

Linee guida per la valutazione dell'impatto sul traffico di nuovi interventi urbanistici in Milano

<i>elaborato:</i>		<i>codifica:</i>	
RELAZIONE		130430013_00	
		<i>revisione:</i>	
<i>data:</i>	<i>redatto:</i>	<i>verificato:</i>	<i>approvato:</i>
08/05/2013	Ing. G. Daño ^{GD} Ing. R. Porta ^{RP} Urb. M. Schioppi ^{MS}	Ing. G. Daño ^{GD}	Dott. L. Tosi ^{LT}

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. CONTENUTI DELLO STUDIO DI TRAFFICO	3
2.1 DATI E INFORMAZIONI CARATTERIZZANTI L'INTERVENTO	4
2.2 ANALISI DEL CONTESTO IN CUI SI INSERISCE L'INTERVENTO	5
2.2.1 ANALISI DELL'OFFERTA	6
2.2.2 ANALISI DELLA DOMANDA PRE-INTERVENTO.....	6
2.2.3 Analisi della sosta.....	8
2.2.4 Altri elementi di analisi	8
2.3 STIMA DELLA DOMANDA DI MOBILITA' INDOTTA.....	9
1.1.1 Bilancio della sosta	13
2.4 ANALISI DI IMPATTO DELL'INTERVENTO.....	12
3. ANALISI DI IMPATTO MEDIANTE MODELLI DI SIMULAZIONE	14
3.1 DEFINIZIONE DELLA RETE	14
3.2 DEFINIZIONE DELLE MATRICI O/D E COMPONENTI DI TRAFFICO	15
3.3 SCENARI E CALIBRAZIONE DEI MODELLI.....	16
3.4 PARAMETRI PER SIMULAZIONI MACROMODELLISTICHE	18
3.5 PARAMETRI PER SIMULAZIONI MICROMODELLISTICHE.....	22
3.6 PRESENTAZIONE E ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	23

1. PREMESSA

Le presenti linee guida definiscono i contenuti e le modalità per la predisposizione degli studi di impatto sul traffico e sulla mobilità da allegare alla documentazione richiesta per l'approvazione di interventi urbanistici nel Comune di Milano.

Il documento si suddivide in due capitoli:

- Il primo capitolo è dedicato ai contenuti degli studi di traffico, alle analisi sullo stato esistente e alle modalità di stima della mobilità indotta;
- Il secondo capitolo approfondisce le modalità di sviluppo ed i contenuti delle elaborazioni modellistiche, svolte a supporto delle analisi e della verifica di impatto trasportistico.

Nelle linee guida sono inclusi i principali parametri usualmente utilizzati per le stime di traffico e le valutazioni trasportistiche da parte dell'Amministrazione del Comune di Milano. L'adozione di parametri differenti dovrà essere motivata e supportata da adeguata documentazione da cui sia verificabile la congruità dei parametri utilizzati e l'applicabilità dei medesimi all'intervento in oggetto.

In questi casi tuttavia l'Amministrazione si riserva di effettuare le proprie verifiche applicando i parametri ritenuti più cautelativi.

A supporto degli studi di traffico, è stato inoltre predisposto, a cura di AMAT, un foglio elettronico contenente una procedura per la stima della domanda di mobilità indotta dagli interventi relativamente alle tipologie di funzioni più frequenti. Tale procedura può essere utilizzata per interventi di dimensioni sino a 100.000 mq di SLP, con un limite massimo di 10.000 mq per la quota commerciale. Gli interventi di dimensioni maggiori potranno utilizzare comunque tale procedura per le valutazioni preliminari.

2. CONTENUTI DELLO STUDIO DI TRAFFICO

Gli studi di traffico dovranno contenere, in linea di principio, una chiara spiegazione della metodologia seguita, nonché tutti gli elementi analitici necessari e sufficienti a consentire la verifica puntuale delle elaborazioni effettuate.

I contenuti minimi di tali studi, descritti in dettaglio nei paragrafi successivi, saranno costituiti da:

- Una descrizione dell'intervento integrata mediante mappe planimetriche e topografiche atte a identificare la struttura nel contesto urbano e identificare l'area di studio;
- I dati quantitativi caratterizzanti l'intervento (SLP) relativi alle funzioni di cui è previsto l'insediamento;
- Una analisi delle caratteristiche e delle condizioni di traffico sulla viabilità e sulla rete dei trasporti privati e pubblici nell'area circostante l'intervento;

- Una analisi della domanda di mobilità indotta dall'intervento, effettuata a partire dai dati quantitativi caratterizzanti;
- Una analisi dell'impatto dei flussi di traffico indotti dall'intervento, eventualmente esteso, qualora richiesto dall'amministrazione, oltre a quello sulla viabilità, ad altre modalità di trasporto (es. trasporto pubblico, ciclabile, pedonale).

2.1 DATI E INFORMAZIONI CARATTERIZZANTI L'INTERVENTO

Sintesi descrittiva dell'intervento con indicazione delle SLP complessive previste relativamente alle varie destinazioni d'uso, con particolare riferimento a:

- SLP destinata a residenza;
- SLP destinata a terziario (uffici);
- SLP destinata a commercio;
- SLP destinata a funzione produttive;
- SLP destinata a funzioni non riconducibili alle precedenti, quali scuole, ospedali, cinema-teatro ecc.).

Nel caso di destinazione d'uso a commercio, dovrà essere specificato se e quanta SLP sarà dedicata al commercio al dettaglio, alla media nonché alla grande distribuzione. Dovrà essere inoltre specificato se l'insieme delle superfici commerciali concorrerà alla formazione di un Centro Commerciale, ovvero una struttura a destinazione specifica nella quale si inseriranno più esercizi commerciali, usufruendo di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente e comprendente al suo interno, oltre agli spazi commerciali, spazi destinati a servizi comuni, in modo da essere riconosciuta come entità commerciale a sè stante dal consumatore.

Nel caso di destinazioni d'uso differenti da residenza, terziario, commercio e industria, quali scuole, ospedali, spettacolo, dovranno essere specificate sia le relative SLP che le quantità assolute di utenti per le quali le strutture sono dimensionate, quali, ad esempio:

- Numero di posti auto di parcheggio aggiuntivi rispetto a quelli pertinenziali o a standard di legge;
- Numero di posti letto per funzioni ricettive;
- Numero di studenti, numero di aule e tipologia (primaria, secondaria, universitaria) per funzioni di istruzione;
- Numero di poltrone o posti, numero sale per funzioni di spettacolo;
- Numero di posti letto, sale operatorie, ambulatori, addetti per funzioni ospedaliere o cliniche;
- SLP e numero di addetti per funzioni produttive.

Per quanto riguarda le superfici a parcheggio, realizzate a qualunque titolo, ovvero pertinenziali, a standard pubblico o altro motivo, dovranno essere indicati la relativa superficie ed il numero di posti auto da progetto, indicando tali

valori separatamente per parcheggi pertinenziali e parcheggi pubblici. Dovranno essere inoltre riportate mappe e planimetrie dalle quali si possano ricavare le quantità di posti auto, i punti di ingresso/uscita dalla viabilità esterna e le principali vie di distribuzione interna ai parcheggi. Vanno anche indicate le quantità e la tipologia di parcheggi che si intende eventualmente monetizzare.

Non saranno in generale ammessi valori parametrici (i.e. mq/stallo, mq/alunno ecc.) se non suffragati da adeguata dimostrazione della loro effettiva applicabilità all'intervento in oggetto. In questi casi, l'Amministrazione si riserva comunque di applicare i parametri ritenuti più cautelativi o relativi ad interventi e/o tipologie analoghe di destinazione d'uso.

2.2 ANALISI DEL CONTESTO IN CUI SI INSERISCE L'INTERVENTO

Un capitolo dello studio dovrà essere dedicato alla descrizione e all'analisi del contesto urbanistico e viabilistico nel quale si colloca l'intervento, nonché ai flussi di traffico che insistono sul reticolo viario circostante e sulla rete dei trasporti pubblici e sui quale andrà ad impattare il traffico indotto.

La definizione dell'area di studio viene di norma effettuata dagli Uffici a seguito delle informazioni ricevute nella fase preliminare, di una pre-analisi delle condizioni di viabilità esistenti nel reticolo viario del settore urbano o del quartiere interessato dall'intervento e delle previsioni di sviluppo urbanistico ed infrastrutturale, relativamente a flussi di traffico, condizioni della sosta, percorsi pedonali e ciclabili, nonché linee di trasporto pubblico.

I criteri generalmente seguiti per la definizione dell'area di studio sono di seguito riportati, tenendo presente che questi non sono vincolanti a causa della varietà di situazioni e contesti che caratterizzano il tessuto urbano.

La perimetrazione minima dell'area di studio sarà di norma definita in modo da comprendere la viabilità di perimetro agli isolati confinanti con quello (o a quelli) interessato dall'intervento, ovvero almeno due cerchie di strade intorno all'intervento.

Qualora nella viabilità così definita:

- siano presenti assi viari primari;
- ricadano assi viari caratterizzati da livelli di congestione elevati;
- siano comunque rilevanti per il settore urbano considerato (es. assi di distribuzione);
- sussistano tratti di viabilità sui quali andranno presumibilmente (ad esempio per effetto della disciplina della circolazione) ad insistere quote significative, in assoluto o in relativo, i flussi indotti dall'intervento,

l'analisi dovrà essere estesa sino a comprendere almeno la prima intersezione di questi con un asse primario, anche se posta al di fuori del reticolo considerato.

Indicativamente, per quota significativa si intende il caso in cui il traffico generato dall'intervento costituisca almeno una quota pari al 10% del traffico esistente o il 20% di quello generato dall'intervento stesso.

2.2.1 ANALISI DELL'OFFERTA

L'analisi dell'offerta dovrà essere supportata mediante elaborati grafici indicanti in particolare la disciplina della circolazione, la gerarchia degli assi viari, il numero di corsie e i dati planimetrici essenziali, specificando le modalità di regolazione del traffico ai nodi. In caso di intersezioni semaforizzate, dovrà essere riportato nello studio il diagramma semaforico completo per ciascuna manovra, inclusi gli attraversamenti ciclopedonali.

Un apposito paragrafo dovrà essere dedicato all'analisi della sosta nell'ambito, sia in strada che fuori sede stradale o in struttura, con le relative modalità di regolazione, come specificato nel seguito.

Da non trascurare la mappatura delle linee di trasporto pubblico, con relative frequenze e fermate, nonché una analisi della percorribilità della rete viaria da parte di pedoni e ciclisti.

2.2.2 ANALISI DELLA DOMANDA PRE-INTERVENTO

Per quanto riguarda l'analisi della domanda relativa allo stato di fatto, dovranno essere effettuati i conteggi dei volumi di traffico nei punti richiesti dagli Uffici. In genere, si tratterà di rilevare i flussi di traffico in ingresso ed in uscita dall'area di studio, nonché relativi alle svolte sulle intersezioni più importanti o, comunque, che risultano più critiche, sia in termini di congestione che di sicurezza. I rilievi dovranno consentire una ricostruzione affidabile delle quantità di traffico veicolare e delle relative direttrici sulla rete allo studio (matrice O/D).

Di norma i conteggi dovranno essere di tipo classificato distinguendo almeno le seguenti categorie:

- Auto;
- Motoveicoli;
- Veicoli commerciali;
- Biciclette.

Da notare che i conteggi richiesti dagli Uffici potranno essere integrati autonomamente dal Proponente, ad esempio in funzione della necessità di

Linee guida per la valutazione dell'impatto sul traffico di nuovi interventi urbanistici in Milano

disporre di ulteriori informazioni ai fini della redazione dello studio, utili, ad esempio, a definire la matrice O/D, o di una più completa descrizione del quadro complessivo della mobilità dell'area.

Qualora possa rivelarsi importante ai fini dell'efficacia dell'analisi (es. rilevante numerosità relativa od assoluta), è opportuno estendere i conteggi di flusso anche ai pedoni, alle biciclette, alle moto, ai veicoli pubblici, o ampliare la classificazione dei veicoli commerciali distinguendo veicoli leggeri (<35qli), veicoli pesanti (>35qli), autotreni/autosnodati ed autobus.

Quale orario di rilevazione dei flussi di traffico, questi andranno di norma effettuati nel periodo di punta del mattino 7.00-8.59, suddiviso per intervalli di 15'. In caso di interventi con rilevante presenza di funzioni commerciali, o che insistono su assi viari congestionati, le rilevazioni andranno effettuate anche nel periodo di punta serale 17.00-18.59.

I dati, oltre ad essere rappresentati in forma di tabelle, grafici ecc., dovranno essere allegati anche in formato digitale CSV, strutturati in record (per intervalli di 15') come nelle tabelle esemplificative di seguito riportate, a seconda che si tratti di conteggi di sezione o di svolta.

Data rilievo	Sezione	Direzione	Periodo intervallo	Biciclette	Moto	Auto	Comm.li leggeri	Comm.li medi	Autotreni/ Autoart.ti	Bus
gg/mm/aaaa	AAA	AAA	hh:mm	N	N	N	N	N	N	N
...
...

Tabella-tipo per la trasmissione dei dati di conteggio relativi a sezioni stradali

Data rilievo	Incrocio	Manovra da	Manovra a	Periodo intervallo	Biciclette	Moto	Auto	Comm.li leggeri	Comm.li medi	Autotreni/ Autoart.ti	Bus
gg/mm/aaaa	AAA	AAA	AAA	hh:mm	N	N	N	N	N	N	N
...
...

Tabella-tipo per la trasmissione dei dati di conteggio delle manovre di svolta

Dove:

- AAA stringa alfanumerica;
- N valore numerico intero;
- hh:mm ore e minuti di inizio dell'intervallo;
- gg/mm/aaaa data di rilevazione.

Naturalmente andranno allegate le opportune mappe atte ad identificare le sezioni e/o le intersezioni con l'indicazione della direzione dei flussi rilevati e/o delle manovre di svolta.

Per quanto riguarda la distinzione tra le tipologie di veicoli commerciali, si adotta per convenzione la seguente classificazione:

veicoli commerciali leggeri: lunghezza compresa tra 5,0 e 7,5 m;

veicoli commerciali medi:	lunghezza compresa tra 7,5 e 10 m;
veicoli commerciali pesanti:	lunghezza oltre 10 m.

2.2.3 Analisi della sosta

L'analisi delle condizioni di sosta nell'area di studio, dovrà in particolare comprendere almeno i seguenti aspetti, con i relativi valori quantitativi dettagliati per singolo tratto e lato di strada:

- Quantità dell'offerta in strada e fuori strada;
- Coefficienti di occupazione diurni e notturni;
- Durata del turn-over diurno;
- Modalità di regolazione dell'offerta di sosta (libera, riservata ai residenti, a pagamento, disco orario e relative tariffe).

Nelle analisi dovranno essere considerati anche eventuali ambiti di sosta privati, qualora siano quantitativamente rilevanti ai fini dell'analisi.

Le rappresentazioni numeriche e/o grafiche dovranno essere effettuate distintamente per via o ambito.

2.2.4 Altri elementi di analisi

L'analisi dovrà comprendere, in uno specifico capitolo, una ricognizione degli interventi urbanistici ed infrastrutturali ricadenti nell'area di studio, di cui andrà opportunamente tenuto conto nella predisposizione degli scenari futuri.

Uno o più ulteriori capitoli dovranno essere dedicato alle modalità e alla qualità di accessibilità dell'area per i modi pedonali, ciclabili e col mezzo pubblico.

Dovrà essere in particolare rilevata:

- L'eventuale assenza o l'inadeguatezza di marciapiedi (ad esempio in relazione ai flussi e alle tipologie di pedoni);
- La qualità e la sicurezza dei percorsi pedonali, in particolare per raggiungere le fermate dei mezzi pubblici e i poli attrattivi per la pedonalità presenti nella zona.
- Le condizioni di sicurezza per la mobilità ciclabile, con mappatura delle eventuali piste ciclabili esistenti;
- L'eventuale presenza di punti singolari per quanto riguarda l'incidentalità o la pericolosità per conflitti tra veicoli e/o veicoli e utenze deboli;
- La mappatura delle linee di superficie a servizio dell'area con localizzazione delle fermate dei mezzi pubblici e le relative frequenze di servizio.

2.3 STIMA DELLA DOMANDA DI MOBILITA' INDOTTA

La modalità di stima della domanda di mobilità va effettuata attraverso le seguenti fasi, in analogia alla metodologia modellistica a quattro stadi:

- Generazione della domanda;
- Distribuzione della domanda da/per le zone O/D;
- Ripartizione modale;
- Assegnazione.

Per gli interventi di piccole e medie dimensioni, per i quali ovvero si può ritenere che non modifichino la struttura e la ripartizione modale degli spostamenti esistenti nel settore urbano, si può ritenere accettabile l'approssimazione, a titolo cautelativo, di sommare la domanda aggiuntiva a quella esistente.

In questi casi si possono utilizzare i coefficienti di riparto modale messi a disposizione nel foglio elettronico predisposto da AMAT e le matrici di riferimento pubblicati sul sito di AMAT.

In pratica, la stima della domanda di traffico generato ed attratto verrà di norma effettuata in forma analitica applicando ai carichi urbanistici aggiuntivi previsti dall'intervento, ed in funzione della tipologia delle funzioni che si andranno ad insediare, i relativi parametri di generazione/attrazione degli spostamenti.

Per le funzioni più comuni, quali residenziale, terziario e commerciale, il carico urbanistico, in termini di numero di residenti e di addetti, può venire stimato, a partire dalle SLP previste, mediante i seguenti parametri:

- 33 mq/residente;
- 25 mq/addetto terziario (uffici);
- 39 mq/addetto media/grande distribuzione;
- 29 mq/addetto piccola distribuzione.

Il numero di residenti utile per la stima degli spostamenti meccanizzati viene quindi ridotto escludendo i minori di 11 anni, stimabili genericamente nell'8%.

Dai carichi urbanistici così ricavati, con i relativi coefficienti di generazione ed attrazione, si stimano quindi il numero di spostamenti giornaliero e da questo, mediante coefficienti di concentrazione oraria, il numero di spostamenti in ora di punta in ingresso o in uscita dai siti. I coefficienti di concentrazione oraria per i motivi di spostamento fondamentali (lavoro, studio, affari, shopping, altro e ritorno a casa) sono messi a disposizione da AMAT.

I principali coefficienti di generazione utilizzati sono i seguenti:

- Spostamenti/residente die (inclusi ritorni a casa): 2,72 sp/die

Di cui per i seguenti motivi:

- Lavoro: 0,44 sp/die
- Studio 0,09 sp/die
- Affari: 0,05 sp/die
- Shopping: 0,29 sp/die
- Altri motivi 0,49 sp/die
- Ritorno a casa 1,36 sp/die

- Spostamenti addetti (per addetto): 1,02 sp/die

- Spostamenti attratti da GDO: 0,219 sp/mq
- Spostamenti attratti da negozi vicinato: 0,294 sp/mq
- Spostamenti attratti da centri commerciali: 0,275 sp/mq

NOTA:

- I valori sopra riportati per le funzioni commerciali sono relativi al giorno feriale medio ed alla superficie lorda; per il sabato tali valori vanno raddoppiati.
- Gli spostamenti attratti dalle funzioni commerciali vanno considerati sia in ingresso che in uscita, con una durata media di sosta di 1 ora nel caso della GDO o dei centri commerciali.

Coefficienti di concentrazione oraria

Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti di concentrazione oraria per passare da spostamenti giornalieri a spostamenti in ora di punta del mattino e della sera:

Spostamenti indotti da residenti e addetti funzioni insediate per persona					
H punta	CASA	LAVORO	STUDIO	AFFARI	ALTRO
Mattino	0.009	0.330	0.308	0.081	0.084
Sera	0.163	0.009	0.011	0.027	0.043

NEGOZI		
H punta	IN	OUT
Mattino	0.000	0.000
Sera	0.109	0.163

Si precisa che, per quanto riguarda le funzioni commerciali, i valori sopra riportati sono ricavati sulla base dei dati medi di addetti e spostamenti relativi agli esercizi commerciali presenti a Milano, incluso il relativo mix tipologico. Nel caso di medie e grandi superfici specializzate per tipologie merceologiche ad elevata attrattività (es. elettronica di consumo, bricolage ecc.), è necessario che

lo studio utilizzi parametri specificatamente ricavati dall'analisi di casi analoghi e adeguatamente documentati.

Al fine di effettuare una prima stima della domanda di traffico indotto per le tipologie di funzioni più frequenti, nei limiti di quanto previsto dalle presenti Linee Guida e dalla Procedura stabilita, si può utilizzare il dato risultante dal foglio elettronico predisposto da AMAT ed utilizzato per l'analisi preliminare. Tale foglio fornisce il numero di veicoli in ingresso ed in uscita riferiti all'ora di punta del mattino e della sera a partire dalle SLP di progetto, nonché di ottenere le stime di riparto modale sulla base di due scenari temporali: breve termine (scenario 2015) e lungo termine (scenario PGT). Da notare che i valori di riparto modale sono pubblicati con riferimento all'ora di punta del giorno feriale medio e, quindi, spetta al Proponente effettuare le necessarie analisi, opportunamente documentate, per ricavare i coefficienti di riparto modale adatti per le altre situazioni.

Nel caso di funzioni non standardizzate (es. hotel, ospedali, centri sportivi, funzioni espositive, musei ecc.), si raccomanda di ricavare la domanda indotta sempre mediante procedure analitiche documentate e verificabili a partire dai dati caratteristici dell'intervento desumibili dal progetto, quali numero di utenti, dipendenti, studenti, posti disponibili ecc., riportando dettagliatamente le fonti eventualmente utilizzate.

Gli Uffici, oltre a richiedere eventualmente ulteriori approfondimenti in merito alle caratteristiche dell'intervento, potranno comunque fissare delle prescrizioni, nonché i parametri di generazione/attrazione e di riparto modale relativamente alle modalità di stima dei flussi di traffico di tali funzioni.

Una volta disponibili gli spostamenti indotti, questi vanno convertiti in veicoli applicando i coefficienti di riparto modale stimati da AMAT (ricavabili dal foglio elettronico) per l'orizzonte di temporale stabilito ed utilizzando il coefficiente di occupazione per veicolo, che, salvo eccezioni motivate, è convenzionalmente assunto pari a 1,2 passeggeri/auto.

Come detto sopra, la matrice O/D del traffico indotto negli interventi di piccole e medie dimensioni può venire ricavata a partire dalla matrice O/D messa a disposizione da AMAT, applicando la distribuzione degli spostamenti analoga a quelli già esistenti per la zona in cui ricade l'intervento.

A tal proposito, la zonizzazione di Milano (zone BVR) e dell'hinterland è riportata in appositi shapes cartografici pubblicati sul sito di AMAT.

Per l'assegnazione alla rete dei flussi di traffico indotto si rimanda al successivo capitolo, dedicato all'utilizzo di modelli di simulazione. A tale capitolo si rimanda anche per quanto riguarda la stima della domanda di traffico indotta dagli interventi di grandi dimensioni (indicativamente di dimensioni superiori ai 200.000 mq di SLP), per i quali occorre è d'obbligo redigere una analisi modellistica ad aliquote parziali a quattro stadi e uno studio specifico delle intersezioni con modelli dinamici.

2.4 ANALISI DI IMPATTO DELL'INTERVENTO

L'analisi dell'impatto determinato dal traffico generato dall'intervento sul contesto urbano e viabilistico in cui esso si colloca costituisce la finalità ultima dello studio di traffico. Tale analisi non si limiterà alla sola verifica della sostenibilità dei carichi di traffico (esistente + indotto) da parte della rete, ma dovrà anche essere considerata l'ammissibilità dei carichi di traffico rispetto al livello gerarchico della viabilità interessata e del contesto urbano su cui vanno ad incidere i flussi.

Non vanno infine trascurati gli effetti sulla sosta, sia che si tratti di nuova domanda di sosta, sia di variazioni all'offerta e delle conseguenze che tale variazione può determinare sull'assetto dei flussi di traffico e sul soddisfacimento della domanda preesistente.

Lo studio deve comunque includere una specifica valutazione volta a valutare la coerenza dei posti offerti a parcheggio, sia pubblici che pertinenziali, rispetto alla domanda di traffico indotto.

In linea generale, qualora si riscontrino nell'area di studio delle situazioni di criticità, in particolare di congestione e pericolosità, le proposte di mitigazione dovranno risultare migliorative anche rispetto alla situazione esistente prima dell'intervento.

Le valutazioni vanno inoltre effettuate con riferimento ad un orizzonte temporale sufficientemente ampio, in modo da considerare le variazioni di traffico prevedibili in futuro, e comunque posteriore all'anno in cui si prevede il completamento dell'intervento e la sua operatività.

Le verifiche dei carichi di traffico ammissibili, nei casi più semplici, possono essere effettuate mediante gli strumenti di analisi classici di tecnica del traffico, eventualmente ricorrendo a formule e metodologie pubblicate sulla letteratura qualificata (i.e. Highway Capacity Manual) o comunque generalmente utilizzati in ingegneria del traffico. In ogni caso, occorre che sia resa evidenza delle procedure e delle formule adottate, nonché dei passaggi analitici di calcolo, che devono pertanto essere adeguatamente documentati e riproducibili.

Nel caso di interventi di una notevole dimensioni e/o di aree di studio estese, è tuttavia opportuno il ricorso a modelli di simulazione.

In ogni caso, qualora sia ritenuto necessario attuare delle misure di mitigazione, in particolare se trattasi di nuove intersezioni e/o strade e/o riqualificazione di esistenti, linee o fermate di trasporto pubblico, piste ciclabili, percorsi pedonali, occorre che queste siano descritte e sviluppate almeno a livello di progetto di massima, allegando alla relazione i relativi elaborati volti a dimostrarne la fattibilità.

Qualora siano da modificare intersezioni semaforizzate, andranno riportati i diagrammi di massima dei nuovi schemi di fasatura e, per confronto, quelli eventualmente esistenti.

Si richiede inoltre una quantificazione di massima dei costi delle eventuali opere di mitigazione, indipendentemente dal fatto che ne sia prevista la copertura mediante gli oneri di urbanizzazione.

Le risultanze delle analisi dovranno essere rese evidenti mediante opportuni indicatori numerici di prestazione della rete o dei punti critici rilevati. Tali indicatori dovranno essere almeno i seguenti:

- tempi e/o velocità di percorrenza;
- livelli di congestione;
- grado di occupazione della sosta;
- lunghezza e variabilità delle code.

Ulteriori indicazioni sui dati da riportare a supporto delle valutazioni sono riportate nel capitolo con le specifiche per i modelli di simulazione.

2.5 BILANCIO DELLA SOSTA

Lo studio dovrà contenere uno specifico capitolo in cui viene effettuato il bilancio della sosta relativamente alla domanda indotta dall'intervento.

La verifica di equilibrio tra domanda ed offerta dovrà essere effettuata in termini di posti auto effettivamente usufruibili dalle funzioni che verranno insediate, nonché in modo separato tra parcheggi pertinenziali e parcheggi pubblici.

I parcheggi per motocicli possono essere omogeneizzati con un coefficiente pari a 0,5 (2 posti moto equivalgono ad un posto auto).

In caso di funzioni commerciali, con medie e grandi strutture o definibili come centri commerciali, è opportuno svolgere una verifica del bilancio della sosta riferita alla giornata di sabato.

Qualora siano previste altre funzioni in grado di attrarre quote significative di domanda, quali, ad esempio, cinematografi, impianti sportivi e strutture museali con affluenza di pubblico, le verifiche dovranno essere effettuate in generale nelle condizioni più sfavorevoli e, comunque, anche rispetto alla capacità di attrazione massima.

In questi casi, i coefficienti di riparto modale pubblicati da AMAT (validi per i giorni feriali e l'ora di punta) non sono in generale da ritenersi validi, sia per la tipologia di utenza, sia per il giorno, sia per gli orari e dovranno essere svolte opportune analisi che per ricavare i parametri utilizzati nel caso specifico.

In caso di deficit di offerta rispetto alla domanda di sosta generata dall'intervento, dovranno essere indicati le modalità di reperimento della sosta tali da soddisfare la domanda, quali utilizzo di altre aree di parcheggio ecc.

Nella relazione dovranno essere indicati altresì le modalità di gestione della sosta dei parcheggi pubblici, ad esempio a pagamento, a rotazione oraria ecc.

3. ANALISI DI IMPATTO MEDIANTE MODELLI DI SIMULAZIONE

Nel caso di interventi di notevoli dimensioni e/o di aree di studio estese o di particolare rilevanza urbanistica o trasportistica, è auspicabile il ricorso a modelli di simulazione, che possono essere di tipo statico-macroscopico (i.e. modelli di assegnazione), o anche di tipo dinamico, meso o microscopico.

La scelta tra le due tipologie di modello dipende fortemente dal contesto nel quale si colloca l'intervento e dalla tipologia dell'intervento stesso. In linea di massima, è preferibile un modello di microsimulazione qualora i flussi di traffico indotti vadano ad interessare intersezioni complesse e/o ambiti particolarmente congestionati. Un modello di macrosimulazione può essere invece più indicato nell'analisi di grossi interventi, con un'area di analisi molto estesa.

Non si esclude, soprattutto quando l'intervento è di grosse dimensioni e/ l'area è particolarmente estesa, o, ancora, siano previsti interventi infrastrutturali, come nuovi tratti viabilistici, la necessità di sviluppare entrambe le modalità di simulazione, ovvero che, accanto ad un modello macro, vengano svolte verifiche puntuali di singole o gruppi di intersezioni mediante un modello di microsimulazione.

Qualora si preveda di sviluppare un modello di macrosimulazione, occorre in ogni caso prestare attenzione al fatto che non vi siano intersezioni che richiedano un approfondimento che richieda lo sviluppo di un progetto di massima, accompagnato dalle relative verifiche di funzionalità. In questi casi, tali verifiche possono anche venire effettuate sulla base delle risultanze dei flussi di traffico della macrosimulazione, ma utilizzando le usuali tecniche di verifica dell'ingegneria del traffico o un modello specifico di microsimulazione. Per tali situazioni si rimanda alle considerazioni svolte al paragrafo 3.4.

3.1 DEFINIZIONE DELLA RETE

La rete oggetto della simulazione o, comunque, delle verifiche di compatibilità del traffico indotto, dovrà essere di norma estesa in modo da comprendere la viabilità che si sviluppa intorno agli isolati circostanti a quello interessato dall'intervento, in modo da coprire l'intera area di studio individuata con le modalità riportate nel capitolo 2.

In ogni caso, la rete dovrà essere sufficientemente ampia da considerare eventuali intersezioni sulle quali impattano quote significative dei flussi veicolari indotti dall'intervento, soprattutto se notoriamente soggetti a fenomeni di congestione, anche se posti ad una distanza relativamente notevole dall'intervento.

Si segnala che sul sito di AMAT è disponibile una versione del grafo della rete stradale di Milano e dell'hinterland. A causa della costante evoluzione della rete e della disciplina della circolazione, la verifica, l'aggiornamento e l'eventuale integrazione di tale rete, almeno per quanto riguarda l'area di studio, sono a carico di chi redige lo studio di traffico.

3.2 DEFINIZIONE DELLE MATRICI O/D E COMPONENTI DI TRAFFICO

La domanda di traffico da assegnare alla rete, riferita all'ora di punta stabilita per la simulazione (mattino o sera o entrambe), dovrà essere opportunamente stratificata per scopo di viaggio e tipo di mezzo. Gli scopi di viaggio solitamente da considerare sono:

- lavoro,
- studio,
- affari,
- shopping,
- altri scopi.

Per quanto riguarda il tipo di mezzo, le classi veicolari da considerare sono:

- auto,
- moto,
- veicoli commerciali.

Alcune delle classi e categorie sopra indicate possono essere, motivando le ragioni della scelta, ritenute trascurabili, o venire accorpate, mediante opportuni coefficienti di equivalenza, nel caso di interventi di piccole dimensioni.

Una matrice O/D complessiva degli spostamenti passeggeri e merci, relativa all'area urbana ed espressa in veicoli equivalenti, è disponibile per essere scaricata dal sito AMAT, riportante gli spostamenti in ora di punta del mattino per gli scopi di viaggio lavoro, affari, studio/altri motivi e ritorni a casa. Una analoga matrice è disponibile per l'ora di punta della sera.

La matrice O/D da utilizzare nel modello per la valutazione di impatto del traffico dovrà essere di norma basata su un numero di zone adeguato alle dimensioni dell'area di studio e alle dimensioni dell'intervento.

Ovviamente il traffico con origine o destinazione esterna all'area di studio dovrà essere attribuito ad appositi centroidi di direttrice posti al confine dell'area.

In generale, l'ampiezza delle zone trasportistiche definite per il comune di Milano e per l'hinterland, disponibile sul sito di AMAT, risulta di maglia eccessivamente ampia per valutare gli interventi di medie/piccole dimensioni, e quindi occorre provvedere alla definizione di zone più piccole e adatte all'area di studio.

In tali situazioni occorrerà effettuare delle opportune elaborazioni volte a frazionare le zone che rientrano nell'area di studio, al fine di ottenere una migliore assegnazione dei flussi alla rete, senza, ad esempio, che i flussi di traffico risentano eccessivamente del posizionamento dei centroidi. Analoga procedura dovrà essere effettuata per le zone che ricadono parzialmente nella perimetrazione dell'area di studio.

Relativamente alla struttura della matrice O/D, non possono essere ritenute accettabili matrici ricavate esclusivamente mediante procedure di matrix estimation, ovvero senza che vi sia almeno una "base" di partenza derivata da specifiche rilevazioni o da una banca dati con informazioni a un livello di dettaglio coerente con le dimensioni dell'area di studio. L'utilizzo della matrice AMAT sopra citata è certamente accettabile a patto che sia resa sufficiente evidenza del processo di adattamento, calibrazione o altre manipolazioni all'area di studio, e tenuto conto della congruenza delle dimensioni di queste rispetto all'area di studio.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella ripartizione della domanda indotta in funzione dei punti di accesso/egresso sulla rete relativamente all'intervento e che, solitamente, corrispondono alla localizzazione degli accessi carrai ai parcheggi previsti dall'intervento. La relativa attribuzione della domanda a tali punti o ai relativi parcheggi dovrà tenere conto delle relative caratteristiche specifiche e funzionali della domanda servita, quali i parcheggi di utilizzo pubblico, pertinenziale e/o a servizio di attività commerciali, residenziali ecc.

3.3 SCENARI E CALIBRAZIONE DEI MODELLI

Gli scenari rispetto ai quali effettuare le simulazioni saranno di norma riferiti all'ora di punta del mattino del giorno ferialo medio in periodo scolastico; nel caso di grossi interventi, in particolare se con elevata quota di terziario e commerciale, è opportuno sviluppare anche uno scenario per l'ora di punta serale. Un'ulteriore motivo che può determinare la necessità di effettuare uno scenario nell'ora di punta serale può essere dovuto alla presenza, nell'area di studio, di assi viabilistici caratterizzati da una significativa differenza nella direzionalità dei flussi tra mattino e sera.

Le ore di punta usualmente considerate negli studi di mobilità effettuate dall'Amministrazione di Milano sono:

- Ora di punta del mattino: 8.00 – 8.59;
- Ora di punta della sera: 17.00-17.59.

Per quanto riguarda il giorno della settimana, questo sarà di norma un giorno della settimana intermedio (martedì-mercoledì-giovedì); se l'intervento comprende una significativa quota di funzioni commerciali, può essere opportuno sviluppare uno scenario riferito all'ora di punta del venerdì sera, e,

nel caso di grossi centri commerciali, nella giornata di sabato. In quest'ultimo caso sarà a cura di chi redige lo studio individuare l'ora in cui la sommatoria tra i flussi in entrata ed in uscita con il traffico sulla viabilità ordinaria determina le situazioni più sfavorevoli col supporto di specifiche indagini o analisi opportunamente documentate.

Per quanto riguarda l'orizzonte temporale, questo dipende ovviamente dalla data in cui si prevede che le funzioni di cui è previsto l'insediamento siano completamente operative. In funzione di tale data dipenderà lo scenario infrastrutturale (sia stradale che del trasporto pubblico) ed urbanistico da considerare, ovvero degli ulteriori interventi le cui funzioni insediative possono influenzare significativamente il traffico nell'area di studio.

Si porta a conoscenza che AMAT ha sviluppato delle matrici O/D complessive riferite agli scenari 2015 (interventi di breve periodo in norma transitoria, PGTU), 2020 (interventi di medio periodo) e 2035 (scenario PGT). Data tuttavia la continua evoluzione delle previsioni di sviluppo, sia per quanto riguarda le realizzazioni infrastrutturali che urbanistiche, è opportuno concordare preventivamente con l'Amministrazione l'orizzonte temporale di riferimento per le simulazioni, anche al fine di eventuali richieste di trasmissione di dati, quali un ritaglio di matrice e/o di grafo.

Quale ultimo aspetto relativo agli scenari da sviluppare, si tenga conto che questi saranno di regola almeno due:

- Lo scenario di riferimento, ovvero SENZA l'intervento allo studio, con i relativi indicatori di prestazione;
- Lo scenario di progetto, ovvero comprendente la domanda indotta dall'intervento urbanistico.

Qualora l'intervento preveda anche realizzazioni infrastrutturali (es. a scomputo oneri), è opportuno realizzare, oltre allo scenario di riferimento, almeno due scenari di progetto, ovvero:

- con la sola domanda indotta e rete invariata;
- con la domanda indotta e le realizzazioni infrastrutturali.

Indipendentemente dal modello sviluppato, occorre dimostrarne il corretto funzionamento mediante il confronto tra i flussi rilevati e simulati; tale verifica va ovviamente riferita allo stato attuale, anche nel caso di scenari il cui orizzonte temporale è posto nel futuro, utilizzando i dati ricavati mediante la campagna di indagini (cfr. par. 1.2). Soprattutto nel caso di modelli di micro simulazione, è opportuno effettuare anche una verifica, opportunamente convalidata, dei tempi di percorrenza e/o delle velocità media.

3.4 PARAMETRI PER SIMULAZIONI MACROMODELLISTICHE

Nel presente paragrafo vengono riportate le modalità standard di utilizzo dei modelli statici da parte di AMAT, da utilizzare quale riferimento nello sviluppo di modelli di simulazione che risultino coerenti con quelli usualmente in utilizzo presso l'Amministrazione di Milano.

Per quanto riguarda la generazione e la distribuzione, già sono state individuate, nei precedenti paragrafi, le modalità più consone per ricavare la domanda di traffico esistente o quello indotto e quindi le matrici O/D da utilizzare.

Relativamente alla ripartizione modale, dipendendo questa da un modello complesso, notevolmente esteso territorialmente e per il cui sviluppo vi è necessità di reperire una notevole quantità di dati ed informazioni, possono, nei casi standard di giorno ferialo e periodi di punta, essere utilizzati i coefficienti di riparto modale già predisposti da AMAT con i propri modelli per l'orizzonte temporale considerato. Tali coefficienti sono reperibili nel foglio elettronico di stima della domanda di AMAT. Data l'evoluzione costante dei modelli di simulazione sviluppati da AMAT e degli scenari urbanistici, può essere fatta richiesta all'Agenzia della versione più aggiornata disponibile per l'orizzonte temporale considerato.

Nel seguito ci si riferirà quindi principalmente ai modelli di assegnazione, in quanto essi costituiscono lo strumento di simulazione più frequentemente utilizzato nella valutazione dell'impatto sul traffico di interventi urbanistici e le cui procedure sono maggiormente standardizzate.

3.4.1 DEFINIZIONE DELL'OFFERTA

Relativamente alla definizione della rete, questa dovrà essere ovviamente estesa a tutta l'area di studio.

Non vanno dimenticati, nella definizione della rete, i punti di accesso o di uscita dai parcheggi, comprendendo tra questi anche quelli eventualmente già esistenti e che ricadono nell'area di studio.

Per quanto riguarda il valore della velocità di libero deflusso, non dovranno in particolare essere superati i vigenti limiti sulla viabilità urbana di 50km/h, con le sole eccezioni delle strade di scorrimento a 70km/h, ove consentito. Va tuttavia tenuto presente che, su gran parte della rete, a causa delle ridotte dimensioni geometriche e della frequenza delle intersezioni, la velocità di libero deflusso risulta sensibilmente inferiore al valore di 50km/h, in particolare nel centro storico. Occorre in particolare tenere conto del tempo di sosta ai semafori, degli extratempistiche dovuti a stop e precedente e del perditempo per accelerare e frenare e di tutti gli elementi di disturbo alla circolazione, quali pendenze, tortuosità, presenza di sosta laterale, di pedoni e di fermate dei mezzi pubblici.

Relativamente alla valutazione della capacità da attribuire agli archi del grafo, si consiglia preferenzialmente l'utilizzo delle metodologie descritte nell' *HCM Capacity Manual 2000* o altre fonti autorevoli, comunque validate per le strade urbane e tenendo opportunamente conto della ridotta geometria che caratterizza gran parte della rete urbana di Milano.

Secondo la metodologia definita dall'HCM, la stima della capacità può venire effettuata a partire dalla capacità per corsia, genericamente definibile in 1900 veicoli/ora, applicando a questa gli opportuni coefficienti di correzione per tenere conto dell'effetto di manovre di svolta, di conflitti con altri veicoli, di manovre di sosta, di attraversamenti pedonali, di fermate del mezzo pubblico.

In corrispondenza dei semafori, la capacità va ridotta in funzione del rapporto del tempo di verde per ciascun ramo rispetto al tempo di ciclo, a meno che, qualora consentito dal software adottato, non venga considerata esplicitamente la fasatura dell'intersezione a livello di singola manovra di svolta.

Anche per quanto riguarda le intersezioni non semaforizzate, per quanto riguarda gli archi senza diritto di precedenza, qualora le manovre non vengano trattate esplicitamente dal modello, occorre adottare opportuni accorgimenti per ridurre la capacità in funzione del flusso incidente e/o dei conflitti.

In tutti i casi, è richiesto di documentare adeguatamente nello studio di traffico le metodologie utilizzate e le formulazioni adottate, in modo che sia possibile ricostruire e verificare la congruità delle soluzioni adottate.

3.4.2 DEFINIZIONE DELLA DOMANDA

Per quanto riguarda la definizione della matrice O/D oraria da assegnare, questa sarà stata ricavata, in termini di passeggeri, come indicato al paragrafo 2.3. Per la conversione in veicoli, si utilizzerà generalmente, salvo casi particolari motivati, il coefficiente di occupazione pari a 1,2 passeggeri/veicolo per le auto. Nel caso di autobus o veicoli commerciali, andranno utilizzati i coefficienti appropriati, documentandoli opportunamente, per convertire i passeggeri o le quantità di merce in numero di veicoli.

Per quanto riguarda i coefficienti di equivalenza tra veicoli, si riportano quelli in uso presso AMAT:

Tipologia veicolo	Coeff. equivalenza
Auto	1
Motocicli	0,5
Furgoni e commerciali leggeri (< 7,5m)	1,5
Commerciali medi	2,5
Commerciali pesanti, autotreni, autoarticolati	4
Autobus 10-12m	4

Le assegnazioni, a parte gli interventi di piccole dimensioni, dovranno di norma essere effettuate con modalità multi classe, considerando in genere le seguenti categorie veicolari:

- Autoveicoli;
- Motocicli;
- Veicoli commerciali.

3.4.3 INTERAZIONE DOMANDA-OFFERTA

Per quanto riguarda l'algoritmo di assegnazione, dato l'elevato e diffuso livello di congestione della rete stradale urbana, a parte casi molto semplici, devono di norma essere utilizzate procedure in grado di considerare la variazione dei costi generalizzati in funzione della congestione e i relativi effetti nella distribuzione dei flussi sulla rete, quali, ad esempio, i macromodelli ad equilibrio e le assegnazioni a restrizione di capacità.

Per quanto riguarda il calcolo del tempo di percorrenza lungo ciascun arco, usualmente si consiglia di utilizzare preferibilmente la relazione tempo – rapporto flusso/capacità studiata dal *Bureau of Public Roads* (BPR), avendo cura di utilizzare i parametri più adatti alla realtà italiana e, in particolare, alla struttura del sistema viario urbano di Milano:

$$T = T_0 * (1 + \alpha * (F / C)^\beta)$$

dove:

- T = tempo di percorrenza dell'arco;
- T₀ = tempo di percorrenza dell'arco alla velocità di libero deflusso;
- C = capacità attribuita all'arco;
- F = flusso assegnato all'arco;
- α = parametro che, per le strade urbane, varia tra 1,0 e 2,0;
- β = parametro che, per le strade urbane, varia tra 3 e 5.

Il tempo di percorrenza così stimato, se non esplicitamente calcolato, comprenderà solitamente anche l'eventuale perditempo dovuto ai semafori o per dare precedenza.

In assenza di migliori informazioni o di rilievi affidabili, il perditempo alle intersezioni potrà essere stimato con le seguenti modalità:

- Nel caso dei semafori, il perditempo può essere calcolato, a partire dai tempi di ciclo e di fase, con le note formulazioni di Webster, di Doherty o di Akcelik.
- Nel caso di intersezioni non semaforizzate, si possono utilizzare formule empiriche disponibili in letteratura, come quelle dell'HCM.

In casi semplici, per queste ultime si possono utilizzare anche le formulazioni usualmente utilizzate per i semafori, opportunamente adattate. In questi casi, si tratta infatti di valutare il tempo medio di attesa per attraversare le correnti conflittuali in funzione della percentuale di spazi temporali disponibili nell'ora e tenendo opportunamente conto dell'eventuale presenza di code. I parametri utilizzati, in questo caso, possono variare tra lo scenario di reference e quello di progetto.

Si raccomanda inoltre di tenere adeguatamente conto di eventuali punti singolari presenti sulla rete, come la presenza di rotatorie, di caselli di pedaggio, di strettoie con senso unico alternato o di passaggi a livello.

Per quanto riguarda la funzione di costo, nelle reti di dimensioni limitate può essere utilizzato direttamente il tempo di percorrenza derivante dalla funzione di deflusso. Sulle reti estese diviene invece necessario utilizzare il costo generalizzato di percorrenza dell'arco, così espresso:

$$C = a * T + b * M,$$

dove:

- T = tempo di percorrenza dell'arco;
- M = costo monetario di percorrenza dell'arco;
- a, b = coefficienti di omogeneizzazione tra tempo e costo.

Nel costo monetario vanno inclusi il costo chilometrico operativo per la tipologia di veicolo considerato ed eventuali pedaggi.

Ai fini dell'omogeneizzazione tra tempo di percorrenza e costo monetario, si consiglia l'adozione dei seguenti valori del tempo:

- auto = 7,2 euro/ora (scopo lavoro);
- camion = 42 euro/ora

3.5 PARAMETRI PER SIMULAZIONI MICROMODELLISTICHE

I modelli di microsimulazione, grazie all'elevato di dettaglio intrinseco con cui è possibile descrivere le caratteristiche dell'offerta e della domanda, possono costituire in molti casi uno strumento ottimale per la valutazione dell'impatto sul traffico.

La simulazione a livello di singolo veicolo può consentire di descrivere con notevole accuratezza non solo la lunghezza delle code e l'intralcio che queste possono arrecare ad altre correnti di traffico e i perditempi alle intersezioni, ma anche gli effetti determinati, in particolare, dai disturbi alla circolazione causati dai mezzi pubblici con relative fermate e dagli attraversamenti pedonali e ciclabili.

Per tale ragione diviene ancora più opportuno effettuare delle simulazioni di tipo multi classe, considerando esplicitamente, in particolare, le moto ed i mezzi pubblici, attribuendo alle varie tipologie veicolari le relative dimensioni geometriche tipiche.

Particolare attenzione va comunque prestata nell'utilizzare i parametri cinematici adeguati e coerenti col contesto urbano e viabilistico, le caratteristiche dimensionali dei veicoli, quelle comportamentali dei conducenti, eventualmente supportando i valori adottati mediante indagini sul campo, quali la misura delle velocità reali, della lunghezza delle code e dei relativi tempi di smaltimento.

Nella documentazione allegata alla simulazione è d'obbligo, in ogni caso, riportare i parametri fondamentali utilizzati, le dimensioni e le caratteristiche cinematiche del moto dei veicoli (velocità e accelerazioni), comportamentali (gap, tempi di reazione), nonché i parametri caratteristici della rete, quali velocità e capacità. Va tenuto in particolare opportunamente conto della riduzione della velocità in funzione del raggio di svolta ed in punti singolari come, ad esempio, sulle rotatorie.

Per quanto riguarda la definizione della domanda da assegnare, valgono le medesime considerazioni già fatte nel paragrafo precedente per i macromodelli, opportunamente adattati al maggior livello di dettaglio richiesto da questo genere di modelli. Rispetto ai macromodelli, diventa in questo caso indispensabile effettuare dei rilievi specifici di maggior dettaglio, ad esempio, sulle manovre di svolta, sugli accessi ai parcheggi, sul percorso e le frequenze dei mezzi pubblici, che vanno esplicitamente inseriti con l'esatto percorso seguito e le fermate, nelle quali può essere opportuno rilevare anche il tempo medio di sosta.

Relativamente alla descrizione dell'offerta, questa deve contemplare necessariamente una accurata descrizione della disciplina della circolazione vigente nello stato di fatto e negli scenari futuri, con indicazione delle fasi semaforiche esistenti e di progetto, e, per le intersezioni non semaforizzate, le precedenza ai vari rami. La descrizione della geometria delle strade e delle corsie deve essere quanto più accurata possibile, in quanto anche piccole

differenze nelle traiettorie e nel punto e negli angoli di incidenza dei punti di conflitto possono causare significative distorsioni nella simulazione.

Per quanto riguarda la rete oggetto della simulazione, particolare attenzione dovrà essere posta nel realizzare degli archi di accesso all'area di studio sufficientemente lunghi in modo da evidenziare l'eventuale formazione di code e l'eventuale accumulo di veicoli. Non va trascurato l'eventuale effetto di plotonizzazione dovuto ad intersezioni semaforizzate a monte.

Relativamente invece agli archi in uscita dall'area di studio, si dovrà tenere conto dell'eventuale presenza di intersezioni a valle che potrebbero causare la risalita di code perché impossibilitate a smaltire gli incrementi di flusso causati dall'intervento, oppure affinché, se soggetti normalmente alla formazione di code, queste risultino opportunamente considerate nelle statistiche degli indicatori, quali la velocità media.

Qualora il progetto preveda la realizzazione di grossi parcheggi, questi dovranno essere opportunamente compresi nella rete in modo da verificare la capacità di assorbimento dei flussi ad essi diretti, senza provocare rigurgiti sulla viabilità ordinaria, verificando, in particolare, che le manovre di parcheggio non ostacolino gli accessi.

Analogamente, anche i rami di uscita dai parcheggi vanno opportunamente sviluppati per verificare se e come vengono adeguatamente alimentati i punti di immissione sulla rete ordinaria.

Non va infine trascurato l'inserimento di una apposita fase di pre-carico della rete nel periodo precedente a quello della simulazione, in modo da riprodurre correttamente la presenza di veicoli e code esistenti sulla rete all'inizio del periodo di simulazione.

3.6 PRESENTAZIONE E ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

La presentazione dei risultati delle simulazioni deve essere accompagnata da opportune tavole grafiche e tabelle numeriche. Come già precedentemente enunciato, di norma dovranno essere sviluppati almeno due scenari, ovvero lo scenario di riferimento e quello di progetto.

Date le esigue variazioni dei volumi di traffico o le piccole variazioni di flusso che possono presentarsi tra gli scenari, è indispensabile che la rappresentazione grafica dei flussi sia accompagnata dall'indicazione numerica dei valori quantitativi, e non solamente in base al colore o allo spessore, riportandoli direttamente sull'immagine o in tabelle separate con i necessari riferimenti. Analogamente, ciò deve avvenire per la stima del rapporto flusso/capacità o altri indicatori a livello di arco stradale.

Per quanto invece riguarda gli indicatori sintetici delle prestazioni della rete, è richiesta la stima almeno degli indicatori di seguito riportati, per ciascuno scenario incluso lo stato di fatto:

- Veicoli x km, per classe veicolare;
- Veicoli x ora, per classe veicolare;
- Velocità media;
- Indice di congestione;
- Lunghezza rete in congestione.

La velocità media, che va riportata per completezza di informazione, è ricavata come rapporto tra i veicoli x km e veicoli x ora.

L'indice di congestione è dato come rapporto tra la capacità offerta dalla rete modellizzata, espressa in veicoli x km e riferita all'ora, e i veicoli x km nell'ora di punta. La lunghezza di rete in congestione si computa sommando le lunghezze degli tratti stradali in cui il rapporto flusso/capacità (in veicoli equivalenti) risulta superiore a 0,8.

Gli indicatori vanno inoltre riportati in modo distinto per il traffico indotto e per quello che non è interessato dall'intervento.

Nel caso di reti particolarmente estese, è anche opportuno calcolare i valori degli indicatori separatamente per tipologia funzionale di arco (rete primaria, rete locale, rete di progetto) o per subarea.

Qualora sia stato sviluppato un modello di microsimulazione, occorre aggiungere, alle rappresentazioni grafiche e numeriche riportanti gli indicatori di prestazione, delle tabelle che riassumano, soprattutto per gli archi che convergono verso intersezioni, la lunghezza delle code media e massima, nonché le velocità medie per ogni arco e manovra di svolta.

Le rappresentazioni grafiche dello stato della rete e delle code nei modelli di micro simulazione devono essere riprodotte in relazione o nei relativi allegati ad una risoluzione grafica sufficiente ad identificare i veicoli, la relativa tipologia e lo stato della fase delle lanterne semaforiche, nonché riprese ad intervalli temporali frequenti in modo da comprendere chiaramente l'evoluzione dei fenomeni.