



Oggetto: Servizio di indagini di traffico e di costruzione del modello di simulazione del traffico a supporto della redazione del PUMS nel Comune di Molfetta.

Comune di Molfetta

Lavori Pubblici

Sede Comunale Lama Scotella

via Martiri di Via Fani s.n.c.

Tel. 080/9956327

Fax 080/3387405



Ufficio di Bologna
Via Antonio Gramsci 3
40121 Bologna
Tel: 051.42.10.982
Fax: 051.42.19.279
Email: tps.bo@tpsitalia.it

Redatta da:
ing. Leonardo Di Pumpo
TPS Transport Planning Service
Tel.: +39 075 500.09.90
Fax: +39 075 501.84.96
E-mail: l.dipumpo@ptv.it

Approvata da:
Debora Goretti



Indice

1	PREMESSA	3
2	ATTIVITÀ DI INDAGINE.....	4
2.1	CONTEGGI VEICOLARI.....	4
2.1.1	<i>Strumentazione da utilizzare.....</i>	7
2.2	INDAGINE ORIGINE/DESTINAZIONE.....	10
2.3	RILIEVO DELL'OFFERTA E DOMANDA DI SOSTA	11
3	MODELLO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO	13
3.1	MODELLO DI OFFERTA	13
3.2	MODELLO DI DOMANDA.....	14
3.2.1	<i>Analisi territoriali di dettaglio, zonizzazione e determinazione della domanda attuale.....</i>	14
3.3	SIMULAZIONE DELL'INTERAZIONE DOMANDA/OFFERTA.....	15
3.3.1	<i>Calibrazione, validazione e convergenza del modello.....</i>	16
3.4	MESSA A PUNTO DELLO SCENARIO PROGETTUALE E DELLE SUE EVENTUALI VARIANTI MIGLIORATIVE E/O ALTERNATIVE ..	17
3.5	VALUTAZIONE E CONFRONTO DEGLI SCENARI DI PROGETTO	17
3.5.1	<i>Gli indicatori di prestazione.....</i>	18
4	OFFERTA ECONOMICA.....	20

1 Premessa

La presente proposta riguarda il servizio di indagini di traffico e la costruzione del modello di simulazione del traffico in ambiente VISUM a supporto della redazione del PUMS nel Comune di Molfetta.

Le indagini di traffico verranno svolte da TPS impiegando strumentazione d'avanguardia nel rispetto di standard qualitativi comprovati e definiti dalla Certificazione UNI EN ISO 9001:2008.

Nella presente offerta sono riportate, nell'ordine:

- attività di indagine che si propone di effettuare;
- specifiche delle attività di indagine;
- costruzione del modello di simulazione del traffico in ambiente VISUM.

2 Attività di indagine

Le attività di indagine previste sono riportate sinteticamente nella tabella seguente:

Indagini	Metodo proposto	Quantificazione indagini proposte nell'area studio
Conteggi veicolari su sezioni correnti	Sistemi di Rilievo Automatico: <ul style="list-style-type: none"> Nu-Metrics Hi-Star NC-97, rilevatori a piastra ad induzione Techtronic DTS-Compact 1000 JR, radar 	12 sezioni correnti per 14 ore consecutive di una giornata feriale tipo nel periodo estivo ed autunnale. Ulteriori 11 sezioni correnti saranno indagate con le stesse modalità nel periodo autunnale.
Conteggi veicolari in ingresso alle intersezioni	<ul style="list-style-type: none"> Miovision, sistema video 	Rilievo dei flussi veicolari in ingresso a 4 intersezioni nelle tre ore di punta di una giornata feriale estiva ed autunnale. Ulteriori 7 intersezioni saranno indagate con le stesse modalità nel periodo autunnale.
Interviste Origine/Destinazione	<ul style="list-style-type: none"> Interviste su Origine e Destinazione dello spostamento 	3 sezioni cordonali in ingresso al centro abitato , dalle 7:00 alle 11:00 nel periodo autunnale.
Domanda e Offerta di Sosta	<ul style="list-style-type: none"> Rilievo offerta di sosta Rilievo veicoli in sosta con Metodo del conteggio Rilievo veicoli in sosta con Metodo della targa 	Centro Storico: ricostruzione dell'offerta di sosta in termini di stalli disponibili e della domanda di sosta con il metodo del conteggio e della targa. L'attività di indagine verrà svolta sia nel periodo estivo che in quello autunnale.

2.1 Conteggi veicolari

Per la ricostruzione dei flussi veicolari sulle principali arterie del territorio comunale saranno realizzati conteggi veicolari (leggeri e pesanti) nel periodo estivo e nel periodo autunnale su 12 sezioni correnti per 14 ore continuative di una giornata feriale e su ulteriori 11 sezioni nel periodo autunnale con le stesse modalità. Saranno inoltre realizzati conteggi automatici su 4 intersezioni nelle tre ore di punta di una giornata feriale estiva ed autunnale, anche il rilievo delle intersezioni sarà integrato di ulteriori 7 intersezioni nel periodo autunnale.

I flussi rilevati, oltre a fornire un quadro dell'attuale utilizzo della rete stradale, saranno utilizzati per la correzione della matrice di domanda auto allo stato attuale che andrà ad "alimentare" il modello di simulazione, in modo da raggiungere la matrice di massima verosimiglianza.

Saranno impegnati tre tipi di rilevatori, a seconda delle caratteristiche della strada/intersezione da indagare: contatori/analizzatori di traffico Nu-Metrics HI-STAR NC-97 (TPS può contare su un parco di 63 contatori), Radar Techtronic Compact-1000 JR Portatile (TPS può contare su un totale di 12 contatori radar), sistema video Miovision (TPS dispone di 3 unità).

Si riporta nelle tabelle seguenti l'anagrafica delle sezioni di rilievo e delle intersezioni, la loro localizzazione planimetrica. Nelle planimetrie seguenti si è adottata la seguente simbologia:

- quadrato rosso, sezione corrente, rilievo estivo e autunnale;
- quadrato verde, sezione corrente, rilievo autunnale;
- cerchio rosso, intersezione, rilievo estivo e autunnale;
- cerchio verde, intersezione, rilievo autunnale.

Tabella 1: Anagrafica delle sezioni correnti di rilievo

Codice Sezione	Strada	Corsie	Strumentazione rilievo	Tratto	Periodo rilievo
1001	Via Bisceglie	2	RADAR	Viale dei Crociati - Via del Cimitero	Estate Autunno
1002	SP56	2	NC97	SS16 - Via Monsignore Picone	Estate Autunno
1003	SP112	2	NC97	SS16 - Via Giovanni Falcone	Estate Autunno
1004	SP55	2	NC97	SS16 - Viale della Libertà	Estate Autunno
1005	SS16bis	2	RADAR	Giovinazzo - Viale XXV Aprile	Estate Autunno
1006	Via Fiorino Tenente	2	NC97	Via Trieste - Via Alessandro Volta	Estate Autunno
1007	Via San Domenico	2	NC97	Via Cifariello a Via Santa Scolastica	Estate Autunno
1008	Via Tenente Ragno	1	NC97	Via Santo Stefano - Via Picca Domenico	Estate Autunno
1009	Via Goffredo Mameli	1	NC97	Via Madonna dei Martiri - Via San Gioacchino	Estate Autunno
1010	Via San Francesco D'Assisi	2	NC97	Via Madonna dei Martiri - Via San Gioacchino	Estate Autunno
1012	Via Roma	1	NC97	Via Nino Bixio - Via Pellegrino Matteucci	Estate Autunno
1016	Via Germano Edoardo	1	MIOVISION	Via Camillo Benso di Cavour - Via Galileo Galilei	Estate Autunno
1011	Corso Vito Fornari	2	NC97	Luigi Zuppetta - Via Luigi Capotorti	Autunno
1013	Via Enrico Berlinguer	4	RADAR	Via Madonna della Rosa - SP112	Autunno
1014	Via Monsignor Salvucci	4	RADAR	Via Luigi Einaudi - SP112	Autunno
1015	SP112	4	NC97	Via Martiri di Via Fani - Via Enrico Berlinguer	Autunno
1017	SP112	2	RADAR	Via Enrico Berlinguer - Via Madonna della Rosa	Autunno
1018	SS16	2	NC97	Bisceglie - Strada Vicinale Padula	Autunno
1019	Strada Vicinale Padula	2	RADAR	SS16 - Via Bisceglie	Autunno
1020	Viale XXV Aprile	4	RADAR	Viale Martiri della Resistenza - Via Don Giovanni Minzoni	Autunno
1021	Via Enrico Berlinguer	4	RADAR	Viale Martiri della Resistenza - Via Madonna della Roda	Autunno
1022	Ingresso/Uscita SS16 Molfetta - Nord	2	NC97	Strada Vicinale Padula - SS16	Autunno
1023	Ingresso/Uscita SS16 Molfetta - Sud	2	NC97	SS16 - Zona Industriale	Autunno

Tabella 2: Anagrafica delle intersezioni da rilevare

Codice Intersezione	Intersezione	Periodo rilievo
2001	Via Bisceglie - Via Caduti del Lavoro	Estate Autunno
2007	Via Baccarini - Via Felice Cavallotti	Estate Autunno
2008	Via Giovinazzo - Via Francesco Carabellese	Estate Autunno
2010	Via Baccarini - Via Tenente Silvestri	Estate Autunno
2002	Via Ruvo - Via Palmiro Togliatti	Autunno
2003	Via Monsignor Achille Salvucci - Via Papa Montini	Autunno
2004	Via Martiri di Via Fani - Via Papa Montini	Autunno
2005	Corso Vito Fornari - Via Germano Edoardo	Autunno
2006	Via Enrico Berlinguer - Via Madonna della Rosa	Autunno
2009	Via Generale Luigi Amato - Viale Venticinque Aprile	Autunno
2011	Via Hugo Victor - Via Giuseppe de Candia - Via Poggio Reale - Via Ugo la Malfa	Autunno



Figura 1: Quadro d'insieme dei conteggi automatici su sezioni correnti da realizzare in estate



Figura 2: Quadro d'insieme dei conteggi automatici su sezioni correnti da realizzare in autunno

I rilievi verranno effettuati, *compatibilmente* con il rilascio della necessaria autorizzazione da parte dell'ente proprietario/gestore della viabilità interessata nei tempi sopra descritti.

Sarà cura della Committenza provvedere alla richiesta delle necessarie autorizzazioni presso gli enti gestori della viabilità interessata dalle indagini.

Nel caso si rilevasse necessario si provvederà ad effettuare eventuali ripetizioni dei rilievi per ovviare a dati ritenuti anomali senza maggiori costi per il committente.

2.1.1 Strumentazione da utilizzare

SISAS Techtronic DTS-Compact 1000 JR

Il Radar SISAS Techtronic DTS-Compact-1000 JR è un innovativo strumento Radar per effettuare campagne temporanee di monitoraggio e classificazione del traffico veicolare senza dover impegnare in alcun modo la sede stradale. Le sue dimensioni contenute e la possibilità di posizionarlo a lato strada su qualsiasi supporto già esistente (pali della segnaletica stradale, illuminazione ecc..) lo rendono un prodotto di facile installazione senza creare alcun intralcio alla circolazione e/o mettere a repentaglio l'incolumità del personale addetto al monitoraggio del traffico.

Il sistema radar utilizzato sfrutta l'effetto Doppler (variazione di frequenza della radiazione elettromagnetica osservata). Il sistema, per ogni veicolo all'interno del fascio radar, consente di visualizzare la velocità, la lunghezza (in cm) e il gap temporale tra un veicolo e il



successivo. Il Radar è impostato in modo da discriminare la direzione di marcia dei veicoli (veicoli in avvicinamento ed in allontanamento).

L'affidabilità delle apparecchiature è riassunta nella tabella seguente che mostra i dati dedotti dalla nostra esperienza:

Techtronic Compact-1000 JR Portatile	Dati effettivi
Lunghezza	Dato disaggregato per singolo transito
Velocità	Dato disaggregato per singolo transito
Velocità minima per classificazione veicolo	1 km/h
Precisione per veicoli in movimento (>1km/h)	>95,0%, su 2 corsie adiacenti contrapposte >90,0%, su 2 corsie adiacenti equiverse
Percentuale di affidabilità del rilievo	>95%

Nu-Metrics Hi-Star NC-97

I contatori/analizzatori di traffico della Nu-Metrics modello HI-STAR NC-97 rilevano il volume di traffico, la velocità (max 15 classi) e la lunghezza (max 8 classi) dei veicoli, il tempo di occupazione, la temperatura e le condizioni della superficie stradale (asciutto/bagnato).

Il dispositivo NC-97, utilizzando l'ormai collaudata tecnologia VMI (Vehicle Magnetic Imaging), è in grado di rilevare le variazioni del campo magnetico terrestre. La distorsione magnetica subita quando un veicolo transita sopra o in prossimità del sensore stesso identifica l'immagine della massa magnetica del veicolo transitante permettendo di risalire all'unità veicolare, alla sua lunghezza e velocità.

Tutta l'apparecchiatura è contenuta in una custodia di alluminio pressofuso dalle dimensioni contenute (165mm x 140mm x 16mm) senza tubi o cavi di connessione. Questa particolarità permette l'installazione di NC-97 anche su tratti stradali con velocità media elevata, dove altri sistemi potrebbero non essere adatti per motivi di sicurezza o per la complessità dell'installazione stessa.



Figura 3. Unità NC-97 e pedana protettiva in elastomero poliuretano

Per rendere l'unità meno visibile, e quindi non alterare il comportamento dei conducenti, soprattutto in termini di velocità, si ricorre ad una speciale copertura protettiva in elastomero poliuretano, di colore e rugosità superficiale simili a quelle del manto bituminoso stradale, che viene fissata mediante in chiodatrice a propulsione con otto chiodi da 62mm.

L'affidabilità delle apparecchiature è riassunta nella tabella seguente che mostra i dati dichiarati dal costruttore e quelli dedotti dalla nostra esperienza:

Hi-Star NC 97	Dati dichiarati	Dati effettivi
Condizione della superficie stradale	Asciutto/bagnato	Asciutto/bagnato
Lunghezza	8 classi	8 classi
Velocità	15 classi	15 classi
Velocità minima per classificazione veicolo	8 km/h	10 km/h
Precisione per veicoli in movimento	>99,0% □ 1 veicolo	>95,0% □ 1 veicolo
Precisione per veicoli fermi	>95,0% □ 1 veicolo	>85,0% □ 1 veicolo
Percentuale di affidabilità del rilievo	-	>95%

MIOVISION

Il MIOVISION è uno strumento utilizzato per effettuare campagne di monitoraggio e classificazione del traffico veicolare senza dover impegnare in alcun modo la sede stradale. Le sue dimensioni contenute e la possibilità di posizionarlo a lato strada su qualsiasi supporto già esistente (pali della segnaletica stradale, illuminazione ecc..) lo rendono un prodotto di facile installazione senza creare alcun intralcio alla circolazione e/o mettere a repentaglio l'incolumità del personale addetto al monitoraggio del traffico.

Il sistema esegue l'identificazione del veicolo, pedone all'interno della scena ripresa, quindi esegue la classificazione dei soggetti e ne traccia lo spostamento. È possibile eseguire il monitoraggio di sezioni stradali fino a quattro corsie senza risentire delle problematiche di effetto ombra tipiche dei rilevatori radar e laser con rilievo a bordo strada, permette di eseguire il rilievo delle manovre di svolta di rotatorie sino a 5 braccia.

Mediante la batteria standard interna al Control Box è possibile eseguire rilievi del traffico della durata fino a 24 ore, per poter estendere il periodo di rilievo è possibile dotare il sistema di batterie complementari, il Power Pack è un accessorio a corredo del VCU che appunto permette all'unità di prolungare la durata del di tempo di registrazione ad almeno 72 ore. Il tasso di precisione offerto da tale tecnologia è superiore al 95%.



Figura 4: Unità Miovision e posa in opera della stessa

Il sistema, detto anche Video Collection Unit (VCU), è costituito da:

- una telecamera ultraleggera ad ottica grandangolare;
- Control Box, gestisce la telecamera ed adempie a tutte le funzioni di recorder, memorizzazione del video, alimentazione del sistema e player video. La memoria di immagazzinamento è di tipo SD-Card della dimensione di 4GB. La batteria interna al Control Box permette di effettuare 24 ore consecutive di registrazione;
- Struttura di fissaggio a palo, la struttura è estensibile e permette di posizionare la telecamera ad una altezza superiore ad 8 m (in posizione raccolta il palo di fissaggio della telecamera è alto 1,84 m), l'ancoraggio della struttura avviene mediante 2 cinghie a cricchetto.

2.2 Indagine Origine/Destinazione

Per la ricostruzione della struttura della domanda di traffico, oltre all'esecuzione del conteggio dei flussi veicolari, è necessaria l'esecuzione di indagini rivolte alla determinazione dell'origine/destinazione degli spostamenti. Per poter ottenere questa informazione, si effettueranno delle indagini dirette ai conducenti in modo da individuare le caratteristiche della mobilità con mezzo di trasporto privato allo stato attuale. L'indagine sarà rivolta agli utenti del trasporto privato (solo veicoli leggeri, art.8 del c.s.a.) con l'esecuzione di interviste ai conducenti intorno all'ora di punta del mattino, ovvero per 4 ore dalle 07:00 alle 11:00 nel periodo autunnale. Nella tabella seguente e nella Figura 5 sono illustrate le direttrici di ingresso proposte per le interviste da verificare e validare con la Committenza.

L'indagine sarà svolta in corrispondenza di sezioni sulle quali saranno anche effettuati i conteggi di traffico, su aree di sosta che permetteranno l'effettuazione delle stesse in condizioni di sicurezza. L'informazione dei flussi veicolari presenti è fondamentale per l'espansione del campione e per valutarne la sua significatività. Per l'esecuzione delle indagini è necessaria la collaborazione della Polizia Municipale (cfr. Figura 6) con il precipuo compito di intimare l'alt ai veicoli in transito, per consentire agli operatori di effettuare l'intervista. Le finalità principali delle interviste sarà l'acquisizione di informazioni relative a: origine e destinazione dello spostamento in corso; motivo e frequenza dello spostamento; localizzazione e tipologia di parcheggio; numero di passeggeri a bordo. Altre informazioni complementari saranno concordate con l'Amministrazione.

Il tutto allo scopo di eseguire valutazioni ed estrapolare risultati relativi non solo alle singole informazioni acquisite ma anche alle varie combinazioni, soprattutto in relazione alle coppie O/D che saranno georeferenziate e quindi associabili a qualsiasi zonizzazione del territorio che si vorrà predisporre per il PUMS. La localizzazione esatta delle sezioni di rilievo verrà concordata con la polizia municipale al fine di garantire la sicurezza sia degli operatori che degli intervistati.

Tabella 3: Anagrafica Sezioni Origine/Destinazione

Codice Sezione	Strada	Tratto
OD1	SS16 bis	da Bisceglie a Molfetta
OD2	SP112	da SS16 a Via Giovanni Falcone
OD3	SS16bis	da Giovinazzo a Molfetta



Figura 5: Localizzazione sezioni O/D



Figura 6: Polizia Municipale intenta d effettuare la fermata in sicurezza dei veicoli

2.3 Rilievo dell'Offerta e Domanda di Sosta

L'attività riguarda il rilievo dell'offerta di sosta e degli equilibri domanda/offerta nel centro storico e nelle vie limitrofe.

L'area oggetto di studio e la zonizzazione adottata è quella riportata in Figura 7.

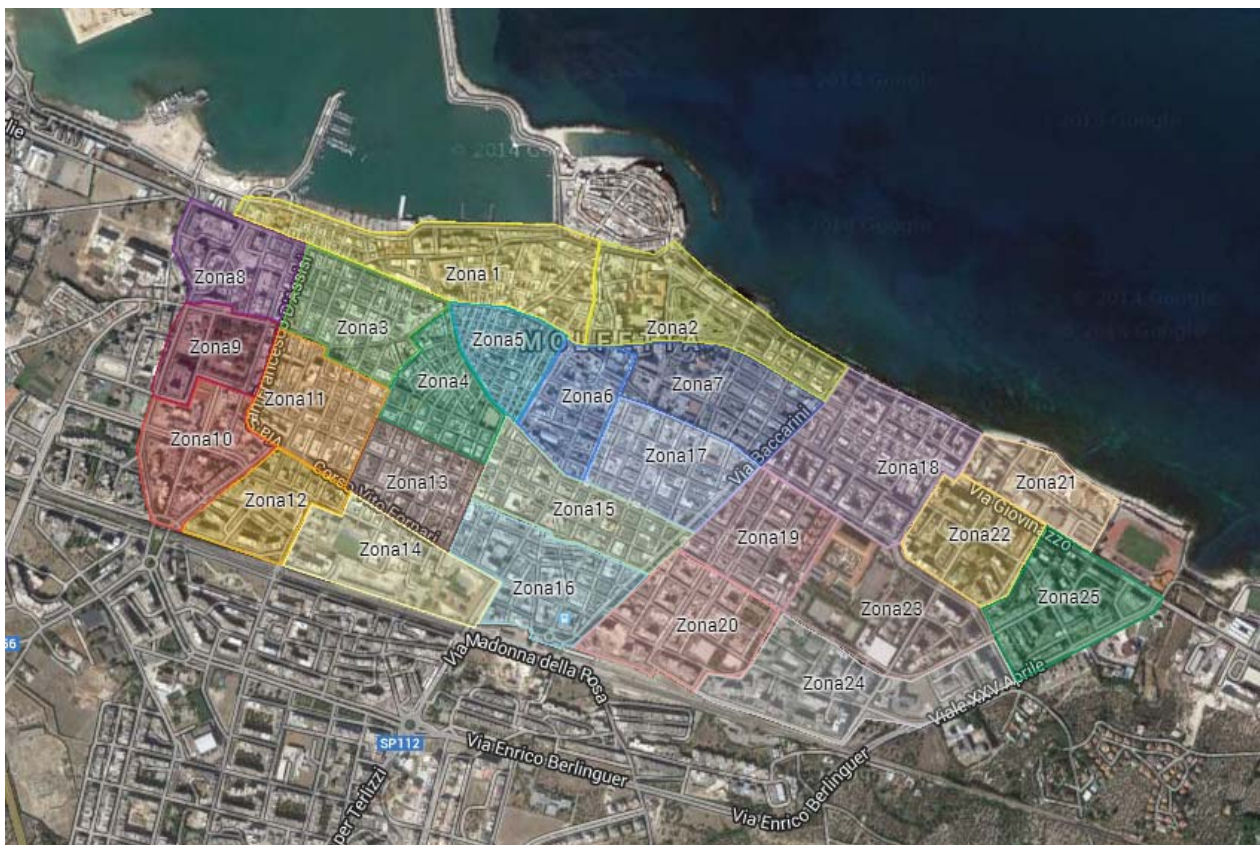


Figura 7: Area oggetto di studio e zonizzazione della stessa

Il rilievo dell'offerta verrà effettuato riportando su planimetrie tutti gli stalli di sosta secondo la reale disposizione su strada e la loro tipologia, riguarderà sia i parcheggi in spazi concentrati che su strada; verranno esclusi solo le autorimesse private (garage) e i parcheggi in aree chiuse.

La domanda di sosta verrà rilevata con due distinte tecniche di rilievo:

- il conteggio ricorsivo sull'intera rete oggetto di indagine secondo la zonizzazione proposta;

- il metodo della targa, indicazione a campione su 5 aree con circa 130 stalli per area nelle zone più critiche dell'area oggetto di studio da concordare con la Committenza.

Il rilievo con il metodo del conteggio consiste nel conteggio dei veicoli in sosta e si effettua su tre passaggi, uno notturno (4:00 - 6:00), uno mattutino (9:00 - 12:00) ed un pomeridiano (16:00 - 19:00), per ogni Zona da indagare, in modo da avere una visione globale delle dinamiche della sosta. La classificazione base è tra sosta regolare ed irregolare

Per poter avere una conoscenza più approfondita delle reali dinamiche delle sosta nelle aree maggiormente critiche è necessario condurre indagini con il metodo della targa.

Le indagini con tale metodologia prevedono il rilievo dei numeri di targa effettuato in diversi momenti della giornata; vengono infatti eseguiti, per ogni strada della viabilità principale da indagare, sette passaggi: un passaggio notturno dalle 5:00 alle 6:00, tre passaggi mattutini dalle 9:00 alle 12:00 e tre passaggi pomeridiani dalle 16:00 alle 19:00.

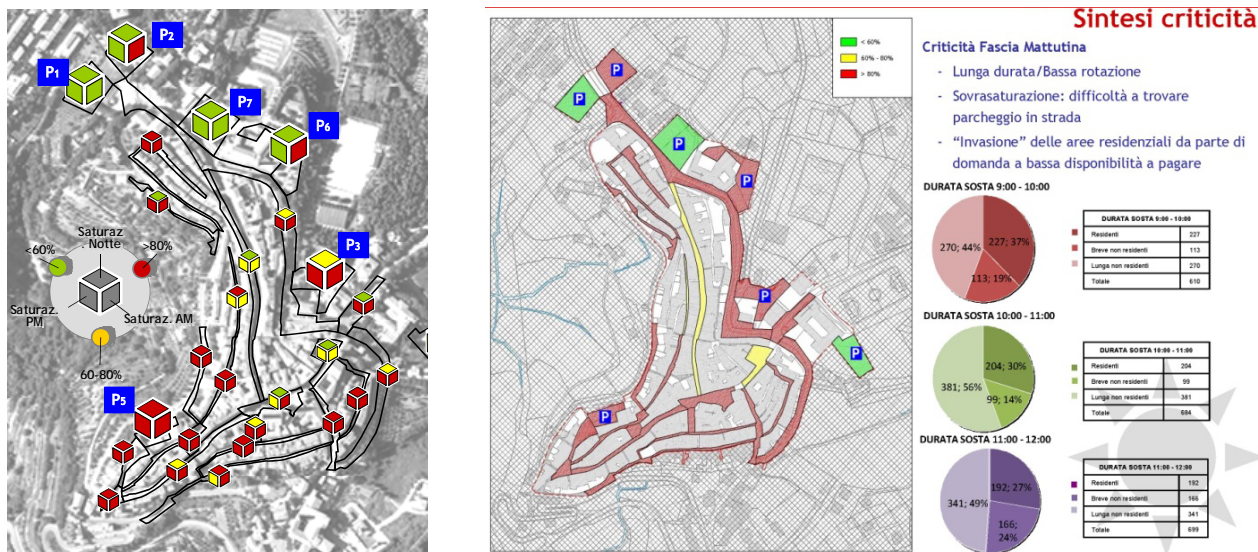


Figura 8. Analisi delle criticità emerse dalle indagini sulla sosta - Piano della sosta di Città della Pieve (PG)

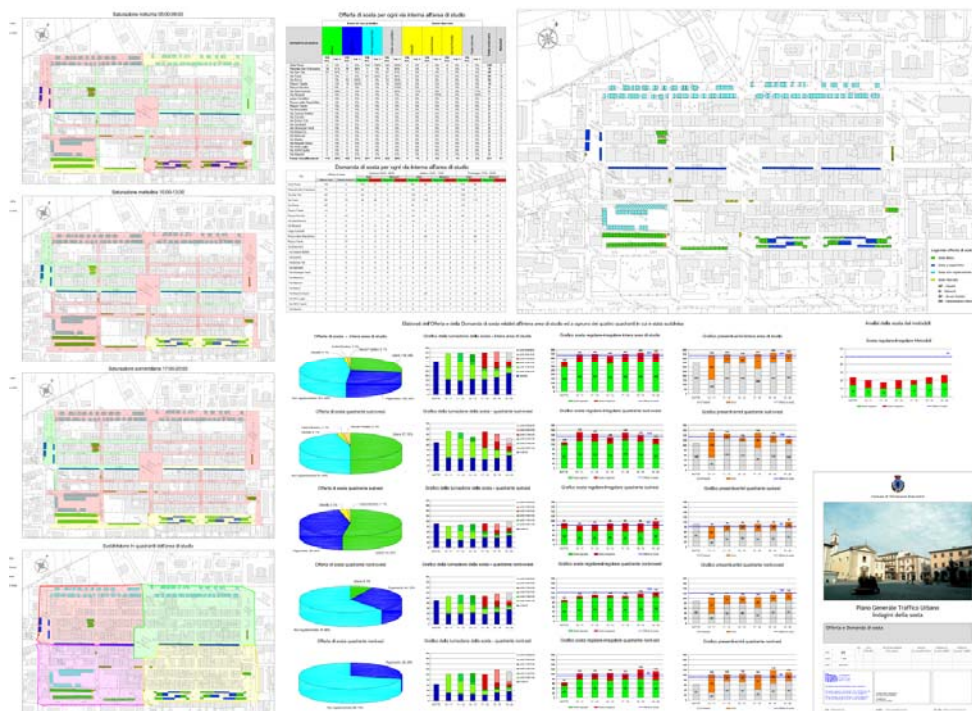


Figura 9. Tavola delle indagini sulla sosta - PGTU di Terranuova Bracciolini (AR)

3 Modello di simulazione del traffico

Le indagini di traffico svolte saranno utilizzate per la costruzione del modello di simulazione del traffico della città di Molfetta. Il SW che verrà impiegato per implementare il modello di simulazione è VISUM di cui TPS è distributore ufficiale curatore della versione italiana in modo da garantire un immediata possibilità di trasferimento dati con il modello provinciale e regionale dei trasporti che è implementato nello stesso ambiente.

Nei paragrafi seguenti vengono brevemente descritti i passi fondamentali dell'implementazione del modello di simulazione rappresentativo del funzionamento della rete stradale attuale del comune di Molfetta, e necessario alle simulazione degli interventi previsti dal PUMS che l'Amministrazione si appresta a redigere. Le simulazioni dello scenario di progetto saranno finalizzate alla valutazione e quantificazione dell'impatto degli interventi del Piano sulla mobilità cittadina.

3.1 Modello di offerta

La rete stradale verrà rappresentata nel modello attraverso un grafo georeferenziato costituito da archi e nodi. Ogni elemento del grafo sarà caratterizzato da una funzione di impedenza che ne descrive le prestazioni in termini di tempi di percorrenza in funzione dei flussi veicolari serviti.

Una volta implementato il grafo si presta ad essere impiegato per numerose altre applicazioni che rientrano tra i compiti di istituto dell'Amministrazione comunale (catasto stradale, manutenzione, gestione del contratto di servizio del TPL...).

Tabella 4: classificazione funzionale della rete stradale

Tipo	Descrizione macro-categoria
00 - 09	Archi speciali (direzione di transito non consentito, ...)
10 - 19	Autostrade
20 - 29	Strada extraurbana principale
30 - 39	Strada extraurbana secondaria
40 - 49	Strada extraurbana locale
50 - 59	Strada urbana di scorrimento
60 - 69	Strada urbana di quartiere
70 - 79	Strada urbana locale

All'interno di ciascuna macro-categoria sarà fatta poi un'ulteriore distinzione sulla base di attributi quali il numero di corsie, la capacità (in termini di autovetture equivalenti), la velocità di percorrenza a rete scarica. Saranno quindi definiti dei tipi standard di archi, rappresentativi di alcune caratteristiche standard delle varie tratte stradali della rete ai quali corrisponderanno anche delle specifiche curve di deflusso.

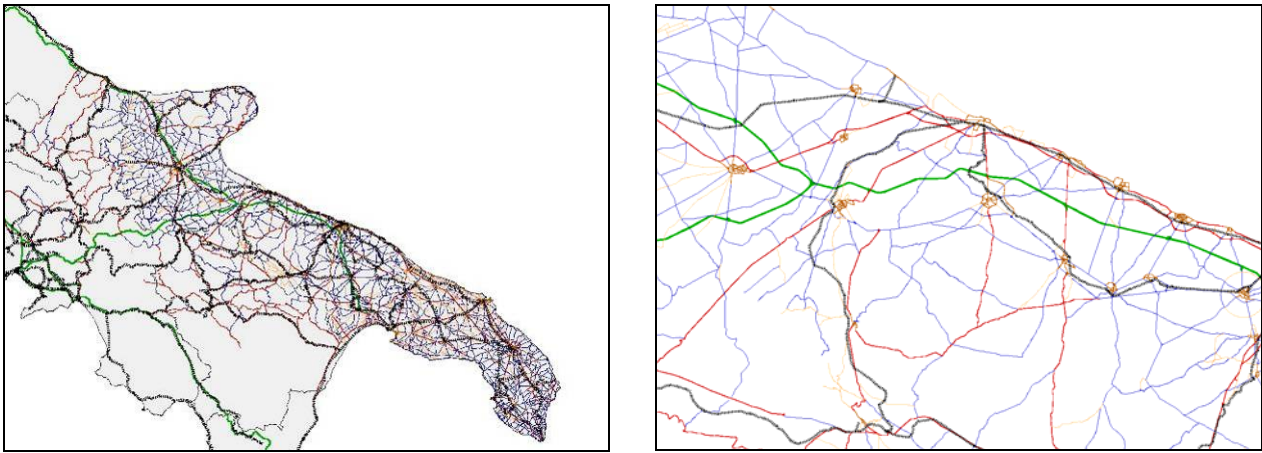


Figura 10: grafo di rete regionale, globale e dettaglio

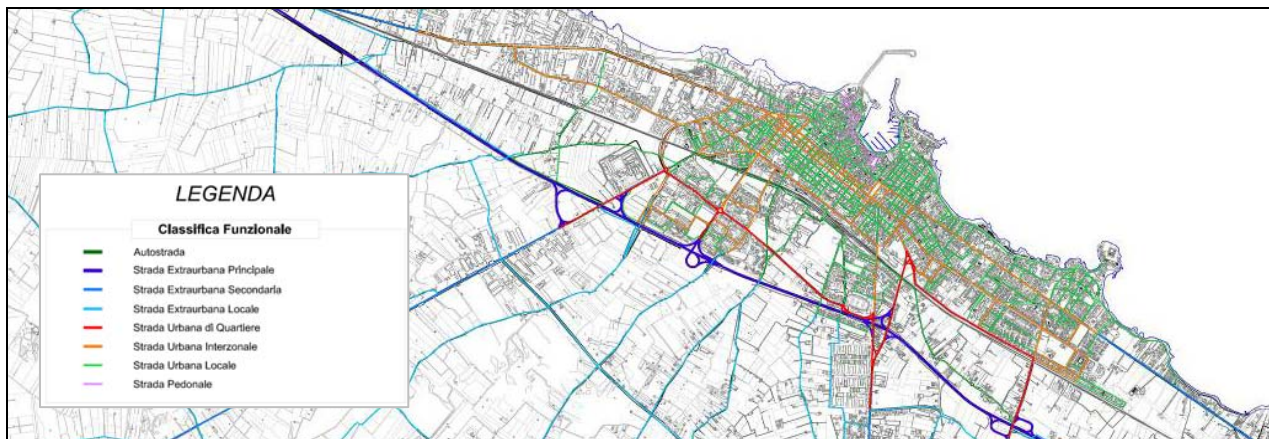


Figura 11: grafo urbano con classifica funzionale

3.2 Modello di domanda

La stima della domanda di mobilità effettuata attraverso le indagini di cui al precedente capitolo consente di ricavare le matrici O/D rappresentative degli spostamenti che interessano l'area di studio, in un determinato periodo di tempo, una volta note le caratteristiche del sistema insediativo, del sistema delle attività e del sistema di offerta di trasporto.

3.2.1 Analisi territoriali di dettaglio, zonizzazione e determinazione della domanda attuale

Attraverso questa attività ci si propone di consolidare il quadro conoscitivo relativamente allo stato e alle dinamiche in atto nel sistema insediativo, residenziale e produttivo, e possibilmente, sulla base dei dati disponibili presso il Comune (PUG, Piano Strategico, ...), i relativi trend, in modo da evidenziare la prospettiva di crescita insediativa al fine della proiezione della domanda di trasporto per la valutazione del funzionamento dello scenario di progetto nel futuro.

Un'analisi territoriale di maggior dettaglio verrà condotta in campo urbano a livello di sezione di censimento, con l'obiettivo di individuare le principali caratteristiche dell'area studio sotto il profilo della popolazione (composizione e densità), delle dinamiche demografiche, della distribuzione delle attività produttive e degli addetti.

A seguito delle suddette analisi si procederà alla definizione della zonizzazione da impiegare per la ricostruzione della domanda e le valutazioni trasportistiche. Attraverso partizioni territoriali sulla base dell'aggregazione delle sezioni di censimento Istat 2011, sarà definita una zonizzazione interna al comune. Attraverso delle macro-zone verranno rappresentate le principali direttrici esterne,

indispensabili per la rappresentazione della mobilità di scambio e attraversamento dell'area vasta. L'accesso/egresso alla/dalla rete ai/dai centroidi delle zone di traffico sarà modellizzato attraverso elementi lineari definiti Connessioni che non hanno corrispondenza con elementi reali della rete. Tali elementi simulano virtualmente e in maniera diretta questo fenomeno di accesso/egresso alla/dalla rete stradale.

Per la determinazione delle matrici O/D verranno calibrate le matrici O/D di base in funzione dei risultati delle indagini di traffico descritte al capitolo precedente (conteggi veicolari e indagini O/D).

3.3 Simulazione dell'interazione domanda/offerta

Il software VISUM offre la possibilità di utilizzare varie procedure di assegnazione degli spostamenti con mezzo di trasporto privato che differiscono per l'algoritmo di ricerca, la procedura di ripartizione e l'input di dati richiesto oltre che, conseguentemente, per tempo di calcolo e precisione.

Tutte queste procedure si basano comunque su un algoritmo di percorso ottimo, che ricerca i percorsi di impedenza minima. L'impedenza di ciascun itinerario è innanzitutto composizione dalle impedenze degli archi, delle manovre di svolta e delle connessioni che compongono l'itinerario stesso.

In generale tale impedenza tiene conto del *tempo di percorrenza a rete carica* (t_{corr}), calcolato a partire da quello a rete scarica in considerazione del volume di traffico assegnato e delle curve di deflusso. Per gli archi delle infrastrutture a pedaggio tale impedenza considera anche questo costo monetario di transito sull'infrastruttura stessa, che sarà riportato ad una stessa unità di misura (secondi) con un fattore di conversione pari all'inverso del Valore del tempo percepito dai conducenti delle autovetture (tenuto conto che le valutazioni saranno relative ad ore di punta).

Il metodo di assegnazione utilizzato sarà quello di assegnazione all'equilibrio. Questa procedura segue il principio di ottimo per l'utente (1° Principio di Wardrop). Per tutte le relazioni (dalla zona i-esima alla zona j-esima) tutti gli itinerari alternativi trovati nell'assegnazione saranno equivalenti, a meno di un delta relativo dello 0,05% o di un delta assoluto di 10 secondi, e non esiste nessun itinerario alternativo con minore impedenza. Lo stato di equilibrio viene calcolato dopo una prima assegnazione multi-stadio.

La soluzione iniziale utilizzata per il calcolo dell'equilibrio è il risultato di una assegnazione incrementale a 12 passi, con assegnazione di quote matriciali via via decrescenti (30, 20, 10, ... 1%). Ad ogni passo iterativo della verifica di equilibrio vengono posti a confronto tutti gli itinerari utilizzati su una specifica relazione e vengono ricercati eventuali nuovi percorsi caratterizzati da una minore impedenza. Ad ogni verifica positiva vengono trasferiti veicoli da un itinerario all'altro. Tale confronto e ricerca viene effettuata per tutte le relazioni delle matrici di domanda diverse da zero. L'equilibrio della rete viene raggiunto quando il trasferimento dei veicoli da un itinerario all'altro non produce ottimizzazioni significative (relative o assolute), cioè non viene trovato nessun nuovo itinerario con impedenza minore, oppure al raggiungimento di un numero massimo di iterazioni.

Uno degli aspetti più importanti ai fini del calcolo dell'impedenza su un itinerario è la definizione delle curve di deflusso ovvero delle funzioni che definiscono la legge matematica che lega il flusso veicolare (valore assoluto e composizione percentuale delle varie tipologie) alla velocità oppure al tempo di percorrenza.

Il tipo di curva di deflusso che sarà impiegata è una funzione di tipo BPR con la seguente espressione generale:

$$t(corr) = t_0 \times \left(1 + a \times \left(\frac{q}{c \times q_{max}}\right)^b\right) \text{ dove}$$

$t(corr)$ tempo di spostamento corrente a rete carica

t_0 tempo di spostamento per ogni elemento della rete in condizioni di rete scarica

q volume di traffico corrente

q_{max} volume di traffico massimo (capacità)

a, b, c parametri che definiscono la forma della curva di deflusso stessa.

Curve di deflusso con specifici parametri saranno poi associate alle singole tipologie di archi definite.

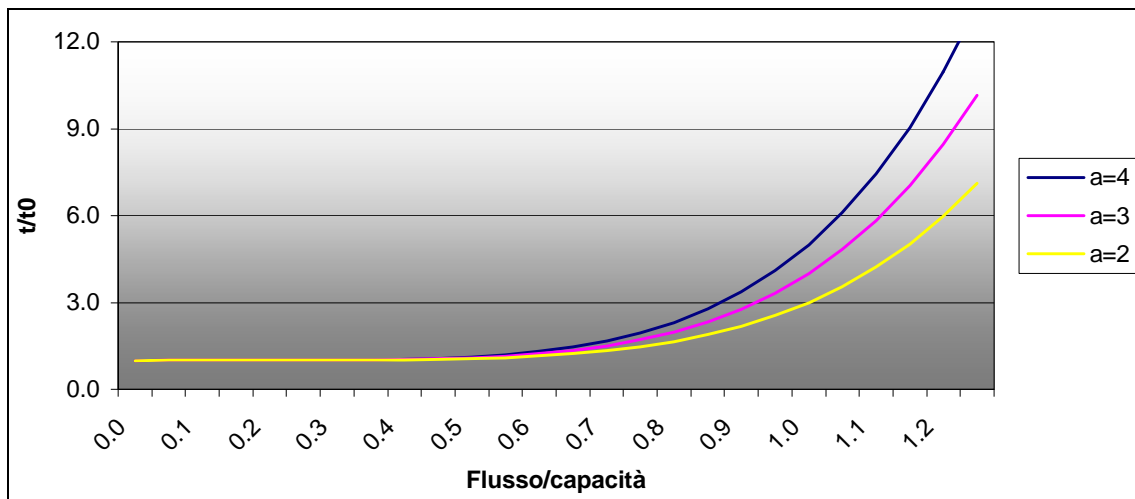


Figura 12: esempio di curve di deflusso al variare del par. a

3.3.1 Calibrazione, validazione e convergenza del modello

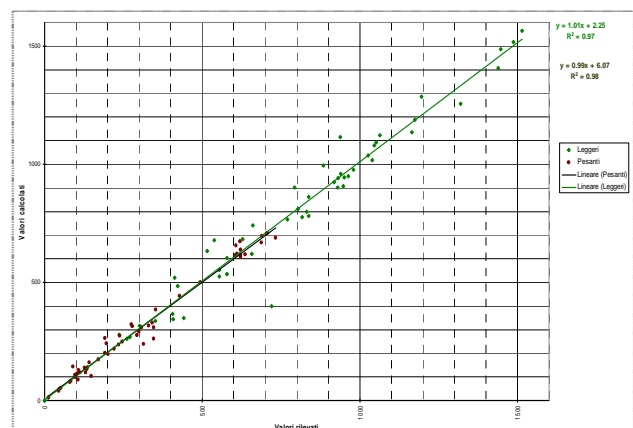
I modelli saranno calibrati tramite la tecnica “Maximum Likelihood”, affinché riproducano con buona approssimazione la situazione reale. Successivamente la calibrazione ottenuta sarà valutata attraverso la validazione del modello, che consisterà nel calcolo di indicatori statistici (likelihood ratio, goodness of fit, scattergrams, ecc.) di confronto tra “fotografia” della situazione attuale e corrispondenti outputs dei modelli. Si perverrà alla matrice di massima verosimiglianza impiegando, poi, un algoritmo basato su logica fuzzy per la correzione delle matrici a partire da dati di rilievo disponibili. A fianco un esempio di confronto tra flussi auto stimati da modello (in verde) e flussi auto rilevati (in rosso).

Il metodo TFlow-Fuzzy è integrato all’interno dello stesso software di macro-simulazione VISUM. Il principale vincolo utilizzato saranno i flussi di traffico rilevati sugli archi di controllo. La bontà della calibrazione e della taratura sarà quindi verificata e migliorata tenendo conto dei seguenti parametri di correlazione:

- coefficiente di correlazione (R^2);
- coefficiente angolare;
- intercetta.

Sul modello calibrato sarà possibile analizzare e comprendere l’attuale uso della rete:

- flussi;
- composizioni di flusso;
- livelli di congestione.



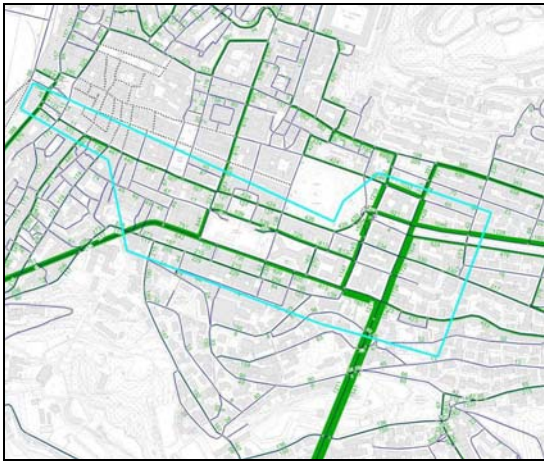


Figura 13 - Volumi di traffico sulla rete

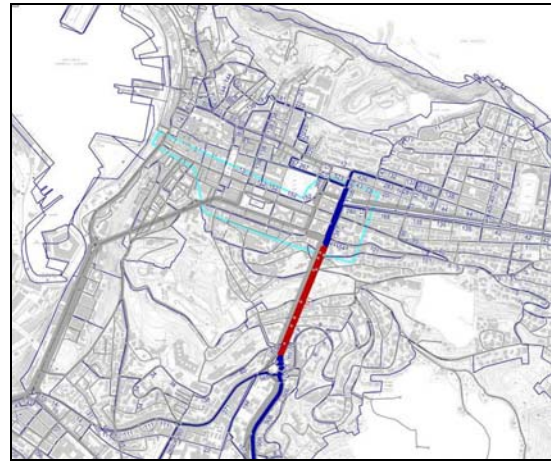


Figura 14: Composizione di flusso sulla rete

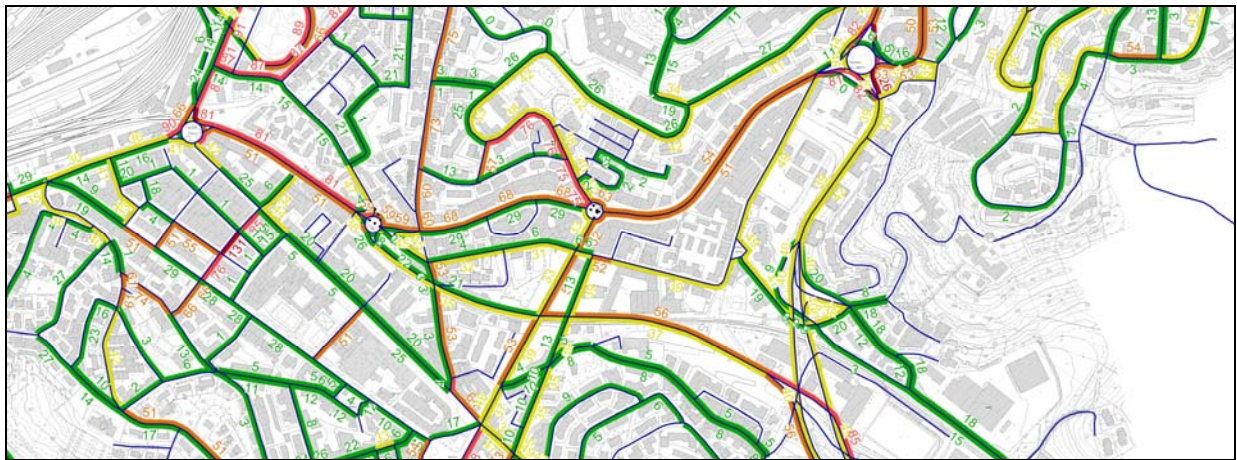


Figura 15: Saturazione della rete

3.4 Messa a punto dello scenario progettuale e delle sue eventuali varianti migliorative e/o alternative

A partire dal modello calibrato rappresentativo dello stato attuale verranno generati tutti gli ulteriori scenari da analizzare.

Ogni scenario è costituito da un assetto coerente del sistema di offerta (infrastrutture, servizi, tariffe), eventuali politiche di orientamento della domanda e da una matrice di domanda.

Oltre allo scenario di riferimento comprendente tutti gli interventi programmati dall'Amministrazione comunale, di cui verrà analizzato il funzionamento verranno presi in considerazione anche altri scenari previsti dal PUMS.

3.5 Valutazione e confronto degli scenari di progetto

Tutti gli scenari alternativi di progetto che risulteranno dalla fase di condivisione con gli uffici competenti dell'Amministrazione e la Giunta comunale verranno implementati e simulati con il software di macrosimulazione VISUM.

Tale software consente un confronto globale e puntuale dei risultati delle varie assegnazioni attraverso diverse modalità di rappresentazione grafica. Di seguito si riportano alcuni esempi di rappresentazione, eseguiti per singoli scenari dello stesso progetto o in comparazione fra diversi scenari:

- volumi di traffico sull'intera rete oggetto di studio,
- volumi di traffico su singole intersezioni della rete (per specifiche manovre di svolta),
- volumi di traffico sotto forma di composizioni di flusso (per specifici itinerari),
- reti di differenza: tale funzionalità permette un confronto immediato tra scenari consentendo di evidenziare in colore diverso gli archi su cui si è avuta una variazione positiva o negativa del flusso.
- livelli di congestione.

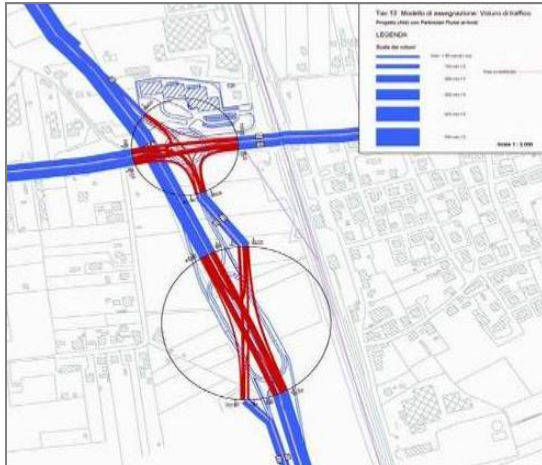


Figura 16: Volumi di traffico su intersezioni

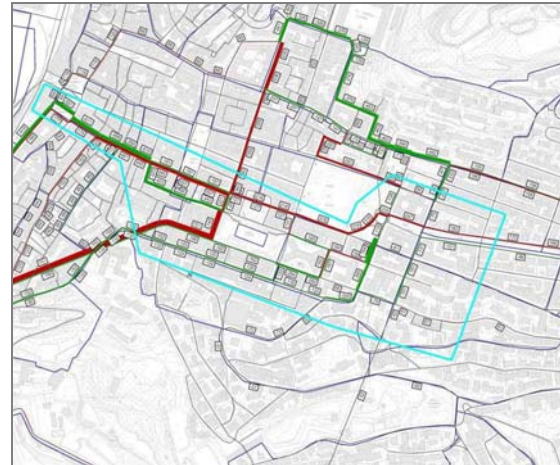


Figura 17: Differenza volumi di traffico sulla rete

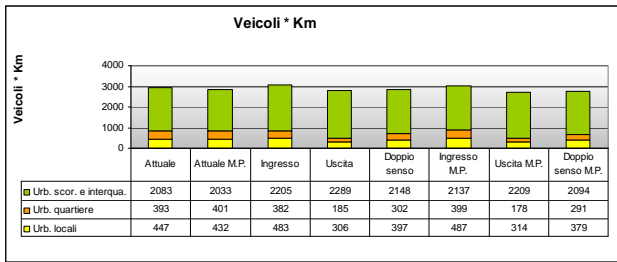
3.5.1 Gli indicatori di prestazione

Il confronto tra gli scenari sarà, inoltre, basato su una serie di indicatori trasportistici ed ambientali di seguito descritti.

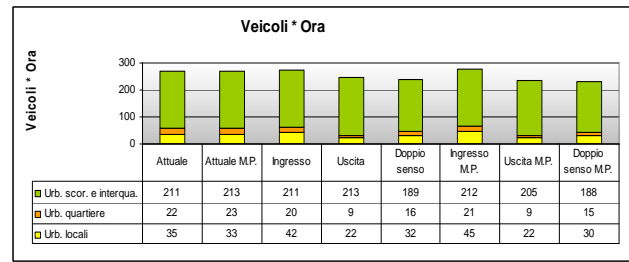
Al fine di valutare le prestazioni degli scenari che si predisporranno saranno impiegati una serie di indicatori sintetici calcolati per l'area di studio:

- lo sviluppo metrico della rete stradale [Km] distinto per tipo di viabilità;
- la capacità cumulata della rete stradale [veic*h*Km] distinta per tipo di viabilità;
- le percorrenze complessive [veic*km] sviluppate dalle auto nelle ore di punta, distinte per tipo di viabilità;
- il tempo speso sulla rete [veic*ora] dalle auto nelle ore di punta, distinto per tipo di viabilità;
- la velocità corrente [km/h], ossia le velocità medie tenute sugli archi nelle ore di punta, distinte per tipo di viabilità;
- il livello di saturazione della rete [rapporto/capacità] ovvero la percentuale di rete stradale distinta per classi di saturazione (inferiore a 0.8, tra 0.8 e 1 e maggiore di 1), distinte per tipo di viabilità.

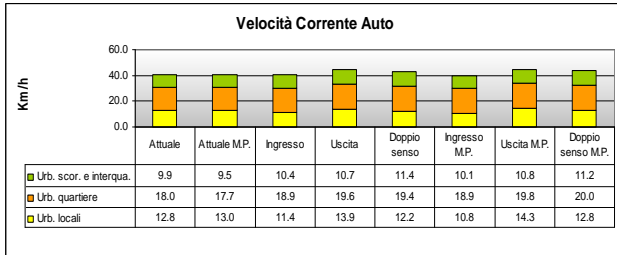
Di seguito si riportano alcuni esempi di elaborati di confronto prodotti per i diversi scenari.



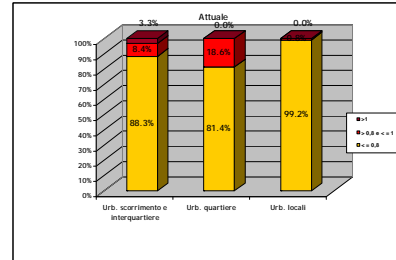
Confronto dei veicoli*km



Confronto dei veicoli*ora



Confronto della velocità corrente



Livello di saturazione tipo di viabilità - Scenario Attuale

4 Offerta economica

Per l'effettuazione delle indagini di traffico (sessione estiva ed autunnale) descritte al capitolo 2, e le attività per la predisposizione del modello di simulazione del traffico necessario per le valutazioni trasportistiche da fornire all'interno della redazione del PUMS della città di Molfetta, descritto al capitolo 3, l'onorario è quantificato in 40'000 euro oltre IVA al 22%.