

Allegato A.5

Gli strumenti di valutazione ex-ante del Piano per la Mobilità Sostenibile

A.5 Gli strumenti di valutazione ex-ante del Piano per la Mobilità Sostenibile

L'allegato presenta un dettaglio degli strumenti di valutazione che possono essere impiegati per stimare quanto gli interventi previsti dal Piano della Mobilità Sostenibile sono in grado di raggiungere gli obiettivi selezionati.

Si è detto nel capitolo 5 che la valutazione è di tipo:

- comparativo, tra l'insieme degli interventi che compongono lo Scenario di Piano rispetto agli interventi invariati inclusi nello Scenario di Riferimento;
- predittivo, valuta gli impatti tecnici, ambientali ed economici degli interventi dello scenario di piano nel breve-medio-lungo termine, secondo l'orizzonte temporale in cui è prevista l'entrata in esercizio dell'intervento;
- indicativo, fornisce cioè le stime riferite alle variazioni dei valori assunti dagli indicatori impiegati per descrivere i diversi sistemi.

Le valutazioni vengono sviluppate considerando gli impatti ai diversi intervalli temporali a cui sono riferiti gli interventi promossi dal PMS: breve, medio e lungo termine.

La valutazione ex-ante di prassi richiede l'impiego di strumenti di simulazione di modellistica dei trasporti. Attraverso tali strumenti si è infatti in grado di simulare l'evoluzione della domanda di mobilità nel tempo ed i suoi comportamenti e di conseguenza stimarne gli impatti in termini:

- di fabbisogno di servizi e infrastrutture di trasporto: valutazione tecnica;
- ambientali: valutazione ambientale;
- economici: analisi costi-benefici.

Gli strumenti di simulazione dei trasporti sono assai vari e di differente complessità, nell'ambito delle isole minori il possibile uso di strumenti formalizzati (modelli di simulazione) dovrà essere per quanto possibile di facile impiego e in grado di fornire risposte concrete, del tipo:

- cosa succede se introduco una Zona a Traffico Limitato o se chiudo del tutto gli accessi (Area Pedonale)?
- cosa succede se si realizza un parcheggio in quella determinata area?

- oppure, cosa accade se modifico il tracciato della strada inserendo una o più rotonde, e così via.

Tra i diversi modelli di simulazione dei trasporti si suggerisce l'impiego di quelli che vengono nella prassi identificati come modelli di microsimulazione di cui di seguito si fornisce una descrizione.

Modelli di microsimulazione

I modelli di microsimulazione del traffico sono lo strumento più aggiornato per la valutazione degli effetti di scelte progettuali e di regolazione sulla rete di trasporto stradale a scala locale.

I modelli sono in grado di fornire tutti gli elementi per una dettagliata analisi quantitativa delle variazioni dei tempi di percorrenza, dei consumi di carburante, delle emissioni di inquinanti, ecc.

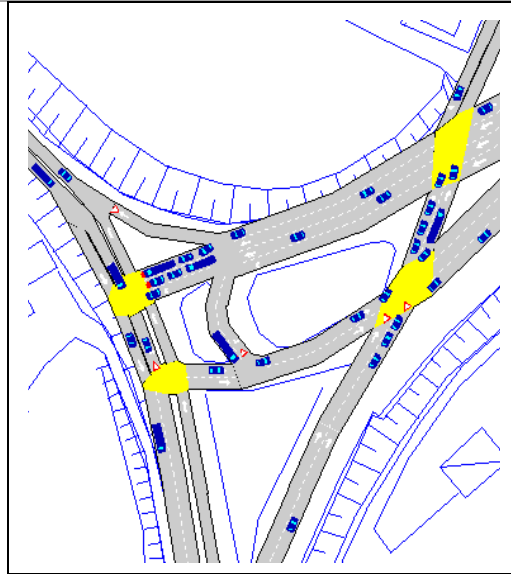
La novità di maggior rilievo per chi utilizza un modello di microsimulazione è proprio la visualizzazione, a due e a tre dimensioni, della rete stradale e dei movimenti dei singoli veicoli.

La metodologia

Il modello di microsimulazione del traffico riproduce il comportamento di ogni veicolo che utilizza la rete di trasporto stradale, sia esso un'autovettura o un veicolo commerciale o una moto, con la propria origine e destinazione. Per quanto riguarda il trasporto pubblico, è possibile modellizzare linee di trasporto pubblico che utilizzano corsie riservate o che circolano in sede promiscua e per ciascuna linea è possibile definirne le caratteristiche: dimensione dei mezzi, orari, tragitto, sede (promiscua o riservata), fermate (a bordo strada o in apposite sedi), ecc.

L'approccio è di tipo *micro* poiché, durante tutto l'intervallo di analisi, il comportamento di ogni singolo veicolo viene simulato sulla base di algoritmi decisionali di tipo comportamentale che stabiliscono di volta in volta il cambio di corsia, regolano la distanza dal veicolo che precede, l'immissione nelle corsie di accelerazione e decelerazione, i sorpassi, ecc..

Anche la scelta del percorso viene periodicamente calcolata in funzione delle mutate condizioni della rete (presenza di congestione e/o di un eventuale impedimento alla circolazione). Ad ogni veicolo sono associate caratteristiche dimensionali e comportamentali; le prime riguardano lunghezza, larghezza, velocità massima, accelerazione, ecc. dei veicoli e le seconde sono relative alla guida dei conducenti: rispetto dei limiti di velocità, aggressività, ecc.



I risultati

Una applicazione di un modello di microsimulazione produce risultati di tipo grafico e di tipo statistico. Ai primi appartengono le animazioni tridimensionali e bidimensionali che rappresentano le condizioni di esercizio istantanea della rete, i diagrammi di visualizzazione della velocità di percorrenza, dei veicoli in coda, ecc. I risultati statistici riguardano principalmente i flussi, la velocità media, il tempo di viaggio, la differenza tra il tempo di viaggio effettivo e il tempo che occorrerebbe per compiere il tragitto in condizioni ottimali, il numero di volte che i veicoli si fermano, il tempo trascorso in coda, le lunghezze delle code, ecc. Le statistiche sono relative alla rete stradale nel suo complesso, a porzioni di essa, a determinati percorsi o a singole sezioni stradali.

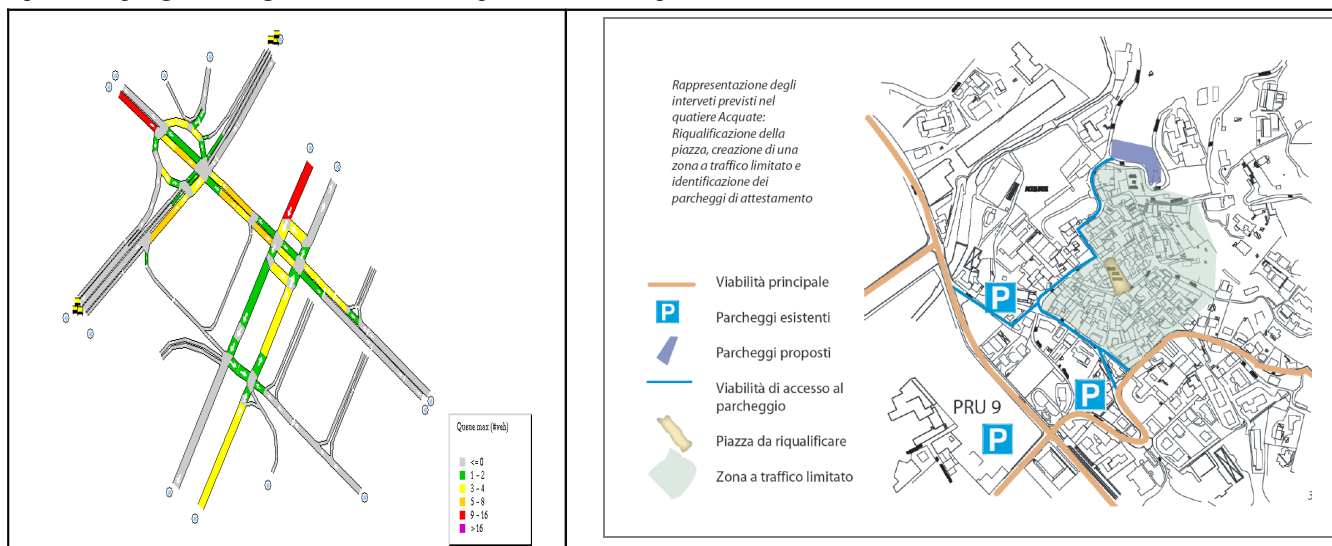
Inoltre il modello fornisce statistiche relative al consumo di carburante ed alle emissioni dei principali inquinanti prodotte da ogni singolo veicolo in circolazione nella rete. Le emissioni sono calcolate non solo sulla base delle percorrenze e/o delle velocità medie di percorrenza, ma anche sulla base delle condizioni istantanee di marcia di ogni singolo veicolo nella rete, fornendo così una migliore rappresentazione della realtà. Infatti, ad ogni condizione di marcia - accelerazione, decelerazione, movimento a velocità costante, attesa in coda - è associato un determinato valore di consumo di carburante e/o di emissione di gas nocivi.

I campi di applicazione

Nel campo della pianificazione dei trasporti i modelli di microsimulazione forniscono risposte sugli impatti che le politiche di gestione del traffico (es. limitazione/regolamentazione degli accessi, tariffazione della sosta, riduzione o ampliamento delle soste a bordo strada, limitazione delle velocità, ecc.) generano in termini di:

- quantificazione delle emissioni inquinanti e dei consumi energetici;
- valutazione economica dei progetti grazie alla quantificazione dei tempi, dei costi di viaggio e delle emissioni nelle ipotesi con/senza progetto.

Ipotesi di progetto riorganizzazione di una piazza e di uno spazio urbano



A.5.1 Valutazione tecnica

Obiettivo della valutazione tecnica è quello di verificare l'efficacia degli interventi dal punto di vista del sistema dei trasporti e della mobilità.

Ai fini della valutazione tecnica si dovranno compiere i seguenti passi:

1. elenco degli interventi oggetto di simulazione e di valutazione tecnica e indicazione delle variabili rappresentative (cfr. cap. 5 – tabella indicatori);
2. indicazione dell'anno base a cui sono rilevate le informazioni (quantitative);
3. indicazione degli orizzonti temporali (anni) a cui sono riferite le valutazioni.

Per ciascuno scenario il modello di simulazione, al variare dell'equilibrio tra l'offerta di trasporto (il grafo della rete di trasporto multimodale) e la domanda di trasporto (matrici di domanda alla anno base e all'anno orizzonte), stima gli indicatori utilizzati per la valutazione tecnica dello Scenario di Piano:

- la domanda di trasporto, sia in valore assoluto (passeggeri e passeggeri km) che per modo di trasporto utilizzato (ripartizione modale degli spostamenti);
- le distanze medie di viaggio disaggregate per modo e per motivo di spostamento, misurate in termini di chilometri percorsi mediamente sulle reti di trasporto;
- le percorrenze rappresentate dai viaggiatori-km, per modo e per motivo di spostamento;
- le velocità medie di spostamento per modo e per motivo;
- i costi medi di viaggio percepiti dagli utenti delle reti di trasporto per modo e per motivo di spostamento.

Le tabelle sottostanti riportano a titolo di esempio gli output tecnici riferiti al sistema della mobilità.

Stima degli spostamenti/giorno per modo e motivo dello spostamento

L'informazione indica sia l'evoluzione della domanda di mobilità nel tempo che la capacità dei diversi modi di trasporto di soddisfare la domanda (ripartizione modale). Ciò dipenderà, oltre che dall'evoluzione della domanda di mobilità nel tempo, dagli interventi promossi dallo scenario di piano in termini di promozione dell'uso dei modi collettivi di trasporto e della penalizzazione all'uso dell'auto.

Tab. A.5.1 Esempificazione della rappresentazione degli output riferiti alla domanda di mobilità (spostamenti/giorno) per modo e per motivo

Anno 2008 Scenario anno base								
Modo/Motivo	Lavoro		Studio		Altro		Totale	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
Auto								
Bus								
Piedi-bici								
Totale								

Anno 2018 Scenario di Riferimento								
Auto								
Bus								
Piedi-bici								
Metro								
Totale								

Anno 2018 Scenario Piano								
Modo/Motivo	Lavoro		Studio		Altro		Totale	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
Auto								
Bus								
Piedi-bici								
Metro								
Totale								

Fonte: elaborazioni TRT

Variazione delle distanze medie degli spostamenti

Lo strumento modellistico permette, in funzione della matrice origine-destinazione, di stimare le distanze medie degli spostamenti/giorno (passeggeri-km).

La variabile viene espressa sia in termini:

- unitari percorrenza media unitaria per modo e motivo dello spostamento;
- che complessivi: viaggiatori-km /giorno, sempre per modo e motivo.

Tab. A.5.2 Esempificazione: distanze medie dei viaggi per modo e per motivo (in km)

Motivo	Modo	2008	2018	
		Anno base	Scenario di Riferimento	Scenario di Piano
Lavoro	Auto Bus Piedi-bici			
Studio	Auto Bus Piedi-bici			
Altro	Auto Bus Piedi-bici			
Media per modo	Auto Bus Piedi-bici			
Media generale				

Tab. A.5.3 Esempificazione: passeggeri-km per modo e per motivo di trasporto

Motivo	Modo	2008	2018	
		Anno base	Scenario di Riferimento	Scenario di Piano
Lavoro	Auto Bus Piedi-bici			
Studio	Auto Bus Piedi-bici			
Altro	Auto Bus Piedi-bici			
Totale	Auto Bus Piedi-bici			

Occorre tuttavia tenere presente che le distanze medie modellizzate assumono un valore indicativo in quanto sono dipendenti dalla rete viaria e del trasporto pubblico presa in esame (grafo modellizzato).

Variazione delle velocità medie

La velocità media stimata sui diversi modi di trasporto ed in particolare tra il modo privato e quello pubblico assumono particolare rilevanza in grado di rendere conto delle *performance* delle diverse modalità di trasporto.

Nella valutazione economica le velocità medie vengono impiegate per stimare (in funzione delle distanze) i tempi dello spostamento dei singoli modi di trasporto. Associando, il valore del tempo (per i diversi motivi) sarà quindi possibile stimare la componente dei costi associata al costo generalizzato di trasporto (cfr. A.4).

Tab. A.5.4 Esempificazione: velocità medie per modo e per motivo di trasporto (km/h)

Motivo	Modo	2008	2018	
		Anno base	Scenario di Riferimento	Scenario di Piano
Lavoro	Auto Bus Piedi-bici			
Studio	Auto Bus Piedi-bici			
Altro	Auto Bus Piedi-bici			
Totale	Auto Bus Piedi-bici			
Totale generale				

Variazione dei costi percepiti

I costi percepiti da chi utilizza le diverse modalità di trasporto sono strettamente legati alle distanze medie percorse. Più nel dettaglio:

- per il modo auto, i costi percepiti sono determinati al consumo di carburante ed alle tariffe di sosta;
- per il modo collettivo sono determinati dalle tariffe (biglietto ordinario o abbonamento).

I costi percepiti variano oltre che in funzione della modalità di trasporto in funzione del motivo dello spostamento e ciò è dovuto alla variabilità delle percorrenze derivanti dalle origine e destinazione degli spostamenti.

Tab. A.5.5 Esempificazione: costi medi di viaggio per modo e per motivo di trasporto (€)

Motivo	Modo	2008	2018	
		Anno base	Scenario di Riferimento	Scenario di Piano
Lavoro	Auto Bus Piedi-bici			
Studio	Auto Bus Piedi-bici			
Altro	Auto Bus Piedi-bici			
Totale	Auto Bus Piedi-bici			

A.5.2 Valutazione ambientale

La valutazione ambientale è condotta a partire delle stime delle emissioni di inquinanti prodotte dal traffico veicolare. Gli impatti ambientali sono stimati considerando le variazioni delle quantità (kg/giorno) dei seguenti inquinanti: NO_x, VOC, CO, PM₁₀ e dei gas climalteranti (CO₂) nello Scenario di Piano e in quello di Riferimento.

Metodologia di stima delle emissioni

A titolo di esempio si descrive in modo sintetico la metodologia di stima delle emissioni inquinanti in atmosfera. Le funzioni di emissione per gli inquinanti anidride carbonica (CO₂), ossidi di azoto (NO_x), ossido di carbonio (CO) e composti organici e volatili (COV) sono stimate in funzione del parco veicolare circolante e utilizzando i dati relativi al Progetto europeo MEET¹ per diverse categorie di veicolo e per tipo di alimentazione (benzina, gasolio, GPL).

¹ Transport Research Fourth Framework Programme Strategic Research DG VII – 99, “MEET – Methodology for calculating transport emission and energy consumption”, European Communities, 1999

Sulla base del dettaglio del parco circolante e tenuto conto delle percorrenze e del ciclo di guida è possibile stimare le quantità di inquinanti emesse.

Tab. A.5.6 Esempificazione: composizione del parco circolante

Tipo di veicolo	Composizione %	
Auto a benzina	84,0	100
Auto a gasolio	16,0	
Cilindrata < 1.4 litri	46,0	100
Cilindrata compresa tra 1.4 e 2.0 litri	47,0	
Cilindrata > 2.0 litri	7,0	
Immatricolazione ECE 15-01	3,6	
ECE 15-02	2,0	100
ECE 15-03	3,1	
ECE 15-04	42,7	
91/441 EURO I	27,7	
94/12 EURO II	20,9	

A titolo esemplificativo si riportano le funzione di emissione del modo auto:

$$CO \text{ (gr/veicolo*km)} = 0,0024 * V^2 - 0,3999 * V + 18,690$$

$$NO_x \text{ (gr/veicolo*km)} = 0,00009 * V^2 - 0,0027 * V + 0,9691$$

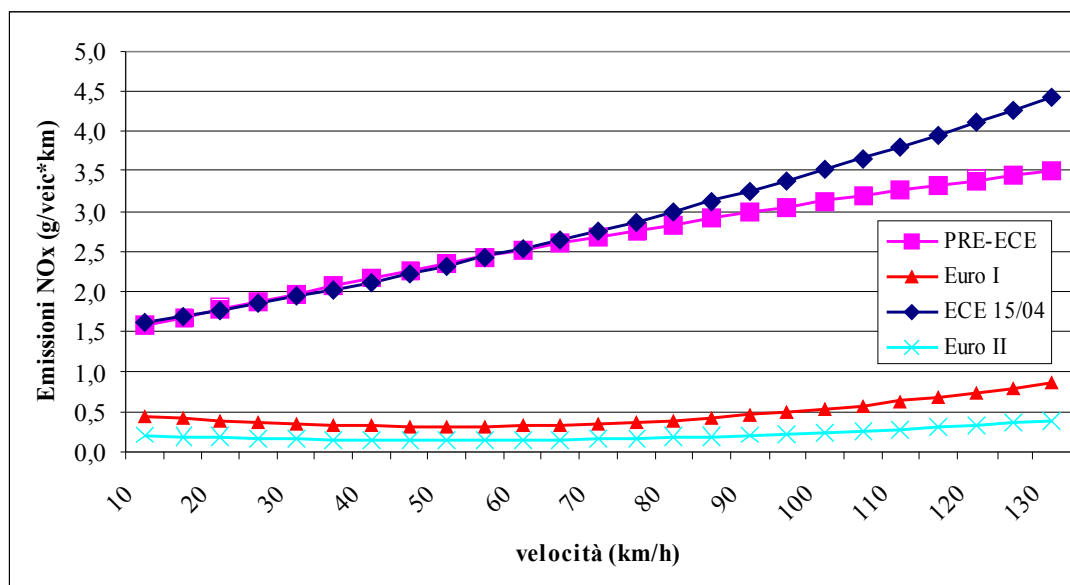
$$VOC \text{ (gr/veicolo*km)} = 9,1824 * V^{-0,6817}$$

$$CO_2 \text{ (gr/veicolo*km)} = 0,0364 * V^2 - 5,6334 * V + 341,98$$

Dove V e V² sono rispettivamente le velocità e le velocità al quadrato.

La correlazione tra emissioni e velocità è messa bene in evidenza dai grafici sottostante dove è riportato l'andamento delle emissioni di NO_x in funzione della velocità e dello standard dei veicoli.

Fig. A.5.1 Emissioni unitarie di NOx (g/veic*Km) in funzione delle velocità per i quattro principali standard ambientali dei veicoli



Risultati della valutazione ambientale

Gli output della valutazione ambientale sono riportati nelle tabelle sottostanti. Anche in questo caso sarà necessario mettere a confronto i risultati degli interventi compresi nello scenario di piano con lo scenario di riferimento.

Tab. A.5.7 Esempificazione: confronto Scenario di Piano e di Riferimento ed anno base. Stima delle emissioni giornaliere degli autoveicoli (kg)

Emissioni	Anno 2008	Anno 2018		
	Anno base	Scenario di Riferimento	Scenario di Piano	Variazione % (SP-SR)
CO ₂				
CO				
VOC				
NO _x				
PM				

Fonte: Elaborazioni TRT

A.5.3 Valutazione economica

L'analisi economica si pone l'obiettivo di fornire una misurazione sintetica dell'impatto di un progetto sulla collettività per quanto concerne quegli obiettivi sociali che si prestano a misurazioni monetarie. La valutazione economica del Piano considera i costi di investimento e di esercizio, i benefici di trasporto ed i costi esterni ambientali. La valutazione economica fa ricorso alla metodologia dell'analisi costi-benefici il cui obiettivo è quello di fornire una misurazione sintetica dell'impatto di un progetto sulla collettività. Tale approccio prevede l'individuazione, e quindi la valutazione monetaria, di tutti i benefici e costi attribuibili al Piano. Tali costi e benefici sono quindi confrontati con quelli attribuiti allo Scenario di Riferimento (interventi invariati) al fine di valutare se e quanto lo scenario valutato sia socialmente desiderabile/sostenibile.

I **costi del progetto** sono quelli di **realizzazione ed esercizio** espressi in grandezze tali da rappresentare il reale sacrificio della collettività nell'impiego delle risorse che vengono consumate. In particolare, sono i costi del lavoro, dei materiali, dei noli e trasporti, impiegati nella realizzazione e nell'esercizio al netto dei trasferimenti (cioè degli oneri fiscali). Queste componenti di costo rappresentano infatti costi finanziari per il soggetto che sostiene la spesa, ma non un consumo di risorse e dunque un costo economico per il paese. Si tratta in questi casi solo del trasferimento di risorse da un soggetto ad un altro. Per esempio le tasse e i sussidi sono trasferimenti, non costi economici; essi ridistribuiscono il reddito nazionale ma non rappresentano un consumo reale di risorse. In termini finanziari le tasse e i sussidi influiscono sulle entrate e sulle uscite del progetto, ma quando si considera il progetto dal punto di vista dell'intera società, una tassa/un sussidio per il soggetto investitore/gestore del progetto è un'entrata/un'uscita per lo Stato. Il flusso netto per la società è nullo. Al fine di "tradurre" i costi finanziari in costi economici è necessario quindi depurare i primi dai trasferimenti impliciti, attraverso l'applicazione di opportuni coefficienti di conversione.

I **benefici economici** sono i **risparmi di risorse** che il progetto genera grazie alla sua realizzazione.

I **flussi dei benefici e dei costi** devono tuttavia essere ricondotti ad un orizzonte temporale unico, per evitare di confrontare come equivalenti costi e benefici che avvengono in tempi diversi. A tal fine i flussi temporali dovranno essere attualizzati tramite una funzione che esprime come la collettività valuta il fattore tempo (saggio di preferenza intertemporale, o più correntemente, saggio di sconto).

Se le risorse (attualizzate) impiegate nel progetto sono inferiori a quelle che il progetto fa risparmiare alla collettività (anch'esse attualizzate), la sua realizzazione aumenta la ricchezza nazionale (indipendentemente da chi sia il soggetto sociale destinatario di tale aumento).

Costi finanziari

I **costi finanziari di investimento** dovranno essere stimati con cura e in modo rigoroso perché dalla loro quantificazione dipende la corretta valutazione economica degli interventi.

Tab. A.5.8 Stima dei costi finanziari di investimento al netto d'Iva (Milioni di € 2008)

Misura	Intervento	Descrizione (esempio)	Costo M€
Viabilità	Rete stradale	Riqualificazione e messa in sicurezza	
		Variante by-pass del centro urbano	
		Messa in sicurezza strada di accesso	
		Barriere antirumore	
		Zone 30/Isole ambientali	
		Inserimento -ZTL/AP	
Sosta	Tariffazione	Estensione della sosta tariffata	
	Park scambiatori	Area Sud	
		Area Nord	
TPL	Offerta TPL	Interventi di qualificazione dei percorsi	
		Acquisto veicoli	
	ITS	Piattaforma della mobilità sviluppo dei servizi	
Mobilità Ciclabile	Servizi per la ciclabilità	Velostazione:	
		Velo-taxi nell'area urbana centrale (mobilità turistica)	
Infomobilità	Gestione flussi veicolari	Indirizzamento rete parcheggi in struttura	
City logistics	Piattaforma distribuzione	Localizzazione.....	
		Acquisto veicoli a basso impatto	
		Regolazione degli accessi/sistemi di controllo	
Totale			

Fonte: Elaborazioni TRT

Gli interventi dello Scenario di Piano prevedono tempi di realizzazione pari ad un numero di anni. Conseguentemente, i costi attribuiti agli interventi sono stati distribuiti su un arco temporale che va dal 2008 al 2018. La tabella seguente presenta la distribuzione dei costi degli interventi.

Tab. A.5.9 Esempio: scansione temporale dei costi finanziari d'investimento (Milioni di €)

Anni	Costi finanziari d'investimento (M€)	Percentuale sul totale dei costi d'investimento (v. %)
2008		8,6
2009		8,6
2010		8,6
2011		8,6
2012		12,2
2013		12,2
2014		12,2
2015		9,6
2016		9,6
2017		9,6
Totale		100,0

Fonte: elaborazioni TRT

Si è assunta la ripartizione dei costi finanziari d'investimento riportata nella tabella seguente.

Tab. A.5.10 Esempificazione: costi di investimento. Ripartizione dei costi tra le diverse componenti

Principali voci di costo	Percentuale sul totale dei costi (%)
Manodopera	30
Materiali	30
Noli e Trasporti	40

Fonte: elaborazioni TRT

I **costi di esercizio** delle infrastrutture, in fase di pianificazione e in assenza di un progetto potranno essere stimati considerando le gestioni di analoghe di infrastrutture analoghe per la vita utile della infrastruttura. La distribuzione dei costi tra le diverse componenti è riportata nella tabella seguente.

Tab. A.5.11 Esemplificazione: costi di esercizio delle infrastrutture. Ripartizione dei costi tra le diverse componenti

Tipo di infrastruttura	Componenti	Distribuzione (%)
Strade	Manodopera	30
	Materiali	30
	Trasporti e noli	40
Impianti fissi	Manodopera	90
	Materiali	10
	Trasporti e noli	0

I **costi di esercizio** possono ad esempio riguardare i servizi di trasporto pubblico, così come altri servizi a favore dell'utenza turistica, ecc..

Per i servizi TPL si potrà fare riferimento al costo operativo finanziario, quello dichiarato dai gestori del trasporto pubblico, che nel contesto delle isole minori è stato rilevato essere pari ad un valore medio di 1,14€/km (2007).

La ripartizione per componenti di tale costo complessivo è presentata nella tabella seguente.

Tab. A.5.12 Costi di esercizio dei servizi su autobus: scomposizione dei costi tra le diverse componenti

Voci di costo	Percentuale sul totale dei costi (%)
Manodopera	65
Carburante	12
Manutenzione.	11
Altro	12
Totale	100

Fonte: Elaborazioni TRT su dati tratti da: *Costi di esercizio di urbani e linea*, Autobus n. 6, giugno 2005, pagina 103.

Costi economici

Nel paragrafo è presentata la stima dei coefficienti di conversione (da costi finanziari a costi economici) da applicare alle componenti "lavoro", "carburante" e "trasporti e noli"; tali coefficienti sono stati qui applicati alle relative componenti di costo sia di investimento che di manutenzione dell'infrastruttura al fine di ottenere i relativi costi economici. In modo analogo si stimeranno i costi operativi economici degli utenti.

Fattori di conversione: manodopera, carburante, noli e trasporti

Tab. A.5.13 Calcolo del fattore di conversione della manodopera

	Quota importo considerato (%)	Quota imposte (%)	Fattore moltiplicatore	Quota imposte cumulabile	Totale
Importo iniziale					1,000
Oneri previdenziali	100	16,3	0,163	0,163	0,837
IRPEF	60	15,0	0,090	0,253	0,747

Fonte: elaborazione TRT

Tab. A.5.14 Calcolo del fattore di conversione del carburante

	Prezzo al consumo	Accisa	IVA	Totale imposte	Prezzo netto	Fattore di conversione
Gasolio	1,17	0,41	0,19	0,61	0,56	0,479
Benzina	1,26	0,56	0,21	0,77	0,48	0,384

Fonte: Ministero delle Attività Produttive, La struttura del prezzo medio nazionale dei prodotti petroliferi, marzo 2006

Tab. A.5.15 Calcolo del fattore di conversione di noli e trasporti

	Quota importo considerata (%)	Quota imposte (%)	Fattore moltiplicatore	Quota imposte cumulativa	Totale
Importo iniziale					1,000
Manodopera	44,0	25,3	0,111	0,111	0,889
Gasolio	19,4	52,1	0,101	0,212	0,788

Fonte: elaborazione TRT

L'applicazione dei fattori di conversione descritti più sopra permette di esplicitare i costi economici che sono di seguito riportati.

Tab. A.5. 16 Scansione temporale dei costi economici d'investimento (Milioni di €)

Anni	Costi economici d'investimento
2008	
2009	
2010	
2011	
2012	
2013	
2014	
2015	
2016	
2017	
Totale	

Applicando la ripartizione per componenti e gli opportuni fattori di conversione ai costi finanziari stimati nel paragrafo precedente, si ottengono i costi economici da impiegare nella valutazione costi-benefici.

Tab. A.5. 17 Calcolo dei costi economici di esercizio delle infrastrutture (Milioni di € annui)

Componenti	Costi finanziari	Fattori di conversione	Costi economici
Manodopera			
Materiali			
Trasporti e noli			
Totale			

Benefici

I benefici netti di un progetto o insieme di progetti e politiche in assenza di traffico generato sono dati semplicemente dalle variazioni dei costi economici. I costi economici sono i costi delle risorse consumate o risparmiate al netto delle tasse, e includono i costi esterni.

La definizione di ciascuna componente è riportata nei paragrafi seguenti insieme alla descrizione delle modalità di calcolo seguita per la valutazione del piano.

Risparmi di costi operativi per il trasporto privato

Nel caso degli utenti del trasporto privato, il prezzo pagato corrisponde ai costi operativi finanziari del trasporto. I costi operativi economici del trasporto privato sono i costi finanziari al netto delle tasse.

Calcolo dei costi economici unitari

Per il calcolo dei costi economici delle risorse consumate le componenti prese in considerazione, oltre ai carburanti e lubrificanti, sono:

- il consumo dei pneumatici;
- l'ammortamento dei veicoli (nella misura convenzionale del 50%, per tener conto che la durata della vita tecnica è funzione sia del tempo che delle percorrenze effettuate);
- la manutenzione (nella misura del 50%, per tener conto che il fabbisogno di manutenzione è anche in questo caso funzione sia del tempo che delle percorrenze).

Anche in questo caso dovranno essere depurati i trasferimenti che riguardano in particolare l'accisa sul carburante e la tassazione del costo della manodopera di manutenzione (in ragione di una componente di lavoro assunta pari al 50% di tali costi).

I valori unitari risultanti dall'applicazione ai costi finanziari dei fattori di conversione sono riportati nella tabella seguente.

Tab. A.5.18 Costi economici unitari dei veicoli stradali (€)

Componenti di costo	Costo finanziario (€)		Fattore di conversione	Costo economico (€)	
	Costo medio/km	Costo marg./km		Costo medio/km	Costo marg./km
Quota capitale	0,076	0,038	0,800	0,061	0,030
Carburante	0,091	0,091	0,448	0,041	0,041
Lubrificanti	0,008	0,008	0,800	0,006	0,006
Pneumatici	0,013	0,013	0,800	0,010	0,010
Manutenzione	0,064	0,032	0,674	0,043	0,022
Totale	0,251	0,181		0,162	0,109

Traffico annuale automobilistico

Sulla base delle stime delle percorrenze (veicoli-km e/o di passeggeri-km), ottenute dalla valutazione tecnica, saranno stimati i costi economici della modalità auto per i differenti Scenari di Piano e di Riferimento.

Costi economici della modalità pubblica (servizi su autobus)

Per la stima dei costi dei servizi su autobus aggiuntivi si sono innanzitutto calcolati i costi unitari economici.

Tab. A.5.19 Costi economici unitari dei servizi su autobus (€ per chilometro)

Componenti	Costo finanziario	Fattori di conversione	Costo economico
Manodopera		0,747	
Carburante		0,479	
Manutenzione.		0,674	
Altro		1,000	
Totale			

Benefici complessivi di costi operativi

I benefici complessivi si ottengono sommando algebricamente i risparmi stimabili per il modo auto e i maggiori costi dei servizi aggiuntivi su autobus. Il risultato è riportato nella tabella che segue.

Tab. A.5.20 Esempificazione: variazione complessiva dei costi operativi (Milioni di €/anno)

Modo	Costi
Auto	-11,12
Autobus	4,91
Totale	-6,21

Costi di tempo

I costi di tempo di trasporto (monetizzati attraverso opportuni valori del tempo) potranno essere calcolati direttamente sulla base degli output del modello di simulazione, applicando i seguenti valori economici del tempo (cfr. A.4):

Motivo	€/ora
Lavoro	6,00
Studio	3,00
Turismo –altri motivi	4,50
Affari	16,00

Tempi annui

Le variazioni dei tempi di percorrenza (ore/anno) moltiplicati per il valore del tempo riferiti ai differenti motivi dello spostamento daranno luogo alla stima complessiva del tempo risparmiato-perso. La tabella sintetizza i risultati ottenuti per modalità di trasporto e per gli scenari: piano e riferimento, nonché le variazioni tra i due.

Tab. A.5.21 Esempificazione: stima dei costi di tempo (Milioni di €)

Modo di trasporto	Lavoro	Studio	Altro	Totale
Scenario di Riferimento				
Auto				
Bus				
Piedi				
Totale				
Scenario di Piano				
Auto				
Bus				
Piedi				
Totale				
Variazione				
Auto	-4,2	-1,6	-3,6	-9,5
Bus	7,0	3,0	5,1	15,2
Piedi	-1,9	-0,2	0,0	-2,1
Totale	3,2	1,6	2,2	7,0

Fonte: elaborazioni TRT

Benefici ambientali

La stima delle funzioni di emissione degli inquinanti

Per la stima delle emissioni derivanti dal traffico, si tiene conto di due elementi:

- le funzioni di emissione per tipologia di veicolo messe a punto nel progetto MEET²;
- la composizione della flotta.

Il risultato della stima consiste nei due insiemi di funzioni il primo insieme si riferisce all'anno base, mentre il secondo insieme si riferirà all'anno orizzonte (2018).

Si ricorda che le funzioni sono delle polinomiali di secondo grado, dalla forma generale:

$$E = A + B \cdot v + C \cdot v^2$$

Dove:

E = Emissioni in g/veh-km

V = velocità in km/h

A, B, C = i parametri calibrati in funzione del parco auto

Dato il valore dei parametri, le funzioni hanno forma convessa, vale a dire che le emissioni decrescono dapprima all'aumentare della velocità per poi tornare a crescere oltre una certa soglia che è differente per ciascuna funzione, come è stato evidenziato più sopra.

I costi ambientali

La valutazione dei costi ambientali è avvenuta applicando alle tonnellate di emissione inquinanti, ottenute come illustrato in precedenza, un costo unitario che potrà essere anche diversificato per zona di emissione, in funzione ad esempio della popolazione esposta o della maggiore vulnerabilità dell'area.

Bisogna ricordare infatti che mentre le emissioni che influiscono sul Global Warming sono indifferenti alla localizzazione delle emissioni stesse, per quanto riguarda inquinamento e rumore, si deve considerare la quantità dei soggetti esposti e dunque la diversa distribuzione territoriale delle emissioni nella situazione di Piano rispetto alla Scenario di Riferimento.

² Commissione Europea, 1999, MEET -Methodology for calculating transport emissions and energy consumption, research for sustainable mobility

I valori unitari dei costi esterni marginali, per tutti gli elementi inquinanti considerati, sono riportati nell'allegato 4.

I costi risultanti sono rappresentati nella tabella seguente.

Tab. A.5.22 Esempificazione: differenziali di costi ambientali (Milioni di €)

	Area 1	Area 2	Totale
Scenario di Riferimento			
CO ₂			
NO _x			
VOC			
CO			
PM			
Rumore			
Totale			
Scenario di Piano			
CO ₂			
NO _x			
VOC			
CO			
PM			
Rumore			
Totale			
Variazione			
CO ₂	-0,9	-1,1	-2,0
NO _x	-0,1	-0,1	-0,1
VOC	0,0	0,0	0,0
CO	0,0	0,0	0,0
PM	-0,1	-0,2	-0,3
Rumore	0,0	-0,7	-0,7
Totale	-1,1	-2,0	-3,1

Fonte: elaborazioni TRT

Benefici da minore incidentalità

La completezza della valutazione economica richiede di stimare i benefici derivanti da una riduzione dell'incidentalità.

Innanzitutto dovranno essere quantificati gli impatti fisici, ovvero il numero di incidenti, il numero di persone coinvolte e la gravità del coinvolgimento nei due scenari. In seguito, applicando un opportuno valore al differenziale di morti e feriti, saranno stimati i benefici della minore incidentalità indotta dagli interventi previsti dallo Scenario di Piano rispetto a quello di Riferimento.

Stima dell'incidentalità

Il primo passaggio richiede di stimare la variazione potenziale di incidenti e di persone infortunate (morti e feriti) che intercorre tra la Scenario di Riferimento e l'alternativa progettuale esaminata.

Tab. A.5.23 Esemplificazione: previsioni di incidentalità

	Morti	Feriti
Scenario di Riferimento	Valore rilevato 2008	Valore rilevato 2008
Scenario di Piano	-50% rispetto allo Scenario di riferimento	idem

Il secondo passaggio consiste nella monetizzazione economica dell'impatto derivante dal riscontrato "security improvement". La traduzione monetaria di questi benefici comporta la scelta di una metodologia di valutazione nella rosa di quelle offerte dalla letteratura. In generale gli approcci seguiti nella quantificazione monetaria dei costi dell'incidentalità, possono farsi risalire a due differenti classi.

La prima è rappresentata del metodo del capitale umano (*Human Capital method, HC*) che consiste in una misurazione della produzione "perduta" in seguito ad un incidente stradale. Nelle valutazioni economiche il metodo HC è stato gradualmente abbandonato: la maggior critica mossa a tale metodologia, è infatti quella di essere eticamente discutibile.

La letteratura in materia raccomanda, pertanto, l'utilizzo della metodologia della Disponibilità a Pagare (*Willingness to pay, WTP*). Questo approccio, derivato dalla teoria economica del benessere richiede che si stimi, attraverso questionari o attraverso l'osservazione diretta del comportamento dell'utente/consumatore, quanto un individuo sarebbe disposto a pagare/prendere per evitare/accettare un rischio.

Sebbene gli studi basati sulla WTP siano, a livello internazionale, numerosi e si differenzino per la varietà degli approcci adottati (*Contingent Valuation, Wage-risk, Consumer Behaviour*), a livello nazionale si assiste ad un'assenza di indagini significative basate su tale metodologia. Per sopperire a tale assenza si suggerisce l'utilizzo del valore statistico della vita umana stimato in Miller (1999). Lo studio di Miller, infatti, "trasferisce" i valori stimati per alcuni paesi, a contesti dove non sono disponibili studi specifici.

Il lavoro di Miller, utilizza i risultati di studi esistenti per costruire una funzione di regressione logaritmica al fine di stimare l'elasticità al reddito di questi valori. La funzione di regressione è la seguente:

$$\ln(\text{Valore Statistico della Vita}) = a + b \cdot \ln(Y) + cZ$$

dove Y è una misura del reddito, Z è un vettore di variabili esplicative che tengono conto dei diversi approcci utilizzati (*Contingent Valuation, Wage-risk, Consumer Behaviour*) dagli studi nazionali e (a, b, c) è il vettore dei coefficienti di regressione. Le misure di reddito utilizzate sono il Prodotto Interno Lordo reale pro capite (PIL pro capite) e il Prodotto Nazionale Netto (PNL). Analisi di sensitività sono state effettuate considerando valori pesati per la parità del potere di acquisto (PPA) e PIL pro capite.

In considerazione dei diversi approcci utilizzati dagli studi internazionali, sono state introdotte delle variabili esplicative (vettore Z) allo scopo di tener conto delle diverse problematiche connesse all'utilizzo di ciascun approccio. In particolare si è tenuto conto dell'influenza sui comportamenti degli utenti/consumatori (approccio Contingent Valuation) connessa ad una valutazione del rischio percepito piuttosto che effettivo.

Le regressioni effettuate sui 68 studi disponibili hanno permesso, tramite l'identificazione dei coefficienti di regressione a , b e c , la stima dei valori statistici anche per paesi, come l'Italia per i quali non erano disponibili studi WTP autentici. I valori stimati nello studio, originariamente espressi in dollari 1995, sono stati poi opportunamente rivalutati in euro 2005 restituendo un valore della vita umana pari a 2,49 milioni di €.

Non fornendo lo studio indicazioni relative al costo sociale dei feriti si è adottata una percentuale del valore attribuito ad un decesso così come suggerito da Nellthorp³ (2001).

I valori assunti sono quindi i seguenti:

Tab. A.5.24 Costi sociali unitari dell'incidentalità (Milioni di €)

	Morti	Feriti
Costi	2,49	0,07

L'utilizzo dei valori riportati permetterà di stimare i benefici derivanti dallo Scenario di Piano rispetto a quello di riferimento.

Tab. A.5. 25 Esempificazione: benefici da riduzione dell'incidentalità (Milioni di €)

	Morti	Feriti	Totale
Scenario di Riferimento			
Scenario di Piano			
Variazione	-10,0	-7,3	-17,3

³ Nellthorp J., Sansom T., Bickel P., Doll C. et Linderberg G. "Valuation Conventions for UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency), 2001, University of Leeds

Flussi di costi e benefici

I flussi di costi e benefici e il flusso netto sono esemplificati nella tabella che segue.

Tab. A.5.26 Flussi di costi e benefici e flusso benefici netti (Milioni di €)

Anno	Costi di investimento	Costi di esercizio	Benefici utenti			Benefici ambientali	Benefici minore incidentalità	Benefici netti totali
			Benefici di tempo	Risparmi costi operativi	Totale			
2008								
2009								
2010								
2011								
2012								
2013								
2014								
2015								
2016								
2017								
2018								
...								
n								

Indici di redditività economica

Gli indici di redditività calcolati sono il Valore Attuale Netto Economico e Saggio di Rendimento Interno Economico (rispettivamente VANE e SRIE)⁴.

Come si è detto nell'introduzione a questo capitolo i flussi di benefici e costi devono essere attualizzati tramite un apposito saggio sociale di sconto che esprime la preferenza intertemporale della collettività, cioè quanto di meno valgono i costi e i benefici futuri rispetto a quelli presenti in un'ottica pubblica. Il saggio sociale di sconto si colloca generalmente ad un valore percentualmente inferiore al saggio finanziario.

⁴ Il Saggio di Rendimento Interno è il tasso di sconto costante che eguaglia a zero il VANE

La letteratura mostra una vasta gamma di approcci nell'interpretazione e nella scelta del saggio sociale di sconto da utilizzare. Tra gli approcci disponibili si è utilizzata una formula basata sul tasso di crescita dell'economia di lungo termine:

$$r = ng + p$$

dove

r = è il tasso di sconto sociale,

g = è il tasso di crescita della spesa pubblica,

n = è l'elasticità del benessere sociale alla spesa pubblica,

e p rappresenta un puro tasso di preferenza intertemporale.

Si è assunto che la spesa pubblica cresca ad un tasso medio annuo del 2%, che il valore dell'elasticità del benessere sociale a questo tipo di spesa sia compreso tra 1 e 2, e che il tasso di preferenza intertemporale sia circa dell'1%. Con queste assunzioni il tasso di sconto sociale sarà compreso tra il 3 ed il 5%⁵. È stato scelto un valore del 5%.

I risultati ottenuti saranno presentati secondo lo schema seguente.

Tab. A.5.27 Esemplificazione: analisi economica - indici di redditività

	Costi di investimento	Costi di esercizio	Benefici utenti			Benefici ambientali	Benefici minore incidentalità	Benefici netti totali
			Benefici di tempo	Risparmi costi operativi	Totale			
VANE (5,0%)								
SRIE								%

VANE: Valore Attuale Netto Economico

SRIE: Saggio di Rendimento Interno Economico

⁵ Guida all'analisi costi – benefici per i progetti di investimento, preparata per: Unità di Valutazione, DG Politica Regionale e Coesione, Commissione Europea 2003 – Appendice B