretti

Tabella 5. Intersezione Moretti. Matrice O-D. Flussi max 15 minuti

ORIG \ DEST	Viale De Gasperi			Via Moretti (est)			Via Curzi			Via Moretti (ovest)		
	A	VP	MT	A	VP	MT	A	VP	MT	A	VP	MT
Viale De Gasperi	-	-	-	7	0	2	114	2	40	42	1	12
Via Moretti (est)	25	0	4	-	-	-	7	0	2	13	0	8
Via Curzi	13	0	10	1	0	0	-	-	-	4	0	1
Via Moretti (ovest)	11	0	1	11	0	2	47	0	11	-	-	-

Tabella 6. Intersezione Moretti. Matrice O-D. Tassi di flusso

ORIG \ DEST	Viale De Gasperi			Via Moretti (est)			Via Curzi			Via Moretti (ovest)		
	A	VP	MT	A	VP	MT	A	VP	MT	A	VP	MT
Viale De Gasperi	-	-	-	28	0	8	456	8	160	168	4	48
Via Moretti (est)	100	0	16	-	-	-	28	0	8	52	0	32
Via Curzi	52	0	40	4	0	0	-	-	-	16	0	4
Via Moretti (ovest)	44	0	4	44	0	8	188	0	44	-	-	-

Intersezione Tribunale

Tabella 7. Intersezione Tribunale. Matrice O-D. Flussi max 15 minuti

ORIG \ DEST	Via Togliatti			Via Voltattorni (est)			Viale Ulpiani			Via Voltattorni (ovest)		
	A	VP	MT	A	VP	MT	A	VP	MT	A	VP	MT
Via Togliatti	-	-	-	20	0	2	156	2	15	20	0	3
Via Voltattorni (est)	30	0	1	-	-	-	5	0	0	22	0	3
Viale Ulpiani	108	1	12	12	0	1	-	-	-	8	0	2
Via Voltattorni (ovest)	15	0	1	17	0	1	12	0	2	-	-	-

Tabella 8. Intersezione Tribunale. Matrice O-D. Tassi di flusso

ORIG \ DEST	Via Togliatti			Via Voltattorni (est)			Viale Ulpiani			Via Voltattorni (ovest)		
	A	VP	MT	A	VP	MT	A	VP	MT	A	VP	MT
Via Togliatti	-	-	-	80	0	8	624	8	60	80	0	12
Via Voltattorni (est)	120	0	4	-	-	-	20	0	0	88	0	12
Viale Ulpiani	432	4	48	48	0	4	-	-	-	32	0	8
Via Voltattorni (ovest)	60	0	4	68	0	4	48	0	4	-	-	-

CAPITOLO 2

ANALISI DELLE ATTUALI CONDIZIONI DI CIRCOLAZIONE

Passiamo ora ad analizzare le intersezioni descritte nel primo capitolo da un punto di vista strettamente tecnico

Descriveremo la geometria delle due intersezioni, i flussi veicolari che le interessano, la regolazione attuale, gli attraversamenti pedonali e tutte le principali caratteristiche che ci possono aiutare a valutare lo stato attuale della circolazione.

L'obiettivo finale è quello di valutarne il *livello di servizio*, ossia l'efficienza funzionale delle intersezioni così come sono strutturate attualmente, per capire se sono necessari o meno interventi che migliorino le condizioni di circolazione che già, durante i rilevamenti, sono parse problematiche ed inefficienti. Utilizzeremo a tale scopo il software HCS2000 Signals, in grado di fornirci una serie di dati che ci permetteranno di inquadrare la situazione attuale degli incroci di nostro interesse.

Studieremo le intersezioni in direzione nord-sud nella sequenza:

- Intersezione Moretti (Viale De Gasperi – Via Moretti – Via Curzi)
- Intersezione Tribunale (Via Togliatti – Via Voltattorni – Viale Ulpiani)

2.1 INTERSEZIONE MORETTI

De Gasperi – Moretti - Curzi

Sono stati già descritti gli aspetti principali per l'intersezione in oggetto (v. par. 1.3.1); si farà riferimento per la planimetria di zona alla Figura 6 e per le caratteristiche geometriche alla Tabella 1.

Si riporta ancora una foto in modo da avere le idee più chiare della situazione:



Figura 12. Intersezione delle Moretti. Vista da Via Curzi

Di seguito, a supporto degli elementi rilevati in fase preliminare ed esaminati nel Cap. 1, verranno analizzati nel dettaglio i restanti fattori caratteristici, necessari come dati di ingresso per le successive valutazioni.

2.1.1 Condizioni operative

Manovre di svolta e di attraversamento

L'intersezione è a raso, semaforizzata con quattro rami in ingresso; risulta un tradizionale incrocio a quattro braccia in asse tra loro a due a due.

Riportiamo in Figura 13 lo schema planimetrico dell'intersezione con la rappresentazione delle manovre possibili per ogni ramo d'accesso.

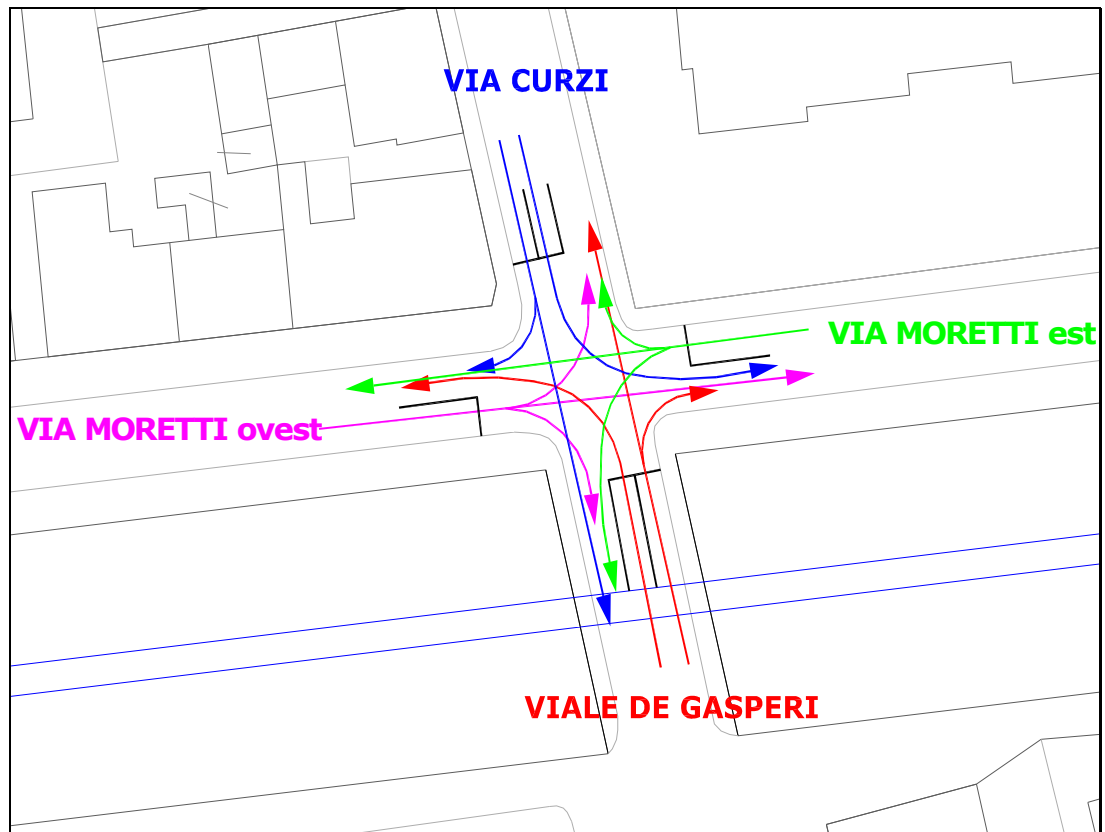


Figura 13. Intersezione delle Moretti. Manovre possibili

Vengono indicati con quattro colori differenti i quattro rami di approccio e per ognuno di esso ne abbiamo messo in evidenza le manovre possibili con lo stesso colore. Le linee nere indicano invece la segnaletica orizzontale con particolare attenzione alle linee di stop in corrispondenza dei semafori.

Manovre di parcheggio e fermate autobus

Le manovre di parcheggio bloccano temporaneamente la circolazione, lasciando a volte scorrere il tempo di verde senza che i veicoli possano attraversare l'intersezione; quasi sempre poi, per un veicolo che esce dal suo parcheggio ce n'è uno pronto ad occuparne il posto lasciato libero. Stesso discorso per le fermate degli autobus che interrompono temporaneamente la circolazione nel caso in cui non abbiano spazio sufficiente per effettuare la manovra.

Per quanto riguarda i parcheggi, la sosta è permessa su tutti i rami afferenti l'incrocio ma, per quanto riguarda Viale De Gasperi e Via Curzi, essa è vietata in prossimità dell'intersezione, in ingresso per lasciar posto alla "short lane" di svolta verso Via Moretti, ed in uscita per una lunghezza sufficiente allo scopo di non interferire in maniera determinante sulla circolazione. Le poche manovre di parcheggio che, quindi, disturbano il flusso veicolare in quanto vicine all'intersezione sono quelle effettuate in Via Moretti.

Le fermate degli autobus per linee urbane si trovano ad una distanza rilevante dall'incrocio in esame. L'unica, relativamente vicina, si trova in Viale De Gasperi: in questo caso però è presente una corsia di rientro per permettere la manovra e non bloccare il transito dei veicoli.

Possiamo quindi trascurare nell'analisi l'interferenza provocata dalle fermate degli autobus.

Attraversamenti pedonali

Riportiamo uno schema degli attraversamenti pedonali (freccette ciano):

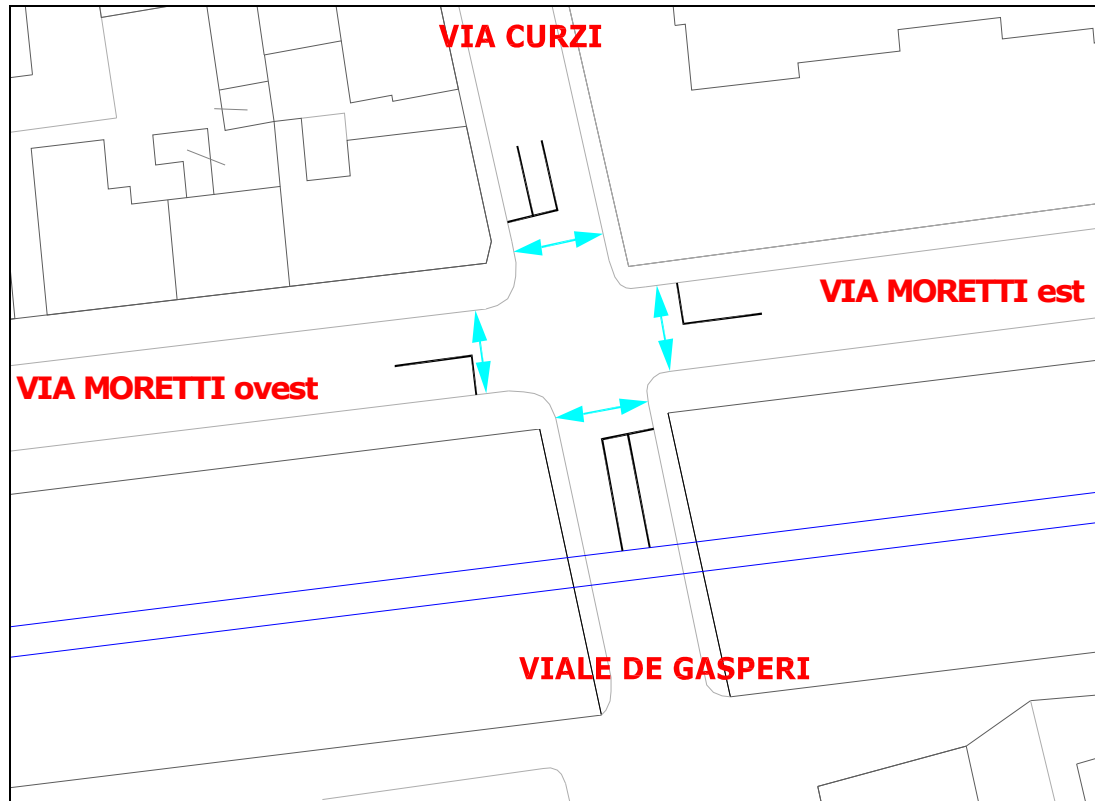


Figura 14. Intersezione delle Moretti. Movimenti pedonali

Ricordiamo che una volta stabilita l'ora di punta, sono stati rilevati i flussi pedonali di attraversamento, con risultati non del tutto trascurabili come indicato nel prossimo paragrafo.

2.1.2 Regime di controllo e traffico veicolare

Regolazione semaforica

Come già detto si tratta di un'intersezione a raso semaforizzata con quattro rami d'accesso: per ogni ramo che si immette sull'intersezione abbiamo una lanterna semaforica e una linea di attestamento.

Nell'ambito del ciclo semaforico analizziamo anche quelli che regolano l'attraversamento pedonale presenti su tutti i rami.

Consideriamo il tempo di ciclo misurato di 84 secondi e vediamo la ripartizione delle fasi di verde, giallo e rosso per ogni ramo.

INTERSEZIONE MORETTI												
DIAGRAMMA FASATURA												
RAMO/MOVIMENTO	FASE I			FASE II			FASE III			FASE IV		
Via Curzi												
Dritto + Svolta a DX e SX	V	G	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Via Moretti (est)												
Dritto + Svolta a DX e SX	R	R	R	R	R	R	V	G	R	R	R	R
Viale De Gasperi												
Dritto + Svolta a DX	V	V	V	V	G	R	R	R	R	R	R	R
Svolta a SX	R	R	R	V	G	R	R	R	R	R	R	R
Via Moretti (ovest)												
Dritto + Svolta a DX e SX	R	R	R	R	R	R	R	R	R	V	G	R
ATTRAVERSAMENTI PEDONALI												
Via Curzi	R	R	R	R	R	R	V	V	V	V	G	R
Via Moretti (est)	V	G	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Viale De Gasperi	R	R	R	R	R	R	V	V	V	V	G	R
Via Moretti (ovest)	V	G	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	15	4	2	15	4	2	12	4	2	18	4	2
	21			21			18			24		
TEMPO TOTALE DI CICLO	84											

Notiamo subito che al termine di ogni singola fase componente il ciclo, c'è un intervallo di “tutto rosso” di 2 secondi in cui tutti i semafori sono disposti al rosso: questi intervalli servono a sgomberare l'incrocio da eventuali veicoli che devono completare la loro manovra.

Traffico rilevato

Dalle Tabella 5 e Tabella 6 (v. par. 1.4.2), è stata desunta la matrice O-D seguente (Tabella 9) con relativa percentuale dei veicoli pesanti.

Tabella 9. Intersezione delle Moretti. Matrice O-D con % di VP

ORIG \ DEST	Viale De Gasperi			Via Moretti (est)			Via Curzi			Via Moretti (ovest)		
	TOT	VP	%VP	TOT	VP	%VP	TOT	VP	%VP	TOT	VP	%VP
Viale De Gasperi	-	-	-	32	0	0%	544	8	1,5%	196	4	2%
Via Moretti (est)	108	0	0%	-	-	-	32	0	0%	68	0	0%
Via Curzi	72	0	0%	4	0	0%	-	-	-	18	0	0%
Via Moretti (ovest)	46	0	0%	48	0	0%	210	0	0%	-	-	-

Essendo un incrocio urbano, in relazione all'ora di punta è stato rilevato anche il traffico pedonale (v. Figura 14), che risulta così distribuito:

Viale De Gasperi	28 pedoni/ora
Via Moretti (est)	90 pedoni/ora
Via Curzi	40 pedoni/ora
Via Moretti (ovest)	60 pedoni/ora

Trattandosi di tasso di flusso, come specificato al par. 1.4.2, ai fini del calcolo assumeremo un valore del PHF=1.

2.1.3 Valutazione del livello di servizio con HCS2000 Signals

Di seguito è stata eseguita la valutazione funzionale dell'intersezione con il software Signals dell'HCS2000.

Vengono forniti al programma i dati necessari: i valori del tasso di flusso per manovra e per ramo afferente (con PHF sempre uguale all'unità), le fasi componenti il ciclo ed i corrispettivi tempi, le caratteristiche geometriche delle vie in approccio compresa la percentuale dei veicoli pesanti, le manovre di parcheggio e gli attraversamenti pedonali.

Riportiamo di seguito l'output del Signals per osservare i valori ottenuti.

2.1 - Intersezione Moretti

HCS2000™ DETAILED REPORT												
General Information						Site Information						
Analyst <i>Roberto Perotti</i>						Intersection <i>De Gasperi-Curzi/Moretti</i>						
Agency or Co.						Area Type <i>All other areas</i>						
Date Performed						Jurisdiction						
Time Period <i>Aprile</i>						Analysis Year <i>2009</i>						
						Project ID <i>Stato di fatto Moretti</i>						
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of lanes, N _i	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
Lane group		LTR			LTR		L	TR		L	TR	
Volume, V (vph)	210	48	46	108	68	32	196	544	32	4	72	18
% Heavy vehicles, %HV	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
Peak-hour factor, PHF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pretimed (P) or actuated (A)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Start-up lost time, I ₁		2.0			2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
Extension of effective green, e		2.0			2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
Arrival type, AT		3			3		3	3		3	3	
Unit extension, UE		3.0			3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Filtering/metering, I		1.000			1.000		1.000	1.000		1.000	1.000	
Initial unmet demand, Q _b		0.0			0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Ped / Bike / RTOR volumes	60	12	0	90	15	0	28	52	0	40	20	0
Lane width		3.0			3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Parking / Grade / Parking	Y	-1	Y	Y	1	N	N	0	N	N	3	N
Parking maneuvers, N _m	2		2	2								
Buses stopping, N _B		0			0		0	0		0	0	
Min. time for pedestrians, G _p	3.6			3.8			3.4			3.5		
Phasing	WB Only	EB Only	03	04	NS Perm	NB Only	07	08				
Timing	G = 12.0	G = 18.0	G =	G =	G = 15.0	G = 15.0	G =	G =				
	Y = 60	Y = 60	Y =	Y =	Y = 60	Y = 60	Y =	Y =				
Duration of Analysis, T = 0.25						Cycle Length, C = 84.0						
Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Adjusted flow rate, v		304			208		196	576		4	90	
Lane group capacity, c		276			188		295	741		86	293	
v/c ratio, X		1.10			1.11		0.66	0.78		0.05	0.31	
Total green ratio, g/C		0.21			0.14		0.18	0.43		0.18	0.18	
Uniform delay, d ₁		33.0			36.0		32.2	20.6		28.6	30.0	
Progression factor, PF		1.000			1.000		1.000	1.000		1.000	1.000	
Delay calibration, k		0.50			0.50		0.50	0.50		0.50	0.50	
Incremental delay, d ₂		84.1			97.0		11.2	7.9		1.0	2.7	
Initial queue delay, d ₃		0.0			0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Control delay		117.1			133.0		43.4	28.4		29.6	32.7	
Lane group LOS		F			F		D	C		C	C	
Approach delay	117.1			133.0			32.2			32.6		
Approach LOS	F			F			C			C		
Intersection delay	66.2			X _c = 0.93			Intersection LOS			E		

Notiamo, dai risultati ottenuti, come la situazione circolatoria della nostra intersezione sia critica: il grado di saturazione è del 0,93 (molto vicino a 1, indice di sovrasaturazione), di conseguenza le code che si formano possono raggiungere lunghezze notevoli; il ritardo medio per singolo veicolo è di 66,2 secondi (oltre il minuto).

Il tutto si traduce in un livello di servizio E per l'intersezione, scadente ed inaccettabile.

Per i singoli rami di approccio il livello di servizio oscilla tra C ed F: il peggiore è sicuramente riferito a Via Moretti con un grado di saturazione di 1,11 ed un ritardo medio di 117 e 133 secondi, rispettivamente sui rami ovest ed est. I due rami principali, cioè quelli dell'asse di direttrice nord-sud, dove scorre la maggior parte del traffico, hanno una accettabile qualità di circolazione; unica pecca risulta la svolta a sinistra da Viale De Gasperi verso Via Moretti che presenta un livello di servizio D ed un ritardo di circa 44 secondi. Per quanto riguarda la formazione delle code su questi due rami, ma principalmente su quello in direzione nord, le stesse vengono "ammortizzate" dalla lunga fase associata a Viale De Gasperi, così da avere un livello di servizio non critico.

In conclusione possiamo dire che dai risultati ottenuti si rileva la volontà di privilegiare la viabilità in direzione nord, rispetto alle altre vie di accesso all'intersezione. Si osserva, quindi, una situazione non equilibrata e sostanzialmente non accettabile che necessita di una sistemazione.

2.1.4 Attraversamento pedonale di Viale Secondo Moretti

Come già accennato in precedenza, mi è sembrato opportuno tenere in considerazione l'ulteriore disagio arrecato, sul già cattivo funzionamento dell'intersezione delle Moretti, dall'ampia zona di attraversamento pedonale situato poco più a nord, dove si incontrano Via Curzi e Viale Secondo Moretti.

Difatti, a causa del continuo ed irregolare movimento di pedoni, si vengono a creare, specialmente negli orari di massimo afflusso veicolare, rallentamenti e quindi code che raggiungono, o quasi, l'uscita dell'intersezione in direzione nord, impedendo così il regolare smaltimento del traffico, già svolto con difficoltà dall'attuale impianto semaforico.

Caratteristiche generali

L'incrocio considerato (v. Figura 16) non presenta alcun tipo di regolazione semaforica ed è caratterizzato dal conflitto di un traffico veicolare con un traffico esclusivamente ciclo-pedonale di Viale Secondo Moretti considerato, oggi, il vero centro cittadino.

Viene denominato del Corso per via, appunto, del corso pedonale che lo caratterizza.

E' anch'essa un'intersezione a quattro braccia in asse tra loro interessata, però, da traffico veicolare lungo il solo asse di direttrice nord-sud e nella sola direzione nord. Tale ramo stradale prende il nome di Via Curzi e di Via San Martino rispettivamente in ingresso ed in uscita del nodo.

L'incrocio, come detto, è di grande influenza sul funzionamento dell'intersezione Moretti, sito circa 200 metri a sud, e di conseguenza dell'intero tratto.

Difatti dai rilievi effettuati nelle ore pomeridiane, in concomitanza con il maggior volume di traffico su Via Curzi, si è riscontrato l'attraversamento di oltre 1000 unità/ora tra pedoni e biciclette.

Si necessita, perciò, di una adeguata regolazione per favorire una buona circolazione sull'intero tratto. Questa, a parer mio, potrebbe essere garantita da un semaforo pedonale, ben coordinato con gli altri impianti di regolazione; ne riportiamo un esempio integrato di conto alla rovescia, già utilizzato con successo in diverse città.



Figura 15. Esempio di semaforo 'intelligente'

Inoltre, lo stesso dispositivo (meccanismo a cronometro) installato su di un qualsiasi impianto semaforico, è in grado di ridurre notevolmente incidenti e multe per l'attraversamento con il rosso.

Entrando nella descrizione dei rami in approccio al nodo in questione (Via Curzi è già stata presentata) se ne riporta, di seguito, una planimetria di inquadramento ed alcune sue foto:

- Viale Secondo Moretti: è lo stradone che conduce alla spiaggia e al Porto di San Benedetto del Tronto. Con il recente intervento di riqualificazione rappresenta il salotto buono della città, arricchito da un certo numero di sculture ed opere d'arte contemporanea. E' sede di numerose attività commerciali e dei principali e storici punti di ritrovo per i sambenedettesi; è chiuso al traffico e costituisce il classico corso pedonale, spesso molto frequentato. Vi si svolge parte del mercato cittadino ed è spesso sede di eventi (fiere, mostre, mercatini, spettacoli).
- Via San Martino: è il prosieguo, in uscita dall'incrocio e quindi dal centro, di Via Curzi; presenta due intersezioni semaforizzate,



Figura 17. Attraversamento pedonale. Vista da Via San Martino



Figura 18. Attraversamento pedonale. Vista da Viale Secondo Moretti

Caratteristiche geometriche

Riportiamo in dettaglio le caratteristiche geometriche dei rami.

Tabella 10. Intersezione del Corso. Caratteristiche geometriche

Nome Strada	Tipo di Strada	Pendenza	Corsie in ingresso		Corsie in uscita	
			N	Largh. (cm)	N	Largh. (cm)
Via Curzi	Strada di quartiere	-1%	1	340	1	0
Viale Secondo Moretti	Strada di quartiere (pedonale)	0%	0	2500	0	2500
Via San Martino	Strada di quartiere	0%	0	0	0	340

Lungo le vie trafficate sono presenti i marciapiedi ma non gli spazi laterali.

Tipo di regolazione

Attualmente l'intersezione non presenta alcun impianto semaforico ed è contraddistinta da una segnaletica orizzontale di attraversamento pedonale (strisce pedonali) estesa circa 25 metri.

Solitamente, lo smaltimento dei flussi viene affidato ad un vigile urbano, con risultati spesso insoddisfacenti per via dell'eccessiva lunghezza del tratto interessato dai pedoni.

2.2 INTERSEZIONE TRIBUNALE

Togliatti – Voltattorni - Ulpiani

Sono stati già descritti gli aspetti principali per l'intersezione in oggetto (v. par.1.3.2); si farà riferimento per la planimetria di zona alla Figura 9 e per le caratteristiche geometriche alla Tabella 2.

Si riporta ancora una foto in modo da avere le idee più chiare della situazione:



Figura 19. Intersezione del Tribunale. Vista da Viale Ulpiani

Di seguito, a supporto degli elementi rilevati in fase preliminare ed esaminati nel Cap. 1, verranno analizzati nel dettaglio i restanti fattori caratteristici, necessari come dati di ingresso per le successive valutazioni.

2.2.1 Condizioni operative

Manovre di attraversamento e di svolta

L'intersezione è di tipo a raso, semaforizzata con quattro rami in ingresso; risulta un tradizionale incrocio a quattro braccia in asse tra loro a due a due.

Riportiamo lo schema planimetrico dell'intersezione con la rappresentazione delle manovre possibili per ogni ramo di accesso.

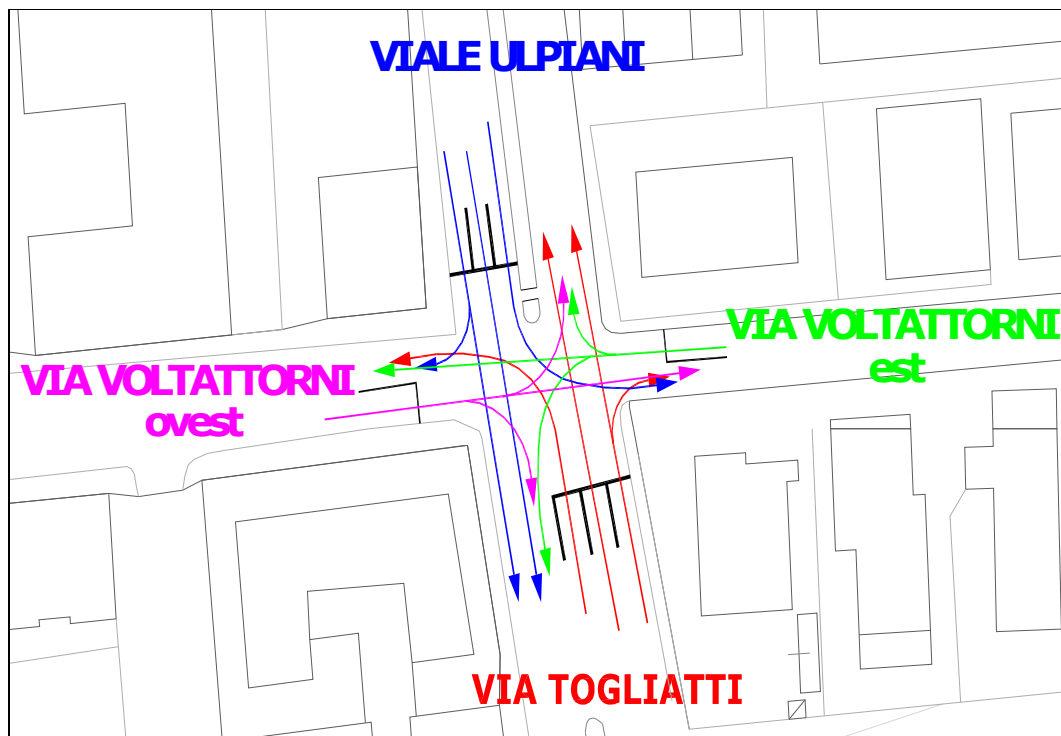


Figura 20. Intersezione del Tribunale. Manovre possibili

Anche in questo caso sono stati indicati i quattro rami con colori diversi e per ogni ramo abbiamo messo in evidenza le manovre possibili con lo stesso colore. Le linee nere indicano la segnaletica orizzontale con particolare attenzione alle linee di stop in corrispondenza dei semafori.

Manovre di parcheggio e fermate autobus

Per quanto riguarda i parcheggi, la sosta è permessa su tutti i rami dell'intersezione, ma non in prossimità della stessa ad eccezione di Via Voltattorni dove questa manovra è permessa su un solo lato della strada. Negli altri casi i parcheggi lasciano il posto alla "short lane" in ingresso, ed ad uno spazio di lunghezza sufficientemente grande, in uscita, con la finalità di non interferire in maniera determinante sulla circolazione. Le manovre di parcheggio che si verificano, quindi, non disturbano il flusso veicolare perché generalmente lontane dall'intersezione.

Riguardo le fermate degli autobus di linea non se ne rilevano, in prossimità del nodo, in via Voltattorni e in Via Togliatti, mentre in Viale Ulpiani sarebbe conveniente spostare l'attuale fermata posta sul dosso in quanto interferisce sulla viabilità del tratto in particolare al mattino, per via dell'elevato numero di autobus in concomitanza all'apertura delle scuole. Possiamo tuttavia trascurare nell'analisi l'interferenza provocata dalle fermate stesse.

Attraversamenti pedonali

Riportiamo uno schema degli attraversamenti pedonali (freccette ciano):

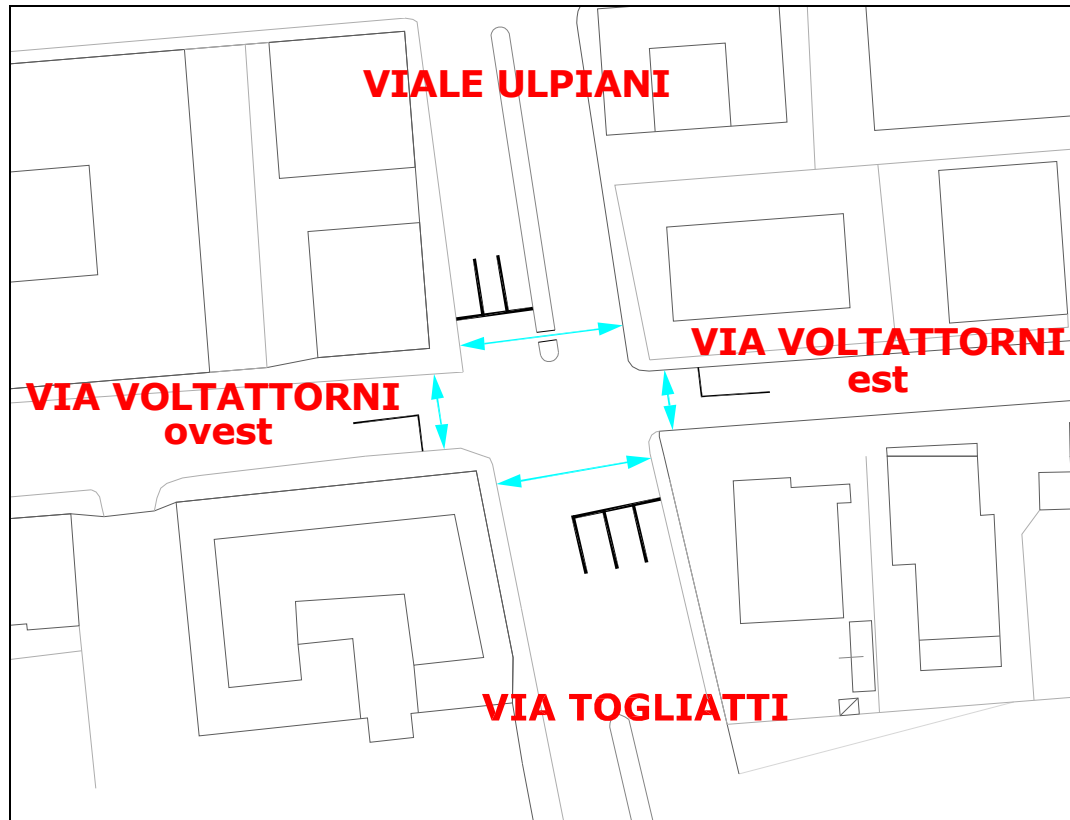


Figura 21. Intersezione del Tribunale. Movimenti pedonali

Ricordiamo che una volta stabilita l'ora di punta, sono stati rilevati i flussi pedonali di attraversamento.

Nel caso particolare di questa intersezione, avendo rilevato sporadici movimenti di pedoni, è stato scelto di trascurarne l'influenza sul funzionamento.

2.2.2 Regime di controllo e traffico veicolare

Regolazione semaforica

Come già detto si tratta di un'intersezione a raso semaforizzata con quattro rami d'accesso: per ogni ramo che si immette sull'intersezione abbiamo una lanterna semaforica e una linea di attestamento.

Nell'ambito del ciclo semaforico analizziamo anche quelli che regolano l'attraversamento pedonale presenti su tutti i rami.

Consideriamo il tempo di ciclo misurato di 120 secondi e vediamo la ripartizione delle fasi di verde, giallo e rosso per ogni ramo.

INTERSEZIONE TRIBUNALE												
DIAGRAMMA FASATURA												
RAMO/MOVIMENTO	FASE I			FASE II			FASE III			FASE IV		
Via Togliatti												
Dritto + Svolta a DX	V	G	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Svolta a SX	R	R	R	V	G	R	R	R	R	R	R	R
Via Voltattorni (est)												
Dritto + Svolta a DX e SX	R	R	R	R	R	R	V	G	R	R	R	R
Viale Ulpiani												
Dritto + Svolta a DX	V	G	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Svolta a SX	R	R	R	V	G	R	R	R	R	R	R	R
Via Voltattorni (ovest)												
Dritto + Svolta a DX e SX	R	R	R	R	R	R	V	G	R	R	R	R
ATTRAVERSAMENTI PEDONALI												
Via Togliatti	R	R	R	R	R	R	R	R	R	V	G	R
Via Voltattorni (est)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	V	G	R
Viale Ulpiani	R	R	R	R	R	R	R	R	R	V	G	R
Via Voltattorni (ovest)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	V	G	R
	40	4	2	10	4	2	25	4	2	15	8	4
	46			16			31			27		
TEMPO TOTALE DI CICLO	120											

Anche in questo caso, al termine di ogni singola fase componente il ciclo, c'è un intervallo di “tutto rosso” di 2 secondi in cui tutti i semafori sono disposti al rosso; questi intervalli servono a sgomberare l'incrocio da eventuali veicoli che devono completare la loro manovra.

Traffico rilevato

Dalle Tabella 7 e Tabella 8 (v. par. 1.4.2), è stata desunta la matrice O-D seguente (Tabella 11) con relativa percentuale dei veicoli pesanti.

Tabella 11. Intersezione del Tribunale. Matrice O-D con % di VP

ORIG \ DEST	Via Togliatti			Via Voltattorni (est)			Viale Ulpiani			Via Voltattorni (ovest)		
	TOT	VP	%VP	TOT	VP	%VP	TOT	VP	%VP	TOT	VP	%VP
Via Togliatti	-	-	-	84	0	0%	662	8	1,2%	86	0	0%
Via Voltattorni (est)	122	0	0%	-	-	-	20	0	0%	94	0	0%
Viale Ulpiani	460	4	1%	50	0	0%	-	-	-	36	0	0%
Via Voltattorni (ovest)	62	0	0%	70	0	0%	50	0	0%	-	-	-

Essendo un incrocio urbano, in relazione all'ora di punta è stato rilevato anche il traffico pedonale (v. Figura 14), risultato, però, talmente scarso da indurre la scelta di trascurarne l'influenza.

Trattandosi di tasso di flusso, come specificato al par. 1.4.2, ai fini del calcolo assumeremo un valore del PHF=1.

2.2.3 Valutazione del livello di servizio con HCS2000 Signals

Di seguito è stata eseguita la valutazione funzionale dell'intersezione con il software Signals dell'HCS2000.

Vengono forniti al programma i dati necessari: i valori del tasso di flusso per manovra e per ramo afferente (con PHF sempre uguale all'unità), le fasi componenti il ciclo ed i corrispettivi tempi, le caratteristiche geometriche delle vie in approccio compresa la percentuale dei veicoli pesanti, le manovre di parcheggio e gli attraversamenti pedonali.

Riportiamo di seguito l'output del Signals per osservare i valori ottenuti.

2.2 - Intersezione Tribunale

HCS2000™ DETAILED REPORT												
General Information						Site Information						
Analyst <i>Roberto Perotti</i>						Intersection <i>Tribunale</i>						
Agency or Co.						Area Type <i>All other areas</i>						
Date Performed <i>22/04/2009</i>						Jurisdiction						
Time Period						Analysis Year						
						Project ID <i>stato di fatto Tribunale</i>						
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of lanes, N ₁	0	1	0	0	1	0	1	2	0	1	2	0
Lane group	LTR			LTR			L	TR		L	TR	
Volume, V (vph)	50	70	62	122	94	20	86	662	84	50	460	36
% Heavy vehicles, %HV	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Peak-hour factor, PHF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pretimed (P) or actuated (A)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Start-up lost time, I ₁		2.0			2.0			2.0	2.0		2.0	2.0
Extension of effective green, e		2.0			2.0			2.0	2.0		2.0	2.0
Arrival type, AT		3			3			3	3		3	3
Unit extension, UE		3.0			3.0			3.0	3.0		3.0	3.0
Filtering/metering, I		1.000			1.000			1.000	1.000		1.000	1.000
Initial unmet demand, Q _b		0.0			0.0			0.0	0.0		0.0	0.0
Ped / Bike / RTOR volumes	0		0	0		0	0		0	0		0
Lane width		3.0			3.0			3.0	3.0		3.0	3.0
Parking / Grade / Parking	N	-1	N	N	1	N	N	0	N	N	-1	N
Parking maneuvers, N _m												
Buses stopping, N _B		0			0			0	0		0	0
Min. time for pedestrians, G _p	3.2			3.2			3.2			3.2		
Phasing	EW Perm	Peds Only	03	04	Thru & RT	Excl. Left	07	08				
Timing	G = 25.0	G = 15.0	G =	G =	G = 40.0	G = 10.0	G =	G =				
	Y = 60	Y = 120	Y =	Y =	Y = 60	Y = 60	Y =	Y =				
Duration of Analysis, T = 0.25							Cycle Length, C = 120.0					
Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Adjusted flow rate, v		182			236		86	746		50	496	
Lane group capacity, c		293			240		140	1097		141	1109	
v/c ratio, X		0.62			0.98		0.61	0.68		0.35	0.45	
Total green ratio, g/C		0.21			0.21		0.08	0.33		0.08	0.33	
Uniform delay, d ₁		43.2			47.3		53.1	34.5		52.0	31.3	
Progression factor, PF		1.000			1.000		1.000	1.000		1.000	1.000	
Delay calibration, k		0.50			0.50		0.50	0.50		0.50	0.50	
Incremental delay, d ₂		9.5			54.0		18.5	3.4		6.9	1.3	
Initial queue delay, d ₃		0.0			0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Control delay		52.7			101.3		71.6	37.9		58.8	32.6	
Lane group LOS		D			F		E	D		E	C	
Approach delay	52.7			101.3			41.4			35.0		
Approach LOS	D			F			D			D		
Intersection delay	48.5			X _C = 0.00			Intersection LOS			D		

Notiamo, dai risultati ottenuti, come la situazione circolatoria della nostra intersezione sia scadente: il grado di saturazione è del 0,72; il ritardo medio per singolo veicolo è di 48,5 secondi.

Il tutto si traduce in un livello di servizio D per l'intersezione, non accettabile ai fini di una buona circolazione.

Per i singoli rami di approccio il livello di servizio oscilla tra C ed F: il peggiore è sicuramente riferito a Via Voltattorni est con un grado di saturazione dello 0,98 ed un ritardo medio di 101 secondi, mentre migliora leggermente la situazione sugli altri rami con ritardi medi che si attestano tra i 40 ed i 55 secondi e gradi di saturazione oscillanti tra lo 0,40 e lo 0,70. I due rami principali, cioè quelli dell'asse di direttrice nord-sud, dove scorre la maggior parte del traffico, hanno il loro punto debole nelle svolte a sinistra da Viale Ulpiani e Via Togliatti verso Via Voltattorni che presentano un livello di servizio E ed un ritardo di 60-70 secondi. Tutti i disagi riscontrati sono causati, principalmente, dell'elevato tempo di ciclo semaforico e dall'inutilità, riscontrata in fase di analisi, della fase riservata esclusivamente all'attraversamento dei pedoni.

Per quanto riguarda la formazione delle code, sui rami di direttrice nord-sud, queste vengono "ammortizzate" dalla lunga fase associata a Via Togliatti e Viale Ulpiani con la volontà di privilegiare la viabilità in tale direzione, rispetto alle altre vie di accesso all'intersezione. Si nota, comunque, una situazione non equilibrata e sostanzialmente critica che necessita di sistemazione.

CAPITOLO 3

PROPOSTE D'INTERVENTO

3.1 IPOTESI ALTERNATIVE

L'analisi portata a termine nel capitolo precedente, ha evidenziato che la situazione attuale delle due intersezioni prese in esame, non è soddisfacente da un punto di vista funzionale specie nel caso dell'intersezione delle Moretti. L'elemento più evidente riscontrato è l'eccessiva lunghezza dei tempi di attesa per i veicoli provenienti da Via Moretti in entrambe le direzioni; ciò è dovuto alla volontà del progettista di privilegiare la circolazione sull'asse stradale principale, associando un maggior tempo di verde alla fase che ne permette il movimento. La conseguenza è di avere regolazioni troppo squilibrate a favore dell'asse di direttrice nord-sud, con livelli di servizio bassi per le vie afferenti, fatto riscontrabile in ambedue le intersezioni analizzate. Nel caso del Tribunale si riscontra inoltre, dai rilievi fatti, una durata

eccessiva del tempo di ciclo semaforico, dovuta alla lunga fase dedicata esclusivamente all'attraversamento dei pedoni che è risultato, invece, talmente scarso da non ritenerlo rilevante ai fini dello studio sullo stato di fatto dell'intersezione.

Si rende necessario allora un intervento volto a migliorare la qualità della circolazione, con l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni delle intersezioni che sorgono su un tracciato trafficato che costituisce una delle principali vie di scorrimento della città.

Generalmente la soluzione più immediata per migliorare la circolazione di un'intersezione è quella di intervenire sul sistema di controllo semaforizzato esistente: in pratica si mantiene la stessa configurazione geometrica, ma si cambia la temporizzazione delle fasi. Sarà quindi possibile sfruttare il file dell'HCS2000 Signals, utilizzato per l'analisi dello stato attuale, modificando il tempo del ciclo totale, il numero delle fasi e la loro durata. Si tratta dunque di un provvedimento di facile attuazione, veloce e poco costoso.

Soluzioni più impegnative e costose sono, invece, quelle che prevedono una riorganizzazione dell'intersezione anche dal punto di vista strutturale, quindi geometrico: in questo caso si va a modificare più o meno radicalmente l'intersezione fino ad arrivare alla costruzione di una rotatoria, che rappresenta (se ben dimensionata) la soluzione più drastica ma anche la più efficace per ottenere un netto e visibile miglioramento della circolazione locale. In questo caso ci verrà in aiuto il software SIDRA con le sue capacità di simulazione.

Le proposte che verranno mostrate hanno lo scopo principale di conferire un maggior equilibrio, in termini di regolazione semaforica o di nuova configurazione geometrica, cercando di lasciar intatta il più possibile l'esplicita e ragionevole volontà, riscontrata in fase di analisi, di privilegiare la viabilità lungo l'asse principale del tratto, quello di direttrice nord-sud, rispetto alle vie secondarie afferenti alle intersezioni analizzate.

Di seguito quindi, verranno proposte dal sottoscritto alternative per la modifica dell'attuale regolazione semaforica per le intersezioni delle Moretti e del Tribunale. Sarà inoltre analizzato il progetto di rotatoria dell'Ufficio Tecnico di San Benedetto del Tronto, a soppressione dell'attuale impianto semaforico per l'intersezione delle Moretti, ed eventualmente le modifiche necessarie per risultati non soddisfacenti.

3.2 IPOTESI DI NUOVA REGOLAZIONE SEMAFORICA

Come già anticipato, questo primo tipo di intervento risulta essere il più veloce e il meno costoso per ridurre i tempi di attesa dei veicoli al semaforo: si agisce sia direttamente sul tempo del ciclo totale (considerando un intervallo compreso tra i 60 ed i 100 secondi), che sul numero e sulla durata delle singole fasi, mantenendo così intatta la geometria dell'intersezione.

Quindi, per quanto possibile, si procede con questa metodologia per gli incroci delle Moretti e del Tribunale, valutando con il software HCS2000 se si ottiene un miglioramento del livello di servizio. Sarà sufficiente agire sui file relativi allo stato attuale lasciando immutati i parametri geometrici ed i flussi veicolari.

3.2.1 Nuova regolazione semaforica per l'intersezione delle Moretti

L'attuale tempo di ciclo di 84 secondi, con quattro fasi distinte, risulta essere troppo lunga; dalle prove effettuate con il software, si rende necessaria una modifica al numero, alla sequenza ed ai tempi delle fasi già esistenti per ottenere significativi miglioramenti del livello di servizio sull'intersezione interessata.

Per quanto riguarda le manovre possibili che si possono effettuare dai rami afferenti all'intersezione, si è deciso di mantenere la stessa configurazione attuale (v. Figura 13 e Figura 14 per i movimenti pedonali). Mentre dal punto di vista strutturale, è sufficiente eliminare i

parcheggi di Via Moretti dall'immediata prossimità dell'incrocio, che disturbano in qualche modo la circolazione. Si propone di accorpate le due fasi Eastbound e Westbound in un'unica fase e di aggiungere, alla prima delle quattro fasi già esistenti, la manovra di svolta a sinistra da parte dei veicoli provenienti da Viale De Gasperi, quindi destinati in via Moretti ovest verso la SS16 Adriatica. Questo è possibile in virtù degli scarsi flussi provenienti da Via Curzi che non andrebbero ad intralciare in modo significativo la manovra aggiunta.

Nella ripartizione del verde si è tenuto conto sia del volume di traffico che circola nei rami, dando più peso, ovvero più secondi, a quelli con flussi maggiori (Viale De Gasperi) che necessitano di più tempo per essere smaltiti, sia dell'attuale temporizzazione facendo le debite proporzioni.

Si è ritenuto opportuno, inoltre, modificare, rispettivamente a 1 e 5 secondi, i tempi di rosso e giallo al termine di ogni fase, nell'ipotesi di un eventuale inserimento di apparecchi per il controllo del rosso semaforico, quali T-Red o Vista-Red.

Per tutte le fasi, dunque, è prevista una temporizzazione differente da quella attuale; ne consegue un nuovo ciclo, a tre fasi complessive, di cui se ne mostra di seguito il diagramma della fasatura.

INTERSEZIONE MORETTI									
DIAGRAMMA FASATURA PROPOSTA									
RAMO/MOVIMENTO	FASE I			FASE II			FASE III		
Via Curzi									
Dritto + Svolta a DX e SX	V	G	R	R	R	R	R	R	R
Via Moretti (est)									
Dritto + Svolta a DX e SX	R	R	R	R	R	R	V	G	R
Viale De Gasperi									
Dritto + Svolta a DX e SX	V	V	V	V	G	R	R	R	R
Via Moretti (ovest)									
Dritto + Svolta a DX e SX	R	R	R	R	R	R	V	G	R
ATTRAVERSAMENTI PEDONALI									
Via Curzi	R	R	R	R	R	R	V	G	R
Via Moretti (est)	V	G	R	R	R	R	R	R	R
Viale De Gasperi	R	R	R	R	R	R	V	G	R
Via Moretti (ovest)	V	G	R	R	R	R	R	R	R
	20	5	1	7	5	1	25	5	1
	26			13			31		
TEMPO TOTALE DI CICLO	70								

Riportiamo, di seguito, l'output di risposta fornito dall'HCS2000 Signals, per osservare i valori ottenuti una volta inserite le necessarie modifiche:

Capitolo 3 - Proposte d'intervento

HCS2000™ DETAILED REPORT													
General Information						Site Information							
Analyst <i>Roberto Perotti</i>						Intersection <i>De Gasperi-Curzi/Moretti</i>							
Agency or Co.						Area Type <i>All other areas</i>							
Date Performed						Jurisdiction							
Time Period <i>Aprile</i>						Analysis Year <i>2009</i>							
						Project ID <i>proposta nuovo ciclo Moretti</i>							
Volume and Timing Input													
	EB			WB			NB			SB			
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	
Number of lanes, N_1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	
Lane group		LTR			LTR		L	TR		L	TR		
Volume, V (vph)	210	48	46	108	68	32	196	544	32	4	72	18	
% Heavy vehicles, %HV	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	
Peak-hour factor, PHF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Pretimed (P) or actuated (A)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
Start-up lost time, I_1		2.0			2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		
Extension of effective green, e		2.0			2.0		2.0	2.0		2.0	2.0		
Arrival type, AT		3			3		3	3		3	3		
Unit extension, UE		3.0			3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		
Filtering/metering, I		1.000			1.000		1.000	1.000		1.000	1.000		
Initial unmet demand, Q_b		0.0			0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		
Ped / Bike / RTOR volumes	60	12	0	90	15	0	28	52	0	40	20	0	
Lane width		3.0			3.0		3.0	3.0		3.0	3.0		
Parking / Grade / Parking	N	-1	N	N	1	N	N	0	N	N	3	N	
Parking maneuvers, N_m													
Buses stopping, N_B		0			0		0	0		0	0		
Min. time for pedestrians, G_p		3.5			3.7			3.3			3.4		
Phasing	EW Perm	02		03		04		NS Perm	NB Only		07		08
Timing	G = 25.0	G =	G =	G =	G =	G = 20.0	G = 7.0	G =	G =				
	Y = 60	Y =	Y =	Y =	Y =	Y = 60	Y = 60	Y =	Y =				
Duration of Analysis, T = 0.25							Cycle Length, C = 70.0						
Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination													
	EB			WB			NB			SB			
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	
Adjusted flow rate, v		304			208		196	576		4	90		
Lane group capacity, c		397			424		614	817		103	473		
v/c ratio, X		0.77			0.49		0.32	0.71		0.04	0.19		
Total green ratio, g/C		0.36			0.36		0.47	0.47		0.29	0.29		
Uniform delay, d_1		19.9			17.5		11.8	14.6		18.1	18.9		
Progression factor, PF		1.000			1.000		1.000	1.000		1.000	1.000		
Delay calibration, k		0.50			0.50		0.50	0.50		0.50	0.50		
Incremental delay, d_2		13.2			4.0		1.4	5.1		0.7	0.9		
Initial queue delay, d_3		0.0			0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		
Control delay		33.1			21.6		13.2	19.7		18.8	19.8		
Lane group LOS		C			C		B	B		B	B		
Approach delay		33.1			21.6			18.1			19.7		
Approach LOS		C			C			B			B		
Intersection delay		22.0			$X_c = 0.73$			Intersection LOS			C		

3.2 - Ipotesi di nuova regolazione semaforica

Facciamo ora un confronto tra la nuova regolazione proposta e lo stato attuale, prendendo in considerazione solo i parametri più significativi.

		MISURE PRESTAZIONI			VALUTAZIONE INTERSEZIONE	
		Grado di Saturaz.	Approach Delay (sec)	Livello di servizio	Intersection Delay (sec)	Livello di servizio
STATO ATTUALE	Viale De Gasperi	0,78	32,2	C	66,2	E
	Via Moretti est	1,11	133,0	F		
	Via Curzi	0,31	32,6	C		
	Via Moretti ovest	1,10	117,1	F		
NUOVO CICLO SEMAFOR.	Viale De Gasperi	0,71	18,1	B	22,0	C
	Via Moretti est	0,49	21,6	C		
	Via Curzi	0,19	19,7	B		
	Via Moretti ovest	0,77	33,1	C		

Dalla tabella appena riportata si possono notare immediatamente i notevoli benefici apportati dalla nuova regolazione. Dal punto di vista generale si ha il passaggio dal livello di servizio E ad un valore C, con un abbassamento del ritardo medio di attraversamento, per il generico veicolo, ad un terzo del precedente valore (da 66,2 a 22,0 secondi).

Relativamente all'efficienza dei singoli rami vengono messi in evidenza i miglioramenti più significativi: essi riguardano gli approcci di Via Moretti per i quali si ha una riduzione del ritardo di ben 111,4 secondi e di 84 secondi, rispettivamente per i rami est e ovest, ed un livello di servizio che passa da F a C. Si nota un miglioramento generale anche per gli altri rami, che registrano il passaggio del proprio livello funzionale da C a B.

Si tratta di un buon risultato ottenuto con sforzi e costi minimi. Vedremo in seguito se si otterrà un risultato migliore con l'introduzione della rotatoria prevista dal Comune.

3.2.2 Nuova regolazione semaforica per l'intersezione del Tribunale

Anche in questo caso si vuole tentare di migliorare la funzionalità dell'incrocio in oggetto modificandone l'attuale regolazione semaforica. Si propone di ridurre sia la durata totale del ciclo, attualmente di 120 secondi, che il numero delle fasi ad esso associate.

Per quanto riguarda le manovre possibili che si possono effettuare dai rami afferenti l'intersezione, si è deciso di mantenere la stessa configurazione attuale (v. Figura 13 e Figura 14 per i movimenti pedonali).

La proposta, dunque, prevede una netta riduzione del tempo di ciclo semaforico, con una nuova durata di 86 secondi contro i 120 attuali, ripartito tra tre delle quattro fasi già esistenti, modificandone anche la temporizzazione: viene rimossa praticamente la fase riservata all'esclusivo attraversamento, in contemporaneo, di tutti i pedoni che impegnano l'intersezione, ridistribuendo gli stessi movimenti tra le fasi già esistenti che in origine non ne prevedevano. Questo provvedimento è stato possibile in quanto, dai rilievi effettuati, si è riscontrato sul nodo uno scarso flusso pedonale il quale, nella maggior parte dei casi, usufruisce di fasi in cui tale movimento non è consentito.

Inoltre vengono consentite le svolte a sinistra, dalle direzioni principali, sin dalla prima fase, riservandogli poi ulteriori secondi per il definitivo smaltimento dei veicoli.

Nella ripartizione del verde si è tenuto conto sia del volume di traffico circolante, dando più peso ai rami con flussi maggiori (Via Togliatti e Viale Ulpiani) che necessitano di più tempo per essere smaltiti; sia dell'attuale temporizzazione facendo le debite proporzioni.

Anche in questo caso, si è ritenuto opportuno modificare, rispettivamente a 1 e 5 secondi, i tempi di rosso e giallo al termine di ogni fase per i motivi già esposti.

3.2 - Ipotesi di nuova regolazione semaforica

Per tutte le fasi, ricordiamo, è prevista una temporizzazione differente da quella attuale; ne consegue un nuovo ciclo, a tre fasi complessive, di cui se ne mostra di seguito il diagramma della fasatura.

INTERSEZIONE TRIBUNALE									
DIAGRAMMA FASATURA PROPOSTA									
RAMO/MOVIMENTO	FASE I			FASE II			FASE III		
Via Togliatti									
Dritto + Svolta a DX e SX	V	G	R	R	R	R	R	R	R
Svolta a SX	V	V	V	V	G	R	R	R	R
Via Voltattorni (est)									
Dritto + Svolta a DX e SX	R	R	R	R	R	R	V	G	R
Viale Ulpiani									
Dritto + Svolta a DX e SX	V	G	R	R	R	R	R	R	R
Svolta a SX	V	V	V	V	G	R	R	R	R
Via Voltattorni (ovest)									
Dritto + Svolta a DX e SX	R	R	R	R	R	R	V	G	R
ATTRAVERSAMENTI PEDONALI									
Via Togliatti	R	R	R	R	R	R	V	G	R
Via Voltattorni (est)	V	G	R	R	R	R	R	R	R
Viale Ulpiani	R	R	R	R	R	R	V	G	R
Via Voltattorni (ovest)	V	G	R	R	R	R	R	R	R
	39	5	1	4	5	1	25	5	1
	45			10			31		
TEMPO TOTALE DI CICLO	86								

Riportiamo, ora, l'output di risposta che ci viene fornito dall'HCS2000 Signals per osservare i valori ottenuti una volta inserite le necessarie modifiche:

Capitolo 3 - Proposte d'intervento

HCS2000™ DETAILED REPORT												
General Information						Site Information						
Analyst <i>Roberto Perotti</i>						Intersection <i>Tribunale</i>						
Agency or Co.						Area Type <i>All other areas</i>						
Date Performed <i>22/04/2009</i>						Jurisdiction						
Time Period						Analysis Year						
						Project ID <i>proposta nuovo cicloTribunale</i>						
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of lanes, N_l	0	1	0	0	1	0	1	2	0	1	2	0
Lane group	LTR			LTR			L	TR		L	TR	
Volume, V (vph)	50	70	62	122	94	20	86	662	84	50	460	36
% Heavy vehicles, %HV	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Peak-hour factor, PHF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pretimed (P) or actuated (A)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Start-up lost time, l_1		2.0			2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
Extension of effective green, e		2.0			2.0		2.0	2.0		2.0	2.0	
Arrival type, AT		3			3		3	3		3	3	
Unit extension, UE		3.0			3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Filtering/metering, I		1.000			1.000		1.000	1.000		1.000	1.000	
Initial unmet demand, Q_b		0.0			0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Ped / Bike / RTOR volumes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lane width		3.0			3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
Parking / Grade / Parking	N	-1	N	N	1	N	N	0	N	N	-1	N
Parking maneuvers, N_m												
Buses stopping, N_B		0			0		0	0		0	0	
Min. time for pedestrians, G_p	3.2			3.2			3.2			3.2		
Phasing	EW Perm	02	03	04	NS Perm	Excl. Left	07	08				
Timing	G = 25.0	G =	G =	G =	G = 39.0	G = 4.0	G =	G =				
	Y = 60	Y =	Y =	Y =	Y = 60	Y = 60	Y =	Y =				
Duration of Analysis, T = 0.25							Cycle Length, C = 86.0					
Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Adjusted flow rate, v		182			236		86	746		50	496	
Lane group capacity, c		426			372		556	1492		441	1508	
v/c ratio, X		0.43			0.63		0.15	0.50		0.11	0.33	
Total green ratio, g/C		0.29			0.29		0.57	0.45		0.57	0.45	
Uniform delay, d_1		24.7			26.5		9.8	16.6		12.2	15.1	
Progression factor, PF		1.000			1.000		1.000	1.000		1.000	1.000	
Delay calibration, k		0.50			0.50		0.50	0.50		0.50	0.50	
Incremental delay, d_2		3.1			8.0		0.6	1.2		0.5	0.6	
Initial queue delay, d_3		0.0			0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Control delay		27.8			34.5		10.4	17.8		12.7	15.7	
Lane group LOS		C			C		B	B		B	B	
Approach delay	27.8			34.5			17.0			15.4		
Approach LOS	C			C			B			B		
Intersection delay	19.9			$X_c = 0.48$			Intersection LOS			B		

3.2 - Ipotesi di nuova regolazione semaforica

Viene fatto, di seguito, un confronto tra la nuova regolazione proposta e lo stato attuale, prendendo in considerazione solo i parametri più significativi.

		MISURE PRESTAZIONI			VALUTAZIONE INTERSEZIONE	
		Grado di Saturaz.	Approach Delay (sec)	Livello di servizio	Intersection Delay (sec)	Livello di servizio
STATO ATTUALE	Via Togliatti	0,68	41,4	D	48,5	D
	Via Voltattorni est	0,98	101,3	F		
	Viale Ulpiani	0,45	35,0	D		
	Via Voltattorni ovest	0,62	52,7	D		
NUOVO CICLO SEMAFOR.	Via Togliatti	0,50	17,0	B	19,9	B
	Via Voltattorni est	0,63	34,5	C		
	Viale Ulpiani	0,33	15,4	B		
	Via Voltattorni ovest	0,43	27,8	C		

Anche in questo caso, dalla tabella, si notano immediatamente i grandi benefici apportati, a tutti i rami della intersezione, dalla nuova regolazione. Dal punto di vista generale, si ha un passaggio dal livello di servizio D ad un valore B, con un ritardo medio di attraversamento per il generico veicolo che risulta essere notevolmente ridotto (da 48,5 a 19,9 secondi).

Per l'efficienza dei singoli rami è stato messo in evidenza il miglioramento più significativo: riguarda il flusso proveniente da Via Voltattorni est, per il quale si ha una riduzione del ritardo di circa 67 secondi, con un livello di servizio che passa da F a C. Si nota inoltre, un sensibile miglioramento per tutti gli altri rami, con un più che dimezzato ritardo soprattutto per quanto riguarda Via Togliatti e Viale Ulpiani. Si rafforza ulteriormente la volontà di favorire le manovre di attraversamento per i flussi dei due rami di approccio principali, che sono quelli appena menzionati.

Si tratta quindi, di un ottimo risultato ottenuto con sforzi e costi minimi.

3.3 IPOTESI DI NUOVA CONFIGURAZIONE GEOMETRICA. ROTATORIE

3.3.1 Considerazioni generali

Precedentemente si sono visti i benefici che una modifica della regolazione semaforica può apportare all'efficienza di un'intersezione. Tuttavia ricorrere a questa soluzione dovrebbe essere non auspicabile. Regolare un'intersezione con il sistema semaforico si mostra una comoda alternativa, ma inevitabilmente comporta una riduzione del numero di veicoli che transitano l'incrocio in un determinato intervallo temporale. Infatti un ramo di approccio, ad una qualunque intersezione, possiede un determinato flusso di saturazione, ossia il numero massimo di veicoli che possono transitare attraverso una sezione del ramo stesso in un certo intervallo di tempo (uguale ad 1 ora) ed in condizioni di traffico ininterrotto: inserendo un semaforo su quel ramo ne riduciamo, in relazione al tempo di rosso, il passaggio dei veicoli e questo porta ad un abbassamento della capacità dell'approccio stesso. In sintesi con il semaforo si riduce il numero di veicoli che transitano in un dato periodo di riferimento. Quindi, ricorrere ad una regolazione semaforica dovrebbe essere l'ultima cosa da fare, per quanto appena detto. Ecco allora che si devono trovare, quando possibili, alternative progettuali al semaforo.

Una soluzione, di difficile attuazione per via dei maggiori costi ed elevati tempi di realizzazione, è quella di riorganizzare le nostre intersezioni da un punto di vista geometrico e strutturale, intervenendo sull'attuale configurazione tramite la realizzazione di rotatorie dove possibile, in rapporto allo spazio fisico che si ha a disposizione.

Questi tipi di interventi sono indubbiamente più impegnativi e richiedono lavori sul posto che possono creare problemi temporanei alla circolazione. In genere però, se accuratamente progettati con alla base

rilievi del traffico attendibili, a modifica ultimata si riscontra un notevole miglioramento del livello di servizio.

La classica soluzione per smaltire il traffico di un intersezione è quindi la rotatoria, con tutti i vantaggi e svantaggi che un suo inserimento comporta.

Analizzeremo e valuteremo in seguito la proposta comunale di rotatoria per l'intersezione delle Moretti (progetto dell'Ufficio Tecnico Comunale), illustrando prima i cambiamenti geometrici necessari per una sua attuazione, poi valutando il nuovo grado di efficienza raggiunto, tramite l'ausilio del software SIDRA.

3.3.2 Rotatoria delle Moretti (proposta Comunale)

a) Requisiti geometrici

Per poter progettare e realizzare una rotatoria in sostituzione ad una normale intersezione semaforizzata, la prima cosa da fare è conoscere lo spazio che si ha a disposizione in modo da poterla dimensionare nel miglior modo possibile.

A tal proposito viene riportata a pagina seguente, Figura 22, una planimetria di zona della nostra intersezione, evidenziando con un cerchio rosso la proposta di rotatoria che tratteremo di seguito.

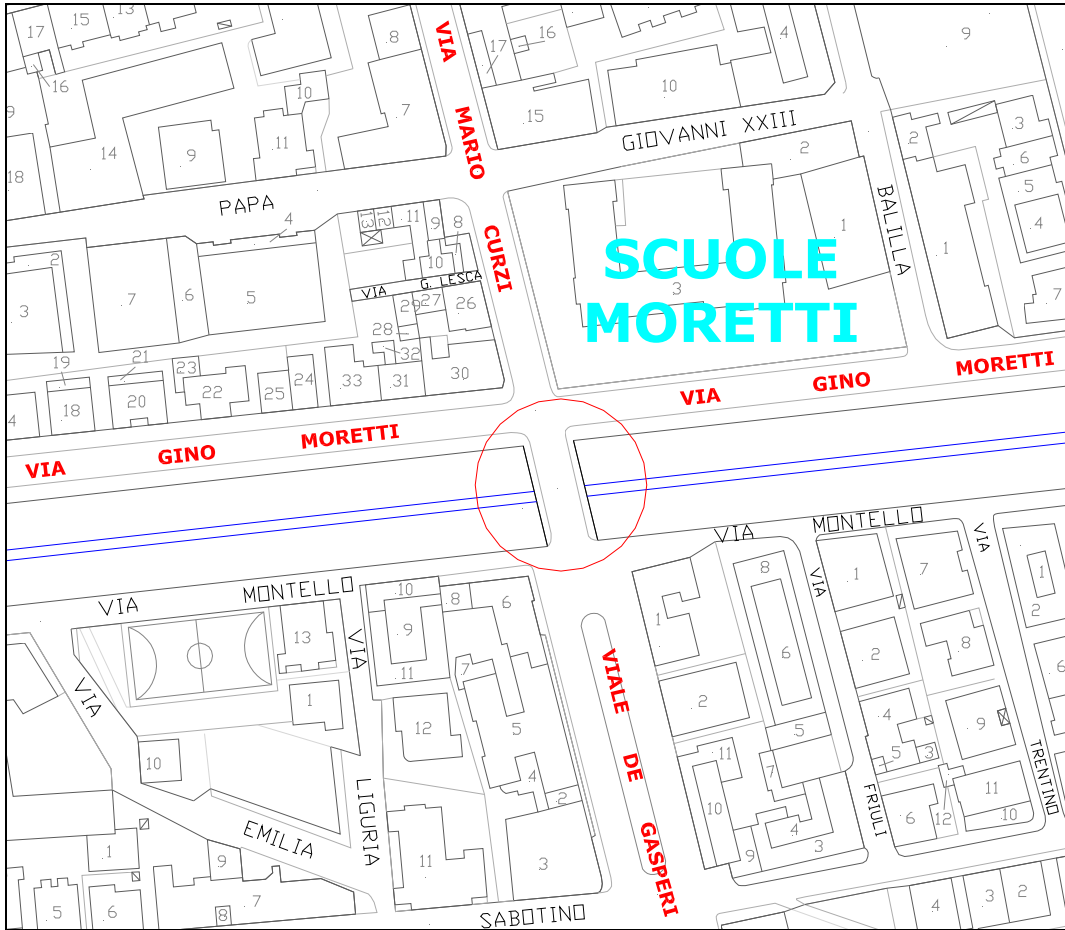


Figura 22. Intersezione delle Moretti. Planimetria con rotatoria

Dalla planimetria mostrata, è possibile notare la singolare posizione che la rotatoria andrebbe ad occupare, ovvero sopra il già citato torrente Albula. Per il suo inserimento, considerando che il diametro massimo è di 35 metri (come si evince in figura), sarà necessario sfruttare parte dello spazio occupato dal canale stesso che attraversa tale zona; quindi sia sul lato ovest che sul lato est saranno necessari opportuni lavori di ampliamento dell'impalcato già esistente per l'attraversamento del torrente.

A tal proposito si cercherà di mantenere il più possibile intatti i marciapiedi esistenti, allargandoli o restringendoli a seconda delle necessità.

3.3 - Ipotesi di nuova configurazione geometrica. Rotatorie

Proprio questa soluzione, è stata adottata di recente dall'Ufficio Tecnico di San Benedetto del Tronto. Infatti è in via di approvazione una proposta progettuale di rotatorie, di cui ne mostriamo l'elaborato grafico in Figura 23, per la soppressione di ben due impianti semaforici, entrambi lungo Via Moretti.

Tale attuazione, come vedremo, andrebbe a modificare radicalmente ed in positivo la circolazione sul tratto interessato che ricordiamo essere situato in un punto nevralgico della città, in prossimità del centro cittadino.

Dalla Figura 23, quindi, si individua la modifica di nostro interesse, denominata "Rotatoria 2", che prevede la rimozione dell'impianto semaforico dell'intersezione Moretti precedentemente analizzato; inoltre si nota un'ulteriore modifica sul proseguimento di Via Moretti in prossimità della SS 16 Adriatica, definita "Rotatoria 1".

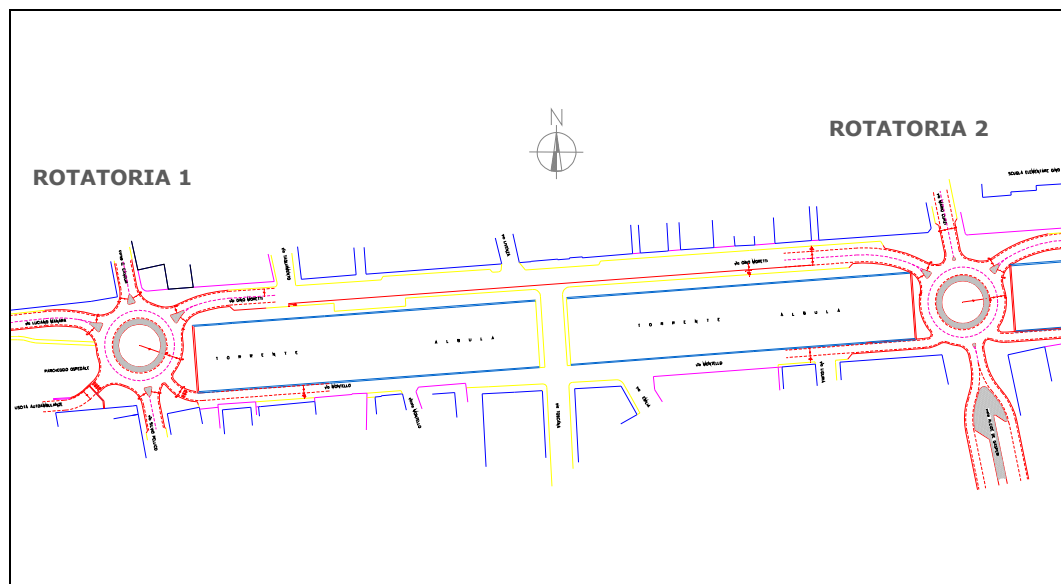


Figura 23. Proposta comunale di rotatorie

Si passa ora ad analizzare nel dettaglio le caratteristiche geometriche della "Rotatoria 2", passo necessario per la valutazione dell'eventuale miglioramento apportato alla circolazione dalla realizzazione di tale progetto. Quindi si farà un confronto con la situazione attuale.

Con questo proposito si riporta nella figura seguente il particolare della rotatoria di nostro interesse, e una tabella che ne riassume le caratteristiche geometriche principali.

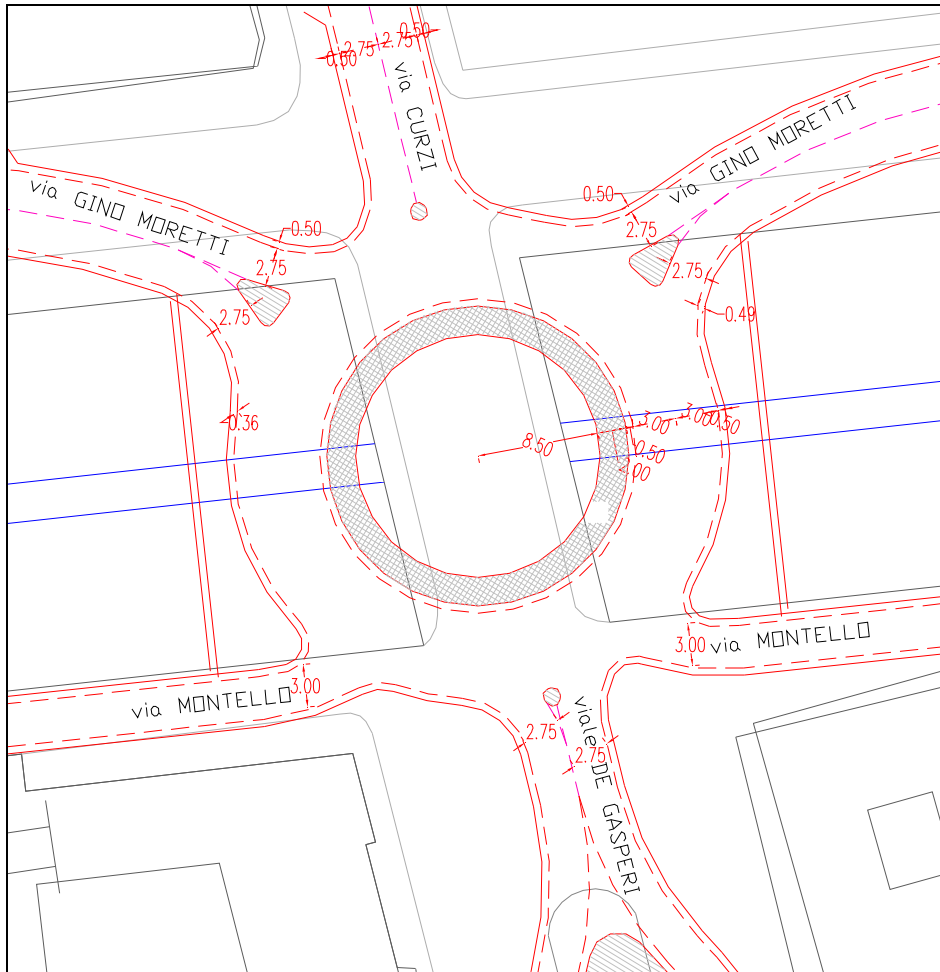


Figura 24. Rotatoria Moretti Comunale. Particolare planimetrico

CARATTERISTICHE ROTATORIA	
Diametro esterno	35 m
Diametro isola centrale	17 m
Larghezza fascia valicabile	2 m
Larghezza dell'anello	7 m
Numero di corsie nell'anello	2

Dalla Figura 24 si nota che, oltre alle vie che danno origine all'intersezione Moretti e che già conosciamo (Viale De Gasperi, Via

3.3 - Ipotesi di nuova configurazione geometrica. Rotatorie

Moretti e Via Curzi), viene convogliata nel progetto di rotatoria anche Via Montello con due rami in approccio: rispettivamente quello ad ovest in ingresso e quello ad est in uscita dalla rotatoria. Tale via altro non è che una piccola strada di quartiere a senso unico attualmente molto poco utilizzata, se non dai residenti del posto.

La nuova configurazione proposta oltre a mutare la struttura dell'intersezione, modifica anche le caratteristiche geometriche dei rami in approccio alla rotatoria, i quali presentano tutti una singola corsia di ingresso ed una in uscita, ad eccezione di Via Montello che risulta a senso unico, come detto in precedenza. Le dimensioni delle corsie possono essere desunte dalla Figura 24, mentre di seguito si riportano, in Tabella 12, tutti i dati necessari per l'analisi che seguirà con l'ausilio del software SIDRA.

Per le corsie si farà riferimento a larghezze complessive di banchine presenti ai loro lati.

Tabella 12. Rotatoria Moretti. Caratteristiche geometriche rami

Nome Strada	Tipo di Strada	Pendenza	Corsie in ingresso		Corsie in uscita	
			N	Largh. (cm)	N	Largh. (cm)
Viale De Gasperi	Strada di quartiere	0%	1	300	1	300
Via Moretti (est)	Strada di quartiere	+1%	1	300	1	300
Via Curzi	Strada di quartiere	+3%	1	300	1	300
Via Moretti (ovest)	Strada di quartiere	-1%	1	300	1	300
Vai Montello (est)	Strada di quartiere	0%	0	0	1	300
Vai Montello (ovest)	Strada di quartiere	0%	1	300	0	0

Per quanto riguarda gli attraversamenti pedonali verrebbero spostati più a monte della rotatoria per tutte le vie confluenti nella stessa.

Infine, particolare attenzione merita il *raggio di deflessione*, caratteristica geometrica essenziale per valutare la velocità dei veicoli che usano la rotatoria. Infatti uno degli scopi principali di una rotatoria è controllare la velocità dei veicoli che attraversano l'incrocio: quindi è essenziale impedire velocità superiori a quelle di progetto. L'obiettivo è di fissare un limite massimo di 40-50 km/h per le manovre più dirette.

Quando si parla di manovra più diretta ci si riferisce alla traiettoria del veicolo più veloce: definiamo quindi, la deflessione della traiettoria come il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 metri dal bordo dell'isola centrale ed a 2,00 metri dal ciglio delle corsie di entrata ed uscita.

In pratica, per mantenere la velocità al di sotto dei 40-50 km/h e avere quindi una circolazione in condizioni di sicurezza, tale raggio non deve essere superiore agli 80-100 metri.

Consideriamo, in Figura 25, il caso di maggior frequenza, ossia dei veicoli che attraversano la rotatoria da sud verso nord (quindi provenienti da Viale De Gasperi) e valutiamone il raggio di deflessione considerando, nella traiettoria del veicolo più veloce, anche la possibilità di utilizzo della fascia valicabile.

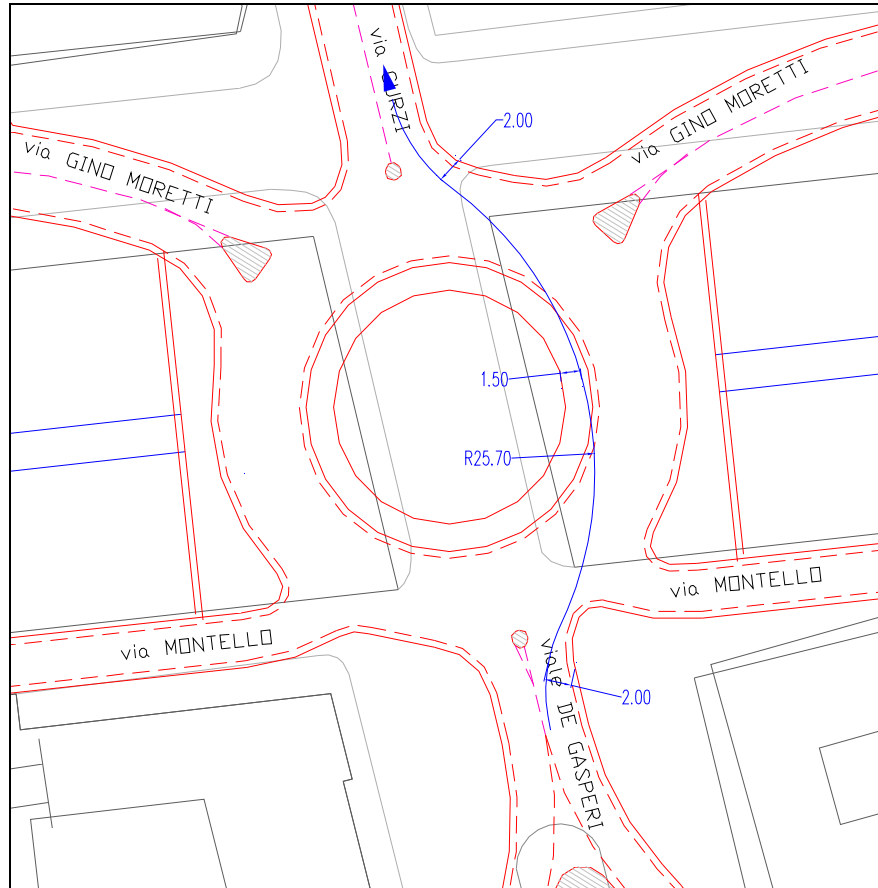


Figura 25. Rotatoria Moretti Comunale. Raggio di deflessione

Dai dati riportati, si nota come il raggio di deflessione rilevato, con i suoi 25,70 metri, rientra notevolmente entro i limiti di sicurezza precedentemente fissati (80-100 metri). La conseguenza è quella di garantire velocità molto basse, a vantaggio della sicurezza circolatoria, in relazione al fatto che il tratto stradale in oggetto attraversa il cuore del centro cittadino.

b) Stima delle condizioni di flusso

Si andrà ora a valutare se la proposta Comunale di rotatoria, precedentemente descritta in tutte le sue parti, apporti migliorie o meno alle condizioni circolatorie, rispetto sia all'attuale impianto semaforico che alla proposta di modifica del ciclo semaforico già analizzata.

Al tale scopo verrà adoperato il valido software SIDRA, capace di realizzare una simulazione attendibile riguardo il funzionamento della rotatoria, la quale viene rappresentata così come illustrato nella figura seguente.

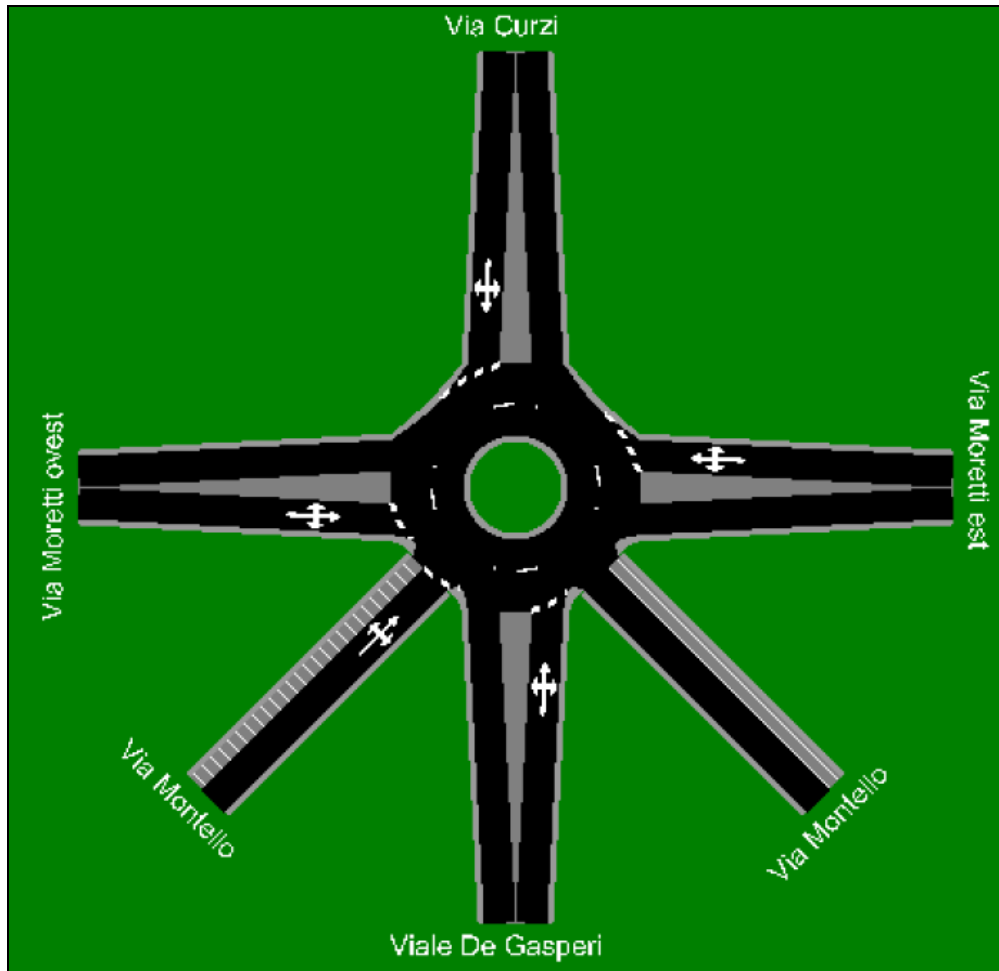


Figura 26. Rotatoria Moretti Comunale. Schematizzazione

Tale rappresentazione è piuttosto grezza ed approssimata, ma presenta bene le caratteristiche geometriche principali quali, il numero dei rami in approccio e le rispettive corsie in ingresso ed in uscita.

Per quanto riguarda, invece, i flussi che usufruiscono della rotatoria si utilizzano gli stessi rilevati durante l'analisi dell'intersezione semaforizzata, essendo rimaste invariate tutte le manovre possibili dai rami afferenti.

3.3 - Ipotesi di nuova configurazione geometrica. Rotatorie

La sola aggiunta apportata è quella relativa al tasso di flusso in ingresso da Via Montello ovest relativo al quarto d'ora di punta, risultato comunque molto scarso (in tutto 23 veicoli/ora). Le motivazioni sono da ricercarsi nell'utilizzo della stessa via, quasi esclusivamente da parte degli abitanti della zona. Non si esclude comunque, in futuro, un aumento delle autovetture che usufruiranno di questa strada con l'eventuale realizzazione della rotatoria.

In base ai volumi di traffico rilevati in fase iniziale, il programma calcola per ogni ramo il flusso che entra, quello che esce ed il flusso circolante di interferenza per i veicoli in ingresso alla rotatoria.

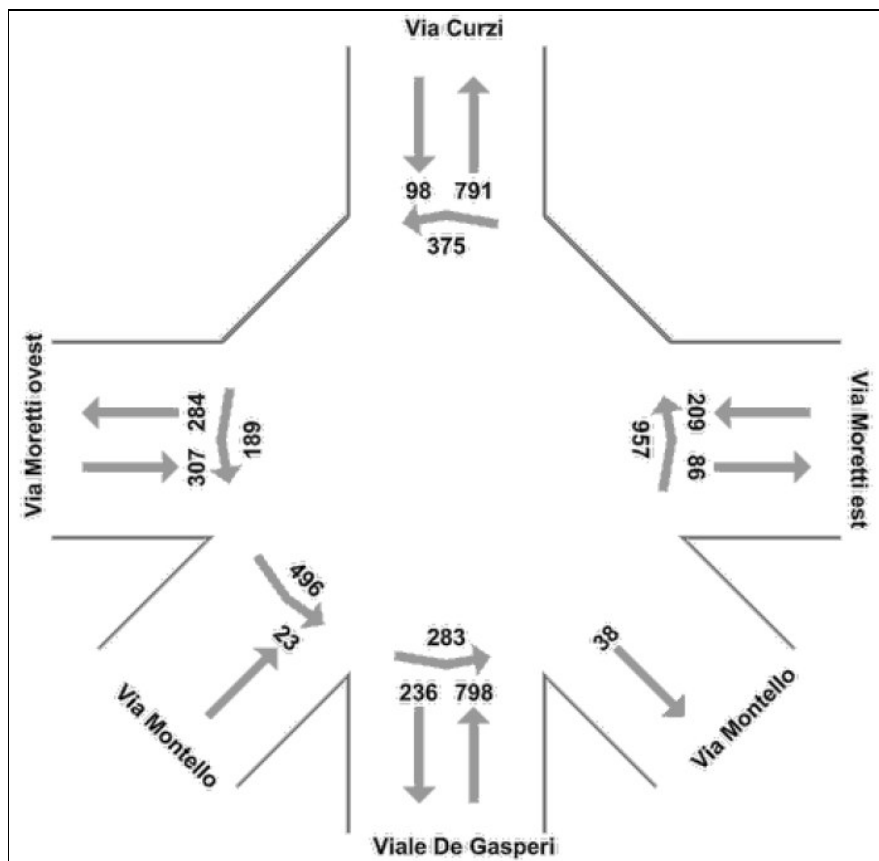


Figura 27. Rotatoria Moretti Comunale. Tassi di flusso circolanti

Immettendo i nuovi dati nel SIDRA si verifica se l'ipotesi progettuale è plausibile e se apporta effettivi miglioramenti a livello funzionale. Mostriamo le principali schermate di output relative a:

- Capacità
- Grado di saturazione
- Ritardo medio
- Livello di servizio
- Lunghezza delle code

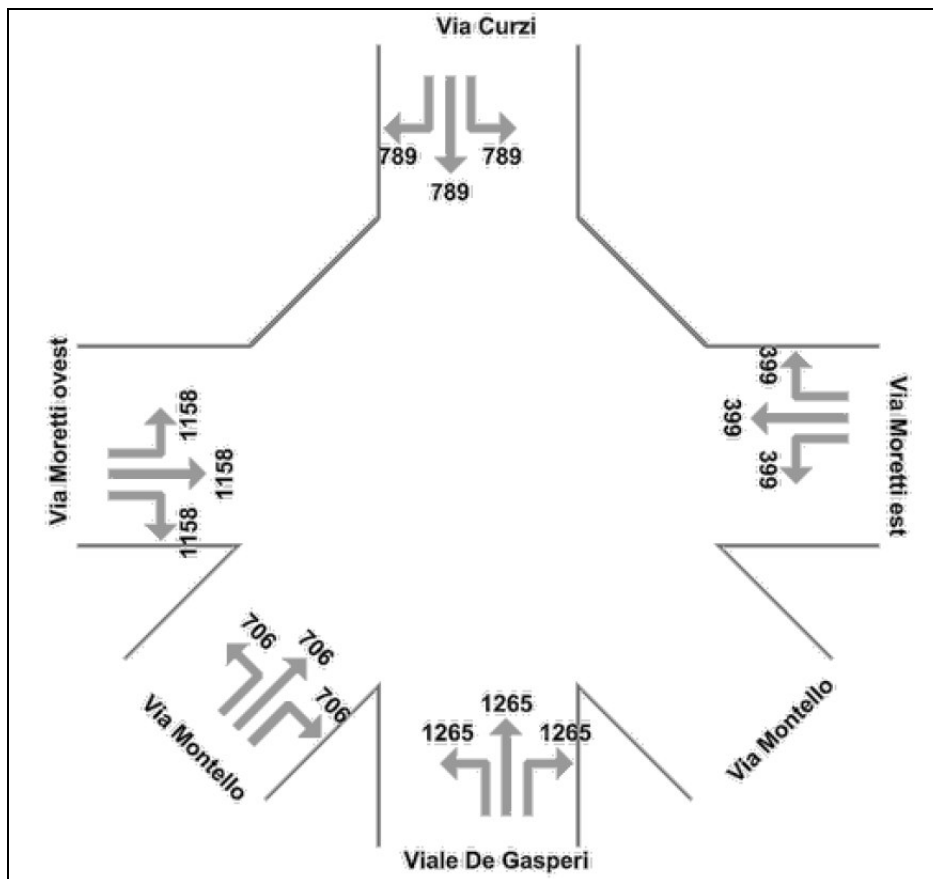


Figura 28. Rotatoria Moretti Comunale. Capacità

3.3 - Ipotesi di nuova configurazione geometrica. Rotatorie

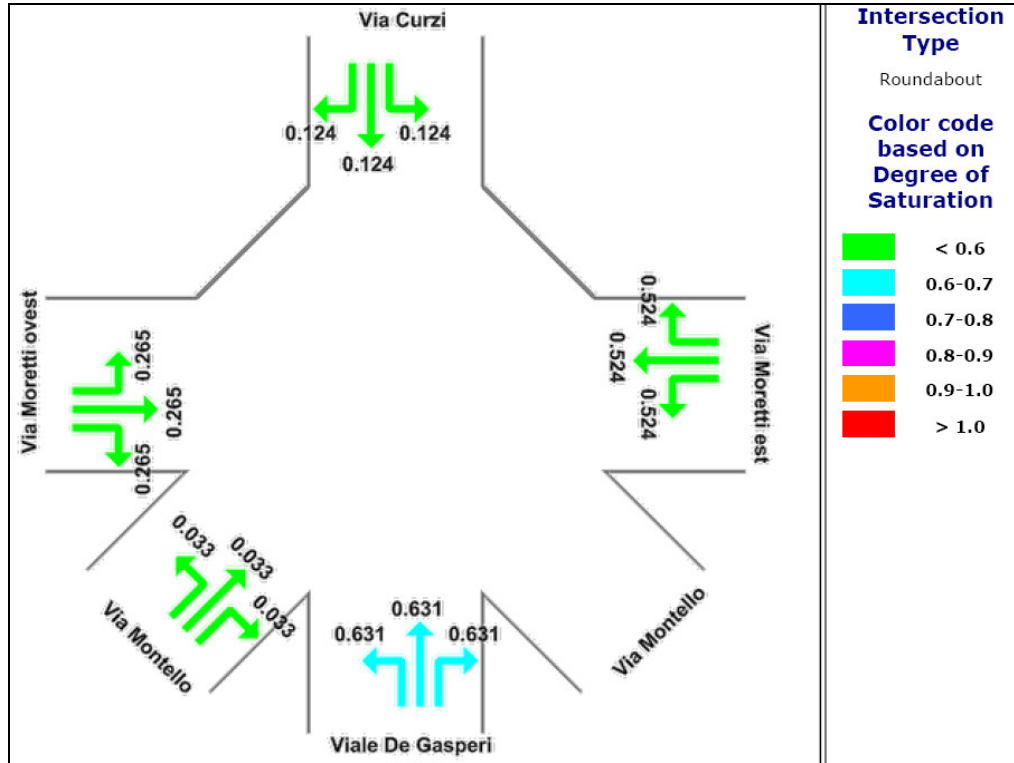


Figura 29. Rotatoria Moretti Comunale. Grado di saturazione

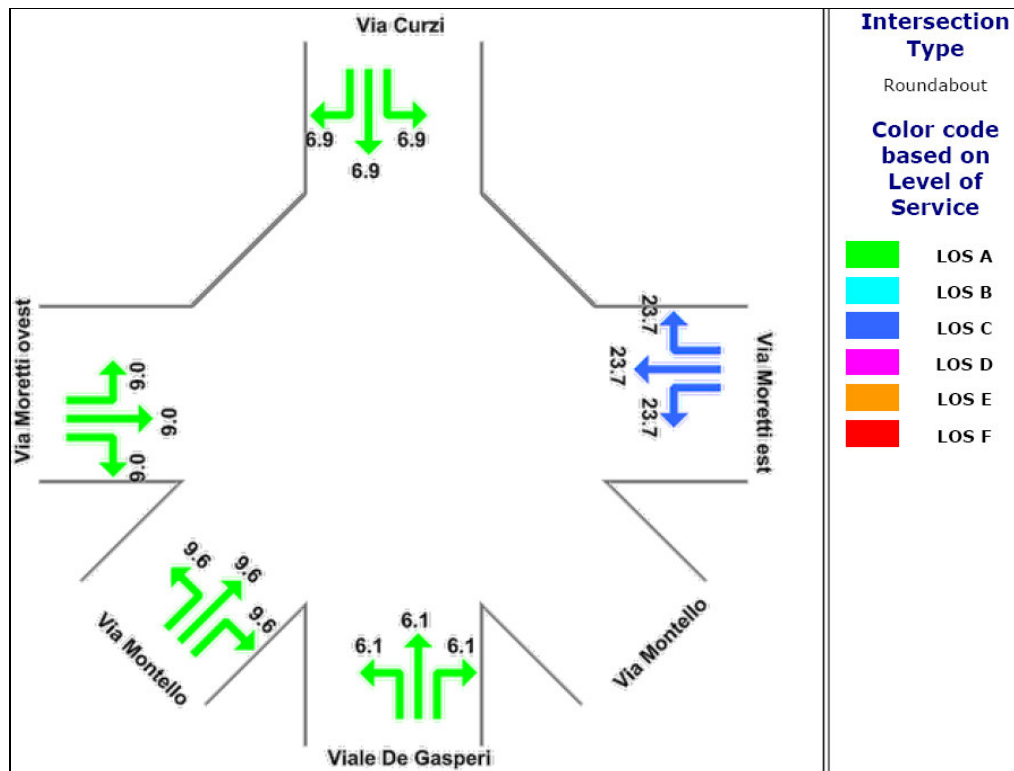


Figura 30. Rotatoria Moretti Comunale. Ritardo medio

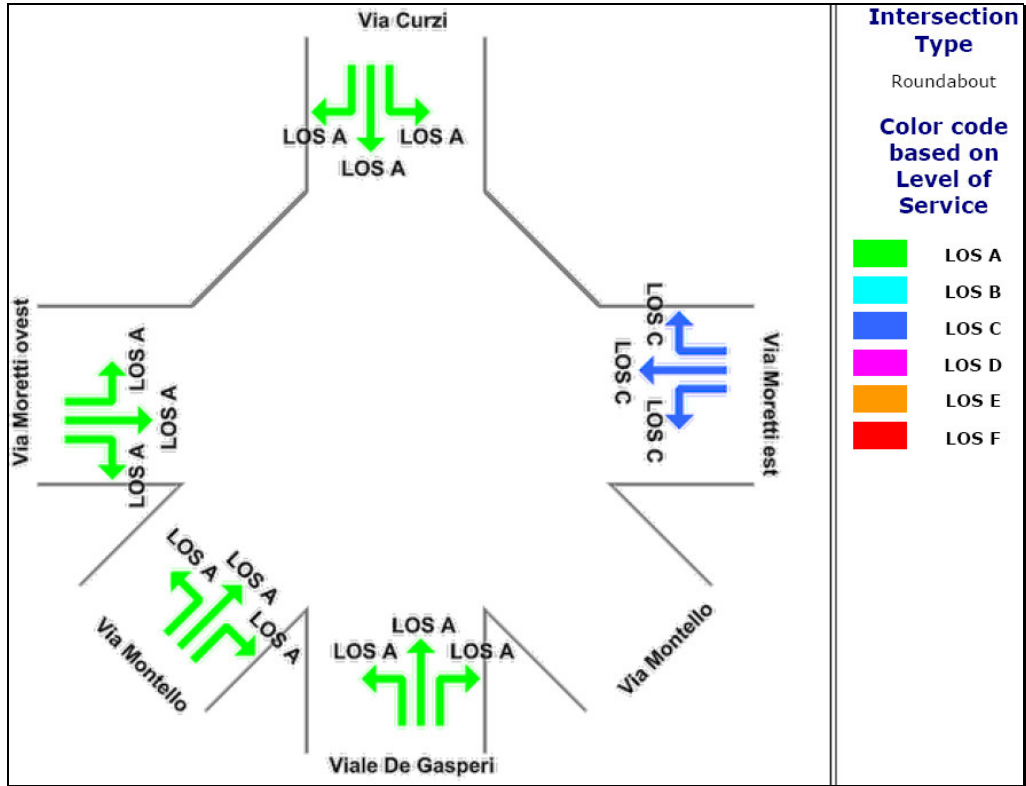


Figura 31. Rotatoria Moretti Comunale. Livello di servizio

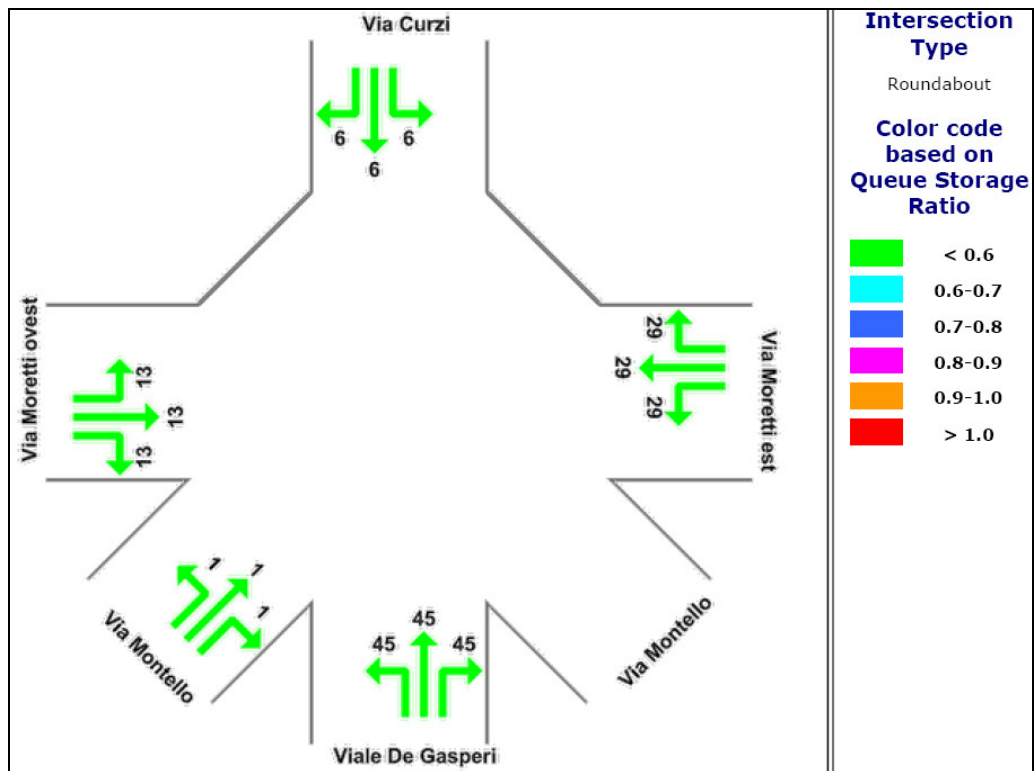


Figura 32. Rotatoria Moretti Comunale. Lunghezza code (metri)

3.3 - Ipotesi di nuova configurazione geometrica. Rotatorie

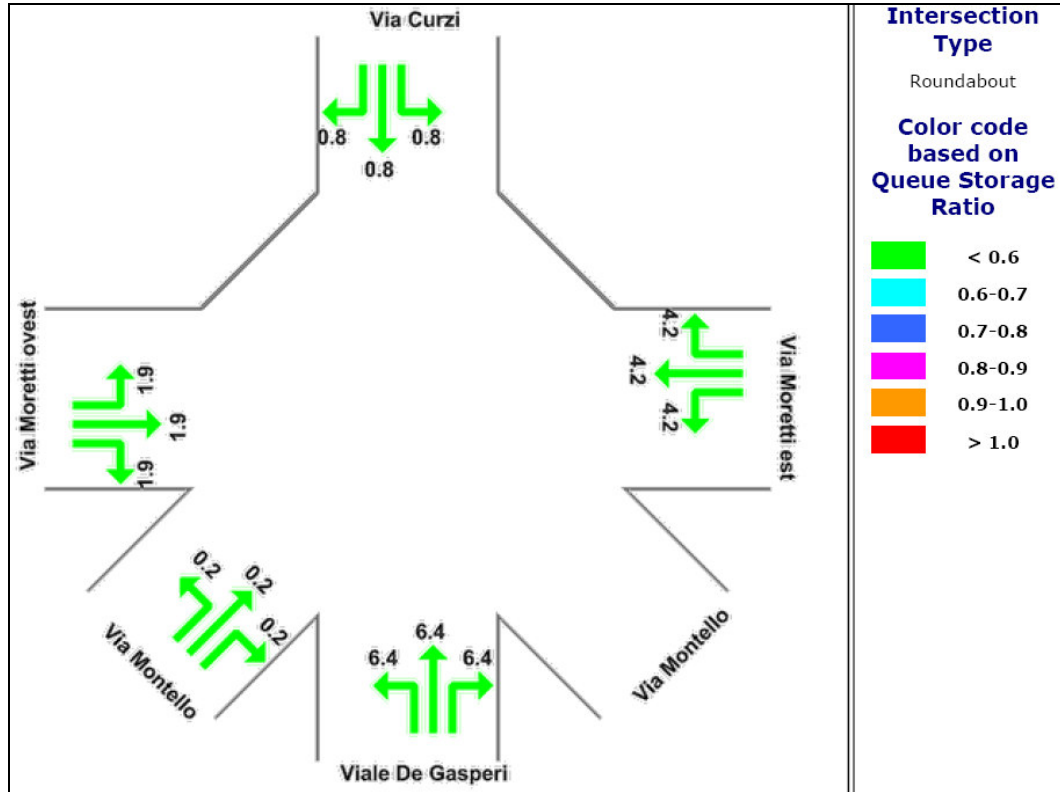


Figura 33. Rotatoria Moretti Comunale. Lunghezza code (veicoli)

Di seguito vengono illustrati i risultati in forma tabellare circa le prestazioni dei singoli rami (Movement Summary) e dell'intera intersezione (Intersection Summary).

Movement Summary



Rotatoria Moretti

Roundabout

Vehicle Movements

Mov No	Turn	Dem Flow (veh/h)	Cap (veh/h)	Deg of Satn (v/c)	Aver Delay (sec)	Level of Service	95% Back of Queue (m)	Eff. Stop Rate	Aver Speed (km/h)	Oper Cost (\$/h)
Viale De Gasperi										
1	L	196	1265	0.631	6.1	LOS A	45	0.53	42.4	292
1	T	544	1265	0.631	6.1	LOS A	45	0.53	42.4	292
1	R	58	1265	0.631	6.1	LOS A	45	0.53	42.4	292
Approach		798	1265	0.631	6.1	LOS A	45	0.53	42.4	292
Via Moretti est										
4	L	109	399	0.524	23.7	LOS C	29	1.08	32.1	99
4	T	68	399	0.524	23.7	LOS C	29	1.08	32.1	99
4	R	32	399	0.524	23.7	LOS C	29	1.08	32.1	99
Approach		209	399	0.524	23.7	LOS C	29	1.08	32.1	99
Via Curzi										
7	L	4	789	0.124	6.9	LOS A	6	0.58	42.6	36
7	T	76	789	0.124	6.9	LOS A	6	0.58	42.6	36
7	R	18	789	0.124	6.9	LOS A	6	0.58	42.6	36
Approach		98	789	0.124	6.9	LOS A	6	0.58	42.6	36
Via Moretti ovest										
10	L	210	1158	0.265	9.0	LOS A	13	0.59	40.8	117
10	T	51	1158	0.265	9.0	LOS A	13	0.59	40.8	117
10	R	46	1158	0.265	9.0	LOS A	13	0.59	40.8	117
Approach		307	1158	0.265	9.0	LOS A	13	0.59	40.8	117
Via Montello										
30	L	2	706	0.033	9.6	LOS A	1	0.63	40.7	9
30	T	7	706	0.033	9.6	LOS A	1	0.63	40.7	9
30	R	14	706	0.033	9.6	LOS A	1	0.63	40.7	9
Approach		23	706	0.033	9.6	LOS A	1	0.63	40.7	9
All Vehicles		1435	4316	0.631	9.4	LOS A	45	0.63	40.2	553

E' subito evidente il netto miglioramento sul livello funzionale di ogni singolo ramo interessato dalla rotatoria; risulta meno sensibile, rispetto alla media, quello di Via Moretti est, che presenta comunque progressi, come si nota dal confronto a pagina seguente, rispetto al valore riscontrato con l'attuale impianto semaforico.

3.3 - Ipotesi di nuova configurazione geometrica. Rotatorie

Questa la tabella riassuntiva per l'intersezione nel suo complesso.

Intersection Summary



Rotatoria Moretti

Performance Measure	Vehicles	Persons
Demand Flow	1435 veh/h	2153 pers/h
Degree of Saturation	0.631	
Capacity (Total)	4316 veh/h	
95% Back of Queue (m)	45 m	
95% Back of Queue (veh)	6.4 veh	
Control Delay (Total)	3.74 veh-h/h	5.61 pers-h/h
Control Delay (Average)	9.4 s/veh	9.4 s/pers
Level of Service	LOS A	
Level of Service (Worst Movement)	LOS C	
Total Effective Stops	900 veh/h	1350 pers/h
Effective Stop Rate	0.63 per veh	0.63 per pers
Travel Distance (Total)	846.0 veh-km/h	1269.1 pers-km/h
Travel Distance (Average)	590 m	590 m
Travel Time (Total)	21.1 veh-h/h	31.6 pers-h/h
Travel Time (Average)	52.9 secs	52.9 secs
Travel Speed	40.2 km/h	40.2 km/h
Operating Cost (Total)	553 \$/h	553 \$/h
Fuel Consumption (Total)	90.7 L/h	
Carbon Dioxide (Total)	226.7 kg/h	
Hydrocarbons (Total)	0.359 kg/h	
Carbon Monoxide (Total)	15.41 kg/h	
NOX (Total)	0.489 kg/h	

Facciamo, quindi, il confronto tra la nuova proposta e lo stato attuale, prendendo in considerazione solo i parametri più significativi.

		MISURE PRESTAZIONI			VALUTAZIONE INTERSEZIONE	
		Grado di Saturaz.	Approach Delay (sec)	Livello di servizio	Intersection Delay (sec)	Livello di servizio
STATO ATTUALE	Viale De Gasperi	0,77	31,9	C	65,8	E
	Via Moretti est	1,11	133,0	F		
	Via Curzi	0,26	30,0	C		
	Via Moretti ovest	1,10	117,1	F		
PROGETTO ROTATORIA COMUNALE	Viale De Gasperi	0,63	6,10	A	9,4	A
	Via Moretti est	0,52	23,7	C		
	Via Curzi	0,12	6,90	A		
	Via Moretti ovest	0,27	9,00	A		

Dalla tabella appena riportata si ha, quindi, una conferma dei grandissimi benefici che, l'ipotetica nuova configurazione geometrica di rotatoria proposta dall'Ente Comunale, apporterebbe sulle condizioni circolatorie dell'intersezione. Infatti, dal punto di vista generale, si ha il passaggio da un livello di servizio E ad un valore A, che rappresenta la condizione ottimale riguardo l'efficienza di circolazione di un incrocio, con un ritardo medio di attraversamento per il generico veicolo ridotto esattamente di 7 volte (da 65,8 a 9,4).

Risultato, questo, eccezionale alla luce sia delle attuali condizioni di traffico, sia di quanto si otterrebbe con la proposta di nuovo ciclo semaforico precedentemente fatta che, pur migliorando la situazione, non è paragonabile a tale soluzione.

Per l'efficienza dei singoli rami, come già anticipato, rimane il "neo" di Via Moretti est che, comunque, si attesta ad un livello di servizio C, da F dello stato attuale, del tutto accettabile. Tutti gli altri rami di approccio compresa Via Montello, che non compare in tabella in quanto non presente nella vigente configurazione, sono caratterizzati da una condizione circolatoria ideale con livello di servizio A. In particolare si nota, come evidenziato, che il miglioramento più significativo riguarda il flusso proveniente da Via Moretti ovest per il quale si ha una riduzione del ritardo di ben 108 secondi, con un livello di servizio che passa da F a A.

In conclusione, dallo studio effettuato, si riscontra che la proposta di rotatoria dell'Ufficio Tecnico Comunale, in sostituzione all'attuale impianto semaforico dell'intersezione Moretti, si rivela una validissima alternativa da tenere in considerazione per una migliore gestione del traffico in questa zona della città, particolarmente nevralgica, che quindi necessita di tali interventi.

3.4 CONCLUSIONI FINALI

L'analisi qualitativa effettuata, alla ricerca di eventuali anomalie funzionali sul tratto stradale urbano di San Benedetto del Tronto oggetto del nostro studio, ha rivelato una situazione nel complesso non soddisfacente.

Sull'asse stradale interessato sono state scelte le intersezioni di maggior influenza, quindi ne sono state analizzate le caratteristiche circolatorie e formulate le possibili modifiche allo scopo di migliorarne la situazione attuale, là dove necessario.

In particolare, sono state prima analizzate le situazioni presenti per le due intersezioni del tratto maggiormente penalizzate, ovvero quelle delle Moretti e del Tribunale, dopo di che sono state elaborate e valutate le diverse proposte alternative per gli stessi nodi viari.

Inoltre, è sembrato opportuno tenere in considerazione l'ulteriore disagio arrecato alla circolazione stradale, dall'importante zona di attraversamento pedonale, situata a nord dell'incrocio Moretti, dove Via Curzi interseca il corso pedonale di Viale Secondo Moretti. Ivi, si è ritenuta idonea la proposta di regolarizzare il nodo con l'introduzione di un impianto semaforico pedonale, ben coordinato con il tratto, a causa del numeroso ed irregolare movimento di pedoni attualmente esistente.

Si ricorda che, le stime effettuate escludono situazioni particolari dovute al periodo estivo, riferendoci alla fase temporale invernale definita "normale" in termini di circolazione.

Si riporta un quadro generale in forma tabellare, riassuntivo dello studio effettuato, per avere una complessiva visione e valutazione dei risultati riscontrati durante le analisi.

Ecco, per l'intersezione delle Moretti, una tabella esplicativa con tutte le soluzioni proposte ed analizzate, messe in comparazione con lo stato attuale adottando come parametri di confronto i dati più significativi.

INTERSEZIONE MORETTI						
		MISURE PRESTAZIONI			VALUTAZIONE INTERSEZIONE	
		Grado di Saturaz.	Approach Delay (sec)	Livello di servizio	Intersection Delay (sec)	Livello di servizio
STATO ATTUALE	Viale De Gasperi	0,77	31,9	C	65,8	E
	Via Moretti est	1,11	133,0	F		
	Via Curzi	0,26	30,0	C		
	Via Moretti ovest	1,10	117,1	F		
NUOVO CICLO SEMAFORICO	Viale De Gasperi	0,70	17,9	B	21,9	C
	Via Moretti est	0,49	21,6	C		
	Via Curzi	0,18	18,8	B		
	Via Moretti ovest	0,77	33,1	C		
PROGETTO ROTATORIA COMUNALE	Viale De Gasperi	0,63	6,10	A	9,4	A
	Via Moretti est	0,52	23,7	C		
	Via Curzi	0,12	6,90	A		
	Via Moretti ovest	0,27	9,00	A		
	Via Montello	0,03	9,60	A		

E' possibile vedere la condizione abbastanza critica nella quale opera attualmente l'impianto semaforico; in particolare vengono messi in evidenza i rami di approccio maggiormente penalizzati.

Al fine di conferire maggiore equilibrio rispetto alla situazione presente è stato proposto di intervenire sulla regolazione esistente con una soluzione rapida, quindi poco costosa, e che non prevede particolari disagi per l'utenza. Si è ipotizzata, infatti, la riduzione del tempo del ciclo semaforico con una modifica al numero ed alla durata delle fasi, ottenendo discreti risultati senza la necessità di laboriose modifiche della configurazione geometrica.

Ma il migliore risultato, allo scopo di ottimizzare la circolazione e di sopprimere l'attuale impianto semaforico, si è conseguito dalle analisi svolte sul progetto di rotatoria proposto dall'Ufficio Tecnico Comunale di San Benedetto del Tronto. Infatti, in base alle caratteristiche geometriche specificate dai tecnici comunali ed alle

condizioni di traffico attualmente riscontrate, risultano eccellenti i miglioramenti apportati dall'eventuale nuova configurazione. In particolare si può osservare come rimane leggermente penalizzato il ramo di Via Moretti est; mentre nel complesso, come evidenziato, la nuova configurazione geometrica proposta dal Comune presenta condizioni ideali di traffico, che potrebbero giustificare i lavori necessari, quindi i costi ed i problemi temporanei alla circolazione conseguenti al completamento delle opere.

Si tenga presente, comunque, che realizzare rotatorie non sempre implica assoluti miglioramenti, e che la scelta delle loro caratteristiche deve essere ben oculata ed appropriata al caso in esame. D'altro canto, tra i pregi della rotatoria c'è quello di essere un importante strumento per la sicurezza stradale.

Per quanto riguarda l'intersezione del Tribunale riportiamo, anche in questo caso, una tabella esplicativa con l'unica proposta alternativa formulata, adottando come metro di confronto con lo stato di fatto i parametri di maggior rilievo.

INTERSEZIONE TRIBUNALE						
		MISURE PRESTAZIONI			VALUTAZIONE INTERSEZIONE	
		Grado di Saturaz.	Approach Delay (sec)	Livello di servizio	Intersection Delay (sec)	Livello di servizio
STATO ATTUALE	Via Togliatti	0,68	41,4	D	48,5	D
	Via Voltattorni est	0,98	101,3	F		
	Viale Ulpiani	0,45	35,0	D		
	Via Voltattorni ovest	0,62	52,7	D		
NUOVO CICLO SEMAFORICO	Via Togliatti	0,50	17,0	B	19,9	B
	Via Voltattorni est	0,63	34,5	C		
	Viale Ulpiani	0,33	15,4	B		
	Via Voltattorni ovest	0,43	27,8	C		

La tabella denota come la situazione attuale risulti, anche in questo caso, non efficace; in particolare si evidenzia il ramo in approccio più penalizzato che risulta avere un eccessivo tempo di attesa.

Per una migliore ed accettabile efficienza, è stato sufficiente proporre una modifica della regolazione semaforica, quindi una soluzione rapida e di basso costo. Si è ipotizzata, difatti, una riduzione della durata del ciclo semaforico tramite l'eliminazione di una delle fasi già esistenti, nella fattispecie quella destinata esclusivamente all'attraversamento pedonale su tutti i rami dell'intersezione, ridistribuendola poi, tra le tre fasi rimanenti.

Gli ottimi risultati ottenuti, che conferiscono maggiore equilibrio senza penalizzare la circolazione nella direzione principale, giustificano la scelta di non prendere in considerazione, per l'incrocio in questione, un'ipotesi di rotatoria, di difficile realizzazione, per mancanza di spazio, e di sicuri costi ingenti.

Non si esclude comunque, in previsione futura, un'eventualità di questo genere in caso di un ulteriore incremento del traffico.

Concludendo, l'analisi delle condizioni circolatorie attuali lungo il tratto stradale interessato ha rivelato l'intenzione, da parte delle autorità locali, di favorire la viabilità sull'asse di direttrice nord. Ciò è risultato particolarmente evidente durante l'analisi funzionale delle due intersezioni semaforizzate localizzate, ed è probabilmente il frutto di rilievi del traffico precedentemente effettuati, comunque confermati da quelli recenti, da me eseguiti, se non per quantità almeno per modalità.

La forzatura alla scorrevolezza in questa direzione è stata ottenuta con elevate frazioni di verde associate a tale manovra; si spiegano così gli alti tempi di ciclo semaforici riscontrati durante lo studio, che hanno indotto a prendere in considerazione proposte alternative. La conseguenza di questa scelta è, infatti, quello di avere regolazioni troppo squilibrate a vantaggio dell'asse privilegiato, con bassi livelli di

servizio per le vie secondarie afferenti, fatto riscontrabile in tutte le intersezioni analizzate.

Il lavoro svolto ha dimostrato che è possibile mantenere viva, con varie soluzioni, la ragionevole volontà di privilegiare la circolazione lungo lo stesso asse, ma con un maggiore equilibrio ed efficienza.

Solo in seguito ad un'attenta analisi dei costi-benefici si potranno definire quali soluzioni adottare, tra le diverse proposte esaminate, semplicemente valutando e confrontando gli effettivi vantaggi raggiungibili con le spese da sostenere.

APPENDICE A

Nelle successive tabelle vengono riportati tutti i dati rilevati, divisi in base: all'intersezione (prima l'intersezione delle Moretti, poi quella del Tribunale), al ramo d'origine del flusso, alla fascia giornaliera (mattina, pranzo, sera), per intervalli di 15 minuti e per tipologia di veicolo (automobili, veicoli pesanti, motorini e motocicli in genere).

Intersezione Moretti

Origine Viale De Gasperi:

DEST.	Via Moretti (ovest)			Via Curzi			Via Moretti (est)		
	TIPO	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP
7.30 7.45	29	0	1	77	2	24	2	0	0
7.45 8.00	27	0	1	100	5	28	4	0	0
8.00 8.15	47	0	1	91	3	13	0	0	2
8.15 8.30	27	1	3	86	1	9	0	0	0
8.30 8.45	29	0	3	93	0	10	5	0	0
8.45 9.00	24	0	2	88	1	12	3	0	1
12.30 12.45	35	1	2	79	1	14	3	0	1
12.45 13.00	39	0	4	88	0	17	4	0	0
13.00 13.15	32	1	8	97	2	28	0	0	0
13.15 13.30	35	1	9	103	3	41	1	0	0
13.30 13.45	40	0	5	98	3	36	3	0	1
13.45 14.00	30	0	6	84	1	13	2	0	2
18.30 18.45	32	1	4	99	0	18	4	0	0
18.45 19.00	32	1	5	102	1	24	6	0	1
19.00 19.15	36	0	8	98	1	42	9	0	1
19.15 19.30	42	1	12	114	2	40	7	0	2
19.30 19.45	39	0	7	105	0	26	5	0	1
19.45 20.00	33	0	4	85	1	17	4	0	0

Origine **Via Moretti (est):**

DEST.	Viale De Gasperi			Via Moretti (ovest)			Via Curzi		
	TIPO	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP
7.30 7.45	18	0	0	13	0	3	6	0	2
7.45 8.00	8	1	4	8	0	0	7	0	0
8.00 8.15	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8.15 8.30	4	0	1	2	0	0	2	0	0
8.30 8.45	22	0	3	20	0	2	8	0	0
8.45 9.00	19	0	2	16	0	4	6	0	1
12.30 12.45	10	0	3	14	0	1	6	0	2
12.45 13.00	15	1	5	13	0	4	8	0	2
13.00 13.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.15 13.30	4	0	1	3	0	3	2	0	2
13.30 13.45	14	0	3	15	0	1	7	0	0
13.45 14.00	11	0	2	9	0	0	4	0	1
18.30 18.45	20	1	4	15	0	2	8	0	2
18.45 19.00	21	0	7	17	1	4	9	0	3
19.00 19.15	12	1	8	20	1	6	9	0	2
19.15 19.30	25	0	4	13	0	8	7	0	2
19.30 19.45	21	0	4	12	0	5	7	0	1
19.45 20.00	11	0	3	14	1	3	5	0	1

Origine **Via Curzi:**

DEST.	Via Moretti (est)			Viale De Gasperi			Via Moretti (ovest)		
	TIPO	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP
7.30 7.45	0	0	1	10	0	3	3	0	0
7.45 8.00	1	0	2	14	0	3	4	0	0
8.00 8.15	0	0	0	9	0	2	5	0	0
8.15 8.30	0	0	0	15	1	3	4	0	0
8.30 8.45	0	0	0	14	0	1	3	0	0
8.45 9.00	1	0	2	11	0	3	4	0	1
12.30 12.45	1	0	0	10	0	3	2	0	1
12.45 13.00	0	0	1	13	0	2	3	0	1
13.00 13.15	0	0	0	11	0	3	5	0	2
13.15 13.30	1	0	2	12	0	2	2	0	1
13.30 13.45	0	0	0	8	0	1	3	0	2
13.45 14.00	0	0	1	9	0	1	5	0	1
18.30 18.45	1	0	0	10	0	1	1	0	1
18.45 19.00	1	0	0	11	0	2	2	0	0
19.00 19.15	3	0	2	10	0	8	6	0	1
19.15 19.30	1	0	0	13	0	10	4	0	1
19.30 19.45	2	0	0	12	0	3	3	0	0
19.45 20.00	0	0	1	8	0	3	1	0	1

Origine Via Moretti (ovest):

DEST.	Via Curzi			Via Moretti (est)			Viale De Gasperi		
	TIPO	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP
7.30 7.45	32	0	3	11	0	1	13	0	4
7.45 8.00	47	0	9	7	0	0	16	0	5
8.00 8.15	58	0	3	0	0	0	22	0	3
8.15 8.30	37	0	1	3	0	1	17	0	4
8.30 8.45	43	0	2	6	0	0	17	0	3
8.45 9.00	36	0	3	8	0	0	15	0	3
12.30 12.45	35	0	8	8	0	1	9	0	2
12.45 13.00	34	0	11	7	0	1	11	0	3
13.00 13.15	43	0	9	0	0	0	18	0	4
13.15 13.30	41	0	2	2	0	3	19	0	2
13.30 13.45	31	0	3	5	0	3	11	0	1
13.45 14.00	29	0	4	5	0	0	12	0	2
18.30 18.45	27	0	9	9	0	2	9	0	2
18.45 19.00	34	0	14	12	0	1	15	0	3
19.00 19.15	41	0	14	9	0	1	17	0	2
19.15 19.30	47	0	11	11	0	2	11	0	1
19.30 19.45	39	0	7	7	0	0	13	0	1
19.45 20.00	25	0	6	8	0	1	9	0	2

Intersezione Tribunale

Origine **Via Togliatti**:

DEST.	Via Voltattorni (ovest)			Viale Ulpiani			Via Voltattorni (est)		
	TIPO	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP
7.30 7.45	13	2	2	174	5	24	13	0	0
7.45 8.00	36	1	0	162	4	13	7	0	1
8.00 8.15	33	0	2	184	5	8	17	0	0
8.15 8.30	28	0	0	173	2	2	10	0	0
8.30 8.45	13	0	0	184	2	9	12	0	0
8.45 9.00	13	0	0	140	1	5	8	0	0
12.30 12.45	14	0	1	167	1	26	18	0	1
12.45 13.00	20	0	1	151	3	17	14	0	1
13.00 13.15	9	0	2	127	1	12	15	0	0
13.15 13.30	9	1	3	103	0	20	5	0	1
13.30 13.45	10	0	1	123	7	25	8	0	0
13.45 14.00	8	0	2	88	1	11	7	0	1
18.30 18.45	24	0	3	147	0	19	13	0	0
18.45 19.00	19	0	0	139	1	10	10	0	2
19.00 19.15	19	0	0	164	0	12	17	0	1
19.15 19.30	20	0	3	156	2	15	20	0	2
19.30 19.45	19	0	3	147	0	18	10	0	1
19.45 20.00	17	0	1	122	0	10	10	0	1

Origine **Via Voltattorni (est)**:

DEST.	Via Togliatti			Via Voltattorni (ovest)			Viale Ulpiani		
	TIPO	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP
7.30 7.45	9	0	2	12	0	0	6	0	0
7.45 8.00	22	0	4	36	0	1	12	0	0
8.00 8.15	19	0	0	14	0	0	6	0	0
8.15 8.30	40	1	0	20	0	1	5	0	1
8.30 8.45	22	1	1	11	0	1	7	0	0
8.45 9.00	18	0	0	10	0	0	4	0	0
12.30 12.45	25	0	1	21	0	1	7	0	1
12.45 13.00	34	0	4	25	0	3	5	0	1
13.00 13.15	31	0	1	17	0	4	3	0	1
13.15 13.30	32	0	0	19	0	1	8	0	0
13.30 13.45	29	0	1	10	0	0	2	0	1
13.45 14.00	21	0	1	11	0	1	3	0	0
18.30 18.45	25	0	0	23	0	1	6	0	0
18.45 19.00	28	0	1	20	0	4	13	0	1
19.00 19.15	24	0	1	19	0	3	6	0	1
19.15 19.30	30	0	1	22	0	3	5	0	0
19.30 19.45	16	0	2	23	0	4	6	0	3
19.45 20.00	23	0	2	19	0	2	4	0	0

Origine Viale Ulpiani:

DEST.	Via Voltattorni (est)			Via Togliatti			Via Voltattorni (ovest)		
	TIPO	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP
7.30 7.45	7	0	0	106	7	22	9	0	0
7.45 8.00	5	0	1	108	1	11	8	1	0
8.00 8.15	11	0	0	136	1	2	8	1	0
8.15 8.30	6	0	1	87	0	1	8	0	0
8.30 8.45	5	0	0	118	2	2	6	0	0
8.45 9.00	5	0	0	95	0	1	8	0	0
12.30 12.45	6	0	0	137	0	16	6	0	1
12.45 13.00	10	0	2	91	0	15	3	0	2
13.00 13.15	6	0	2	140	1	21	11	0	1
13.15 13.30	4	0	1	133	2	9	7	1	1
13.30 13.45	4	0	0	89	1	5	9	0	0
13.45 14.00	4	0	1	69	0	4	6	0	0
18.30 18.45	10	0	1	120	0	6	16	0	1
18.45 19.00	10	0	2	109	2	19	11	0	2
19.00 19.15	7	0	0	112	0	10	10	0	1
19.15 19.30	12	0	1	108	1	12	8	0	2
19.30 19.45	4	0	2	105	0	9	12	0	4
19.45 20.00	7	0	0	80	0	6	8	0	3

Origine Via Voltattorni (ovest):

DEST.	Viale Ulpiani			Via Voltattorni (est)			Viale Togliatti		
	TIPO	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP	MOT	AUTO	VP
7.30 7.45	6	0	1	8	0	1	5	0	3
7.45 8.00	10	0	0	8	0	1	11	0	2
8.00 8.15	10	0	0	8	0	0	9	0	0
8.15 8.30	4	0	0	3	0	0	6	0	0
8.30 8.45	12	0	1	8	1	0	6	0	1
8.45 9.00	7	0	0	4	0	0	7	0	0
12.30 12.45	4	0	1	5	0	1	14	0	1
12.45 13.00	1	0	0	9	0	0	13	0	1
13.00 13.15	6	0	0	7	0	1	5	0	0
13.15 13.30	2	0	0	5	0	1	3	0	2
13.30 13.45	4	0	1	6	0	0	5	0	1
13.45 14.00	2	0	0	4	0	1	5	0	0
18.30 18.45	4	0	1	14	0	2	13	0	0
18.45 19.00	9	0	2	22	0	2	17	0	3
19.00 19.15	9	0	1	14	0	2	7	0	1
19.15 19.30	12	0	2	17	0	1	15	0	1
19.30 19.45	13	0	1	10	0	0	11	0	0
19.45 20.00	13	0	0	8	0	0	12	0	0

BIBLIOGRAFIA

1. G.Praitoni. *Dispense del corso di Teoria e Tecnica della Circolazione*. DISTART, Bologna, 2001.
2. L.Mantecchini. *Criteri di Calcolo della Capacità di Intersezioni Stradali a Rotatoria*. “Confronto fra diverse metodologie operative”. DISTART, nota tecnica n.102, Bologna, 2003.
3. F.Rupi. *Dispense del corso di Pianificazione dei Trasporti*. DISTART, Bologna.
4. V.Curti, L.Marescotti, L.Mussone. *Rotonde*. “Progetto e valutazioni per la sistemazione a rotonde delle intersezioni”. Libreria Clup, Milano, 2001.
5. M.Villa. *Intersezione a Rotatoria*. “Conoscere il funzionamento e proporre il dimensionamento”. Editrice universitaria Levrotto & Bella, Torino, 2000.

6. A.Orlandi. *Meccanica dei Trasporti*. Pitagora Editrice, Bologna.
7. G.P.Corda. *Disegno di Strade Urbane e Controllo del Traffico*. “La riqualificazione ambientale nei piani urbani del traffico”. U.Hoepli, Milano, 1993.
8. G.Di Carlo. *Nuovo Codice della Strada e Leggi Complementari*. Maggioli Editore.
9. G.Da Rios. *Progetto di Intersezioni Stradali*. Utet libreria, Torino, 1999.
10. F.Gallo Baldassarri. *Incroci Controllati da Semafori*. Facoltà di Scienze Statistiche Demografiche Attuariali, Roma.
11. T.Brenac, M.Vertet. *Le Rotatorie come Strumento di Sicurezza*.
12. U.S. Department of Transportation. *Roundabout: An Informational Guide*. Federal Highway Administration, Georgetown, 2000.
13. Transportation Research Board, National Research Council. *The Highway Capacity Manual 2000*. Washington D.C., 2000.
14. Queensland Department of Main Roads, Infrastructure Design of the Technology Division. *Relationship Between Roundabout Geometry and Accident Rates*. Australia, 1998.

15. Savino, Rinelli. *Intersezioni Stradali Semaforizzate*. Utet libreria, Torino, 2000.
16. Comune di San Benedetto del Tronto. *Piano Generale del Traffico Urbano di San Benedetto del Tronto*. 1997.
17. Akcelick & Associates Pty Ltd. *aaSIDRA User Guide*. Australia, 2002.
18. McTrans Center, University of Florida. *HCS2000 User Guide*.