

# **Benefici ambientali di interventi per una mobilità sostenibile in Provincia di Alessandria**

*Scenari connessi al potenziamento dei trasporti pubblici  
nella provincia alessandrina*

*Franco Amisano  
Claudia Cusinello  
Alberto Cassone*



*Working Paper n. 10/2010*

© HERMES

Fondazione Collegio Carlo Alberto

Via Real Collegio, 30

10024 - Moncalieri (TO)

Tel: 011 670 5250

Fax: 011 6705089

[info@hermesricerche.it](mailto:info@hermesricerche.it)

<http://www.hermesricerche.it>

I diritti di riproduzione, di memorizzazione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi microfilm e copie fotostatiche) sono riservati.

**PRESIDENTE**

Giovanni Fraquelli

**SEGRETARIO**

Cristina Piai

**COMITATO DIRETTIVO**

Giovanni Fraquelli (*Presidente*)

Cristina Piai (*Segretario*)

Guido Del Mese (ASSTRA)

Graziella Fornengo (Università di Torino)

Giancarlo Guiati (GTT S.p.A.)

**COMITATO SCIENTIFICO**

Tiziano Treu (*Presidente*, Università "Cattolica del Sacro Cuore" di Milano e Senato della Repubblica)

Giuseppe Caia (Università di Bologna)

Roberto Cavallo Perin (Università di Torino)

Giovanni Corona (CTM S.p.A.)

Graziella Fornengo (Università di Torino)

Giovanni Fraquelli (Università del Piemonte Orientale "A. Avogadro")

Carlo Emanuele Gallo (Università di Torino)

Giovanni Guerra (Politecnico di Torino)

Marc Ivaldi (IDEI, Université des Sciences Sociales de Toulouse)

Carla Marchese (Università del Piemonte Orientale "A. Avogadro")

Luigi Prosperetti (Università di Milano "Bicocca")

Alberto Romano (Università di Roma "La Sapienza")

Paolo Tesauro (Università di Napoli "Federico" II)

# **Benefici ambientali di interventi per una mobilità sostenibile in Provincia di Alessandria**

## ***Scenari connessi al potenziamento dei trasporti pubblici nella provincia alessandrina***

Franco Amisano

Dip. POLIS dell'Università del Piemonte Orientale, [franco.amisano@cheapnet.it](mailto:franco.amisano@cheapnet.it)

Claudia Cusinello

Dip. POLIS dell'Università del Piemonte Orientale, [cusinello\\_79@yahoo.it](mailto:cusinello_79@yahoo.it)

Alberto Cassone

Dip. POLIS dell'Università del Piemonte Orientale, [alberto.cassone@sp.unipmn.it](mailto:alberto.cassone@sp.unipmn.it)

**SOMMARIO.** Il presente articolo illustra i risultati di un'analisi degli effetti ambientali derivanti dall'attuazione di politiche per la mobilità sostenibile nel territorio alessandrino, nella forma dell'ottimizzazione del trasporto pubblico locale. Gli argomenti illustrati sono estesamente trattati in un precedente studio finanziato nell'ambito del Progetto Alfieri della Fondazione CRT ([1]). Lo studio ha tratto spunto dagli indirizzi programmatici delle autorità provinciali per offrire una risposta alla crescente domanda di mobilità da parte dei cittadini, attualmente soddisfatta prevalentemente con il ricorso ai veicoli privati. Le misure proposte dalle valutazioni dell'Amministrazione Provinciale prevedono il rafforzamento del servizio pubblico lungo le principali direttrici viarie del territorio alessandrino, collegando efficientemente i principali centri zona. Tali interventi dovrebbero rendere disponibile un'efficace ed efficiente alternativa all'impiego di autovetture e motocicli per gli spostamenti nell'ambito della Provincia.

La trattazione è incentrata sulla valutazione dei costi e dei benefici ambientali dell'ottimizzazione dei trasporti pubblici ed azioni a basso impatto ambientale. La premessa è la descrizione della domanda ed offerta di mobilità in ambito provinciale. Ai fini di conseguire una mobilità sostenibile a livello provinciale la razionalizzazione ed il potenziamento delle autolinee che collegano centri zona e località minori costituiscono infatti i fattori determinanti per un efficace servizio di mobilità. Nella definizione del caso di studio sono stati impostati tre scenari. Il primo scenario, indicato come Scenario 0 o BAU (*Business As Usual*) intende essere un'illustrazione della situazione esistente, in assenza di interventi sulla mobilità o sul trasporto pubblico. Gli altri due scenari rappresentano le situazioni attese nel caso di interventi finalizzati al potenziamento del trasporto pubblico locale extraurbano, in conformità alle misure indicate dai documenti programmatici provinciali sull'argomento.

**PAROLE CHIAVE:** TRASPORTO PUBBLICO LOCALE, MOBILITÀ EXTRAURBANA, IMPATTO AMBIENTALE, INQUINANTI LOCALI, ESTERNALITÀ

**JEL CLASSIFICATION:** Q51, Q53, R41

*Si ringrazia per la preziosa e cortese disponibilità l'Assessorato ai Trasporti della Provincia di Alessandria e gli altri Uffici Provinciali che hanno messo a disposizione i dati sulla mobilità provinciale.*

*Si ringrazia altresì il Laboratorio di Termodinamica Applicata dell'Università Aristotele di Tessalonica per la concessione dell'accesso ai dati generali di input COPERT per il parco veicolare italiano.*

## **Indice dei contenuti**

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGIA DI ANALISI E CASI DI STUDIO</b>	<b>3</b>
2.1 L'analisi ambientale	3
2.2 Definizione dello scenario	11
2.3 Inquinanti locali	11
2.4 Esternalità	12
<b>3. SCENARI PER L'ANALISI</b>	<b>16</b>
3.1 Scenario 0	16
3.2 Scenario 1	21
3.3 Scenario 2	23
<b>4. RISULTATI E DISCUSSIONE</b>	<b>26</b>
4.1 Analisi ambientale	26
4.2 Analisi di esternalità	30
<b>5. CONCLUSIONI</b>	<b>40</b>
<b>ACRONIMI</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>43</b>

## Indice delle tabelle

Tabella 2.1-1: Dati di input richiesti da COPERT 4.....	9
Tabella 2.1-2: Postazioni fisse in Provincia di Alessandria per la rilevazione del traffico veicolare (fonte: Provincia di Alessandria).....	10
Tabella 2.1-3: Classificazione COPERT e raggruppamento dei veicoli nei dati delle rilevazioni delle postazioni .....	10
Tabella 2.4-1: Costi medi esterni per passeggero per km in centesimi di Euro 2002.....	14
Tabella 2.4-2: Costi marginali esterni per passeggero km in centesimi di Euro 2000.....	15
Tabella 3.1-1: Emissioni totali annue dei principali inquinanti per le categorie COPERT in tonnellate/anno (Scenario 0).....	17
Tabella 3.1-2: Flussi emissivi orari totali sugli archi stradali considerati (Scenario 0).....	17
Tabella 3.2-1: Corse aggiuntive di autocorriere sulle tratte interessate dal potenziamento del trasporto pubblico locale (su entrambe le corsie) .....	22
Tabella 3.2-2: Flussi emissivi orari totali sugli archi stradali considerati (Scenario 1) .....	22
Tabella 3.3-1: Riduzione ulteriore del flusso orario di autovetture per il potenziamento del trasporto pubblico locale con biciclette al seguito (su entrambe le corsie) .....	25
Tabella 3.3-2: Flussi emissivi orari totali sugli archi stradali considerati (Scenario 2) .....	25
Tabella 4.2-1: Costi esterni orari per categoria (Scenario BAU) .....	34
Tabella 4.2-2: Costi esterni orari per categoria (Scenario 1).....	35
Tabella 4.2-3: Costi esterni per categoria (Scenario 2) .....	36
Tabella 4.2-4: Costi marginali esterni orari per categoria (Scenario BAU) .....	37
Tabella 4.2-5: Costi marginali esterni per categoria (Scenario 1) .....	38
Tabella 4.2-6: Costi marginali esterni per categoria (Scenario 2) .....	39

## Indice delle figure

Figura 3.1-1: Emissioni totali annue di CO (Scenario 0)	18
Figura 3.1-2: Emissioni totali annue di NO <sub>x</sub> (Scenario 0)	18
Figura 3.1-3: Emissioni totali annue di NMVOC (Scenario 0)	19
Figura 3.1-4: Emissioni totali annue di PM <sub>2.5</sub> e PM <sub>10</sub> (Scenario 0)	19
Figura 3.1-5: Emissioni totali annue di CO <sub>2</sub> (Scenario 0)	20
Figura 4.1-1: Flussi orari di CO sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)	27
Figura 4.1-2: Flussi orari di NO <sub>x</sub> sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)	27
Figura 4.1-3: Flussi orari di NMVOC sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)	28
Figura 4.1-4: Flussi orari di PM <sub>2.5</sub> sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)	28
Figura 4.1-5: Flussi orari di PM <sub>10</sub> sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)	29
Figura 4.1-6: Flussi orari di CO <sub>2</sub> sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)	29
Figura 4.2-1: Costi esterni nello Scenario BAU secondo i valori dello studio di Richiardi	33
Figura 4.2-2: Costi esterni nello Scenario BAU secondo i valori dello studio del CE	34

## **1. Introduzione**

Nell'attuazione di una mobilità sostenibile il trasporto pubblico riveste un ruolo fondamentale. La razionalizzazione della mobilità va quindi eseguita facendo riferimento al trasporto pubblico come suo elemento portante. Ne deriva che i servizi di trasporto in ambito locale, urbano ed extraurbano vanno ripensati non più come semplice alternativa per lo spostamento tra i centri zona di un territorio verso alcuni specifici punti d'interesse, ma devono essere riorganizzati e potenziati tenendo conto dell'effettiva domanda di mobilità degli utenti. Nella Provincia di Alessandria tale orientamento ha ispirato le iniziative programmatiche in materia di trasporti, come il Piano Provinciale del Trasporto Pubblico Locale del 2004 ([2]) ed il successivo Programma Triennale dei Servizi di Trasporto per il 2007-2009 ([3]).

I vantaggi ambientali rappresentano un elemento importante del concetto di mobilità sostenibile, specialmente in un territorio come quello alessandrino, situato nella Pianura Padana che è una delle aree regionali europee più afflitte dall'inquinamento per via delle caratteristiche morfologiche che aggravano l'inquinamento prodotto dalle attività di origine antropogenica. A fronte di questa situazione lo scopo dello studio è di identificare i costi e benefici ambientali derivanti dall'ottimizzazione dei servizi di trasporto pubblico.

## **2. Metodologia di analisi e casi di studio**

### **2.1 L'analisi ambientale**

L'analisi ambientale ha lo scopo di fornire una valutazione delle emissioni complessive e dei fattori di emissione per i principali inquinanti emessi dagli autoveicoli. Le emissioni complessive corrispondono al quantitativo totale di inquinanti emessi per categoria di veicoli sull'intero territorio provinciale in un intero anno e sono tipicamente espresse in tonnellate all'anno. I fattori di emissione equivalgono invece alla massa di inquinanti emessi per chilometro per ciascun veicolo e sono quindi espressi in g/km/ve.

Ai fini dello studio i suddetti parametri vanno valutati in primo luogo nella situazione in cui non vi siano interventi volti al potenziamento dei servizi di trasporto pubblico finalizzati al contenimento del ricorso ai veicoli privati. Tale condizione corrisponde al cosiddetto scenario BAU (*Business As Usual*), che costituisce il riferimento per le successive valutazioni degli esiti dei possibili interventi. Le valutazioni vanno poi ripetute per gli scenari corrispondenti ai possibili interventi ed alle ipotesi sui loro eventuali esiti, corrispondenti a diverse possibili riduzioni del ricorso ad autovetture e motocicli per gli spostamenti sul territorio provinciale.

L'effettuazione delle analisi ambientali nel presente studio si è avvalsa del software COPERT 4, che consente il calcolo delle emissioni inquinanti prodotte dal traffico veicolare ([4]). I parametri di COPERT 4 tengono conto delle caratteristiche generali del fenomeno e delle caratteristiche specifiche del contesto d'applicazione. Esso si basa sulla metodologia proposta dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) per la stima delle emissioni da trasporto stradale, nell'ambito del progetto CORINAIR finalizzato alla realizzazione degli inventari nazionali delle emissioni. COPERT 4 richiede i parametri di input elencati in Tabella 2.1-1, che vanno forniti per categoria di veicoli, classificati secondo la metodologia CORINAIR che distingue per tipo di veicoli, alimentazione ed un parametro che ne definisce la potenza (cilindrata per le autovetture ed i motocicli, peso complessivo per i veicoli merci, posti per gli autobus), nonché in base alla classe di conformità di appartenenza secondo le Direttive promulgate dall'Unione Europea che hanno definito i limiti massimi delle emissioni allo scarico in fase di omologazione. Le simulazioni vanno effettuate in relazione al territorio della Provincia di Alessandria, per cui i parametri di input al software vanno definiti in riferimento a tale contesto. Tale definizione è stata fatta secondo le modalità illustrate nel seguito.

#### *Parco veicolare*

L'entità e la composizione del parco circolante nella Provincia di Alessandria sono derivate dalle statistiche dell'Automobile Club d'Italia (ACI). Esse riportano la composizione del parco veicolare a livello nazionale, regionale e provinciale secondo la classificazione COPERT/CORINAIR e quindi presentando i dati nella forma più adatta alle elaborazioni con COPERT 4. Benché dati più aggiornati siano disponibili, la documentazione disponibile non comprende ancora i dati relativi ai veicoli industriali pesanti, in corso di riorganizzazione. Si è quindi scelto di servirsi dei dati relativi al 2006, in quanto completi e ritenuti comunque sufficientemente rappresentativi ([5]).

Per la distanza media annua percorsa dai veicoli di ciascun tipo la fonte considerata più attendibile sono i dati forniti dal Laboratorio di Termodinamica Applicata dell'Università di Tessalonica, presso il quale si è curato lo sviluppo del software COPERT ed i suoi successivi aggiornamenti per conto dell'EEA. Benché i valori riportati siano riferiti al 2005 possono essere considerati adeguati a descrivere la situazione esaminata nel presente studio.

#### *Carburante*

I consumi annui per tipo di carburante (benzina, gasolio, gas propano liquido o GPL) sono stati derivati dai dati ACI per l'intera Regione Piemonte, contenuti nell'appendice dell'Annuario Statistico ([6]). Tali dati sono riferiti al solo consumo per trasporto su strada e non includono anche il consumo di carburante per altri usi, come riscaldamento o produzione di energia. Per ricavare il consumo relativo alla sola Provincia di Alessandria

si è invece fatto riferimento al numero di impianti di distribuzione di carburante nel territorio provinciale ed al totale regionale, secondo il censimento effettuato dall'Assessorato al Commercio della Regione Piemonte ([7]). Si è quindi applicata la seguente relazione:

$$1 \quad F_{AL,i} = F_{Reg,i} \times \frac{D_{AL}}{D_{Reg}} \quad i = B, G, GPL$$

dove:

- $F_{AL,i}$  è il consumo annuo di carburante del tipo  $i$  in Provincia di Alessandria, in tonnellate.
- $F_{Reg,i}$  è il consumo annuo di carburante del tipo  $i$  nell'intera regione, in tonnellate.
- $D_{AL}$  è il numero di distributori di carburante in Provincia di Alessandria.
- $D_{Reg}$  è il numero di distributori di carburante in Piemonte.

Un altro parametro relativo al carburante è la pressione di vapore a 37,8 °C o *Reid Vapour Pressure* (RVP), importante nel calcolo delle emissioni per evaporazione di carburante da parte del software. Il parametro è stato fissato secondo le indicazioni della Guida all'Inventario delle Emissioni redatto dall'EEA, relativamente ai trasporti su strada ([8]). Si sono quindi definiti i seguenti valori:

- RVP = 60 kPa da maggio a settembre
- RVP = 70 kPa da gennaio ad aprile e da ottobre a dicembre

#### *Circolazione*

Per la ripartizione percentuale tra guida su strada urbana, rurale ed autostrada, nonché per le rispettive velocità medie, per ciascuna categoria di veicoli, si è fatto ricorso ai dati relativi all'Italia forniti dall'Università di Tessalonica.

#### *Temperature*

I dati di temperatura relativi alla Provincia di Alessandria sono tratti dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) del Piemonte. Dal sito web dell'ente è possibile accedere alla banca dati degli annali meteorologici ([9]) e scaricare i dati di temperatura massima, minima e media mensili calcolati in corrispondenza delle principali centraline di rilevamento. Ciò consente di stimare i valori di temperatura minima e massima mensile, richiesti come input per il software COPERT 4.



I risultati delle simulazioni effettuate con COPERT 4 forniscono quindi le emissioni totali annue dovute al traffico veicolare, distinte per tipologia di veicoli e ciclo di guida, per numerosi inquinanti. Nell'analisi si fa in particolare attenzione ai principali inquinanti aventi effetti di natura locale (CO, NO<sub>x</sub>, NMVOC, PM2.5 e PM10) ed all'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), in quanto principale gas serra originato dai motori a combustione degli autoveicoli.

Dalle emissioni totali è poi possibile ricavare i fattori di emissione per unità di percorrenza (in km) e per veicolo, per ogni categoria di veicolo e ciclo di guida (urbano, rurale o autostradale). Tali fattori sono assai importanti poiché consentono di valutare le emissioni associate ai singoli archi stradali della rete stradale provinciale, i cui flussi di traffico sono noti a seguito delle rilevazioni stradali da parte delle postazioni lungo le strade statali e provinciali, messe a disposizione dalla Provincia di Alessandria (Tabella 2.1-2). In prima approssimazione, il calcolo di tali fattori può essere fatto come segue:

$$2 \quad EF_{i,j,g} = \frac{M_{i,j,g}}{L_{j,g} \times N_j}$$

dove:

- $EF_{i,j,g}$  è il fattore di emissione, espresso in g/km/ve, dell'inquinante  $i$  per il veicolo appartenente alla categoria  $j$  nel ciclo di guida  $g$ .
- $M_{i,j,g}$  è la massa totale, espressa in tonnellate, di inquinante  $i$  prodotta annualmente dai veicoli della categoria  $j$  nel ciclo di guida  $g$ , in corrispondenza della percorrenza media annua attribuita ai veicoli medesimi, fornita da COPERT 4.
- $L_{j,g}$  è la percorrenza media annua, in chilometri, di ciascun veicolo appartenente alla categoria  $j$  nel ciclo di guida  $g$ .
- $N_j$  è il numero totale di veicoli della categoria  $j$ .

La percorrenza media annua per ciclo di guida si ottiene con la seguente formula:

$$3 \quad L_{j,g} = L_j \times \eta_{j,g}$$

dove:

- $L_j$  è la percorrenza media annua in chilometri di ciascun veicolo appartenente alla categoria  $j$ , in tutti i possibili cicli di guida.
- $\eta_{j,g}$  è la percentuale di percorrenza stradale ricoperta dai veicoli della categoria  $j$  nel ciclo di guida  $g$ .

I fattori di emissione permettono di calcolare le emissioni dei vari inquinanti lungo gli archi stradali elencati in Tabella 2.1-2 e presi in esame nella presente trattazione. In generale, un'analisi di questo tipo richiederebbe teoricamente l'applicazione di differenti fattori di emissione a seconda del ciclo di guida, ovvero distinguendo tra i tratti di percorrenza di tipo urbano, rurale ed autostradale. Nel presente studio però gli archi stradali sui quali sono state effettuate le rilevazioni riguardano percorsi prevalentemente al di fuori dei centri abitati, tranne che per brevi porzioni. Inoltre, trattandosi di strade statali o provinciali, il ciclo di guida autostradale è di per sé escluso. Ne deriva che il ciclo di guida prevalente lungo tali percorsi è quello rurale. È quindi ragionevole ricorrere ai soli fattori di emissione relativi al ciclo di guida rurale per calcolare i flussi orari emissivi lungo gli archi stradali considerati. Si può quindi scrivere:

$$4 \quad EF_{i,j} \equiv EF_{i,j,R}$$

I dati dei flussi di traffico rilevati dalle postazioni fisse indicate in Tabella 2.1-2 non sono organizzati secondo le categorie COPERT ma sono aggregati secondo quattro raggruppamenti, definiti in base alla diversa lunghezza dei veicoli. I primi due raggruppamenti sono indicati come riguardanti i veicoli leggeri:

- Ciclomotori, mezzi agricoli, motoveicoli, autovetture, furgoni: da 0 a 500 cm
- Autocarri fino a 30 quintali: da 500 cm a 750 cm

Gli altri due raggruppamenti comprendono invece i veicoli pesanti:

- Autocarri oltre 30 quintali, autotreni e trattori con rimorchio: da 750 cm a 1000 cm
- Autobus, autoarticolati, trasporti eccezionali, veicoli speciali ed agricoli: oltre 1000 cm (da 1000 cm a 1250 cm, da 1250 cm a 1650 cm, da 1650 cm a 1900 cm ed oltre 1900 cm)

Si è quindi reso necessario associare le categorie COPERT ai raggruppamenti delle rilevazioni, definendo la corrispondenza riportata in Tabella 2.1-3. Pur non disponendo dei dati di dettaglio la ripartizione dei flussi di traffico tra le tipologie di veicoli delle categorie COPERT può essere derivata in base alla composizione del parco circolante provinciale, con qualche marginale correzione. È infatti realistico ipotizzare che i flussi di traffico su strade statali e provinciali, prevalentemente di tipo rurale, non comprendano autobus urbani, per cui la ripartizione dei veicoli del quarto raggruppamento secondo le proporzioni delle categorie COPERT va effettuata non tenendone conto.

I flussi orari emissivi lungo ciascun arco stradale saranno valutati secondo la seguente formula:

$$5 \quad Q_{i,k} = EF_{i,j} \times (\bar{N}_{j,k} + \bar{N}_{j,k}) \times A_k$$

dove:

- $\bar{N}_{j,k}$ ,  $\bar{N}_{j,k}$  sono i numeri medi orari di veicoli della categoria j-esima transitanti nei due sensi di marcia del tratto stradale k-esimo considerato;
- $A_k$  è la lunghezza del tratto stradale k-esimo in km.

Si noti che i dati dei flussi di traffico rilevati dalle postazioni fisse di Tabella 2.1-2 sono riferiti a diverse settimane di rilevazione. Per ciascun arco stradale è possibile considerare la settimana corrispondente al traffico più intenso, ovvero quella che presenti la massima media oraria dei flussi di traffico. Le valutazioni riportate nel presente studio sono state effettuate in base a tale criterio.

Ai fini del confronto tra gli scenari, andranno considerate le differenze tra i flussi orari emissivi ottenuti in presenza di differenti ipotesi. I parametri da tenere presente saranno quindi:

$$6 \quad \Delta Q_{i,k}^{(h,0)} = Q_{i,k}^{(h)} - Q_{i,k}^{(0)}$$

$$7 \quad \Delta Q_{i,tot}^{(h,0)} = Q_{i,tot}^{(h)} - Q_{i,tot}^{(0)}$$

dove:

- $Q_{i,k}^{(0)}$  è il flusso orario dell'inquinante i-esimo, valutato per l'arco stradale k-esimo, nello scenario di partenza, in kg/h.
- $Q_{i,k}^{(h)}$  è il flusso orario dell'inquinante i-esimo, valutato per l'arco stradale k-esimo, nello scenario h-esimo di progetto dell'analisi, in kg/h.
- $Q_{i,tot}^{(0)}$  è il flusso orario dell'inquinante i-esimo, complessivo per tutte le direttrici di traffico, nello scenario di partenza, in kg/h.
- $Q_{i,tot}^{(h)}$  è il flusso orario dell'inquinante i-esimo, complessivo per tutte le direttrici di traffico, nello scenario h-esimo di progetto dell'analisi, in kg/h.
- $\Delta Q_{i,k}^{(h,0)}$  è la differenza tra i flussi orari nello scenario h-esimo e nello scenario di partenza per l'inquinante i-esimo sull'arco stradale k-esimo.
- $\Delta Q_{i,tot}^{(h,0)}$  è la differenza tra i flussi orari complessivi nello scenario h-esimo e nello scenario di partenza per l'inquinante i-esimo.

Vale la seguente relazione:

$$8 \quad Q_{i,tot}^{(h)} = \sum_{k=1}^n Q_{i,k}^{(h)}$$

dove n è il numero degli archi stradali considerati nell'analisi e h è un generico scenario (caso BAU o scenario di progetto).

Un'ulteriore valutazione degli scenari rispetto a quello di riferimento può essere effettuata considerando le emissioni totali in ambito provinciale. Si può ipotizzare che il maggior ricorso al trasporto pubblico locale possa ridurre l'uso degli autoveicoli e motoveicoli privati a livello complessivo, oltre che sugli archi stradali considerati. In realtà tale approccio è più approssimativo, dal momento che comporta l'ipotesi che il potenziamento dei servizi di trasporto pubblico determini una riduzione generalizzata del ricorso ad autovetture e motocicli in tutto il territorio provinciale.

<b>Categoria informazioni</b>	<b>Dati di scenario</b>
Parco veicolare <sup>1</sup>	Numero di veicoli Distanza media annua percorsa per veicolo
Carburante <sup>2</sup>	Consumi annuali di ogni tipo di carburante Valori mensili RVP
Circolazione	Velocità media Distribuzione percentuale del percorso
Temperature	Temperature mensili minime e massime

**Tabella 2.1-1: Dati di input richiesti da COPERT 4**

<sup>1</sup> Dati per categoria di veicoli e per ciclo di guida (urbano, rurale ed autostradale)

<sup>2</sup> Dati per categoria di veicoli

Strada	Denominazione	Postazione rilevamento km.	Località / tratta	Lunghezza arco stradale in km
SS. 10	Padana Inferiore	89+450	Asti - Alessandria	25
SS. 10	Padana Inferiore	119+000	Tortona - Voghera	25
SS. 30	Di Valle Bormida	07+250	Alessandria - Acqui	36
SS. 30	Di Valle Bormida	30+550	Alessandria - Acqui	36
SS. 31	Del Monferrato	53+750	Casale - Alessandria	33
SS. 455	Di Pontestura	23+000	Pontestura – confine VC	25
SS. 457	Di Moncalvo	09+464	Asti - Ozzano	23
SS. 35	Dei Giovi	41+250	Arquata S. - Prov. GE	4
SS. 211	Della Lomellina	16+595	S.S. 10 - Mortara	10
SS. 35 bis	Dei Giovi di Serravalle	07+320	Dalla SS. 10 in AL – Novi Ligure	23
SS. 494	Vigevanese	79+000	Valenza - Alessandria	14
SS. 590	Della Val Cerrina	56+950	Dalla SS. 457 – confine Asti	18
SP. 50	Alessandria - Casale	04+500	Alessandria-Terruggia	30
SP. 55	Casale – Valenza	12+500	Casale - Valenza	17
SP. 100	Della Val Curone	00+800	Castellar G.B. – Fabbrica C.	25
SP. 155	Novi Ligure – Ovada	18+000	Novi Ligure - Ovada	23
SP. 185	Della Valle Orba	04+010	Alessandria - Ovada	34

**Tabella 2.1-2: Postazioni fisse in Provincia di Alessandria per la rilevazione del traffico veicolare (fonte: Provincia di Alessandria)**

Settore	Sottosettore	Raggruppamento rilevazioni
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	A: Ciclomotori, mezzi agricoli, motoveicoli, autovetture, furgoni
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	
Passenger Cars	Diesel <2,0 l	
Passenger Cars	Diesel >2,0 l	
Passenger Cars	LPG	
Motorcycles	2-stroke >50 cm <sup>3</sup>	
Motorcycles	4-stroke <250 cm <sup>3</sup>	
Motorcycles	4-stroke 250 - 750 cm <sup>3</sup>	
Motorcycles	4-stroke >750 cm <sup>3</sup>	
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	B: Autocarri fino a 30 quintali
Light Duty Vehicles	Diesel <3,5 t	
Heavy Duty Trucks	Gasoline >3,5 t	C: Autocarri oltre 30 quintali, autotreni e trattori con rimorchio
Heavy Duty Trucks	Rigid <=7,5 t	
Heavy Duty Trucks	Rigid 7,5 - 12 t	
Heavy Duty Trucks	Rigid 12 - 14 t	
Heavy Duty Trucks	Rigid 14 - 20 t	
Heavy Duty Trucks	Rigid 20 - 26 t	
Heavy Duty Trucks	Rigid 26 - 28 t	
Heavy Duty Trucks	Rigid 28 - 32 t	
Heavy Duty Trucks	Rigid >32 t	D: Autobus, autoarticolati, trasporti eccezionali, veicoli speciali ed agricoli
Buses	Coaches Standard <=18 t	

**Tabella 2.1-3: Classificazione COPERT e raggruppamento dei veicoli nei dati delle rilevazioni delle postazioni**

## 2.2 Definizione dello scenario

Un primo momento del percorso di ridefinizione dell'impianto dei servizi di trasporto pubblico locale amministrati dalla Provincia di Alessandria è costituito dai seguenti elementi:

- ❑ la riorganizzazione degli attuali collegamenti esistenti fra il capoluogo ed i poli principali, definendo servizi cadenzati orari e semi orari nella fascia oraria di punta;
- ❑ l'introduzione di frequenze di transito orarie sulle attuali relazioni fra i poli principali;
- ❑ la revisione dei servizi fra Comuni secondari e poli principali prevedendo un numero minimo di almeno sei coppie di corse giornaliere;
- ❑ la riorganizzazione degli attuali collegamenti esistenti con i poli principali esterni alla provincia definendo servizi cadenzati orari;
- ❑ la riorganizzazione dei collegamenti fra Comuni secondari e poli principali prevedendo almeno sei coppie di corse giornaliere nel caso di Comuni non interessati dai servizi descritti ai punti precedenti;
- ❑ il consolidamento degli attuali servizi erogati nelle aree a domanda debole ed eventuale estensione di modalità innovative in altre aree previste dal Piano Biennale dei Servizi di TPL 2001 – 2002 trasformando gli attuali servizi di linea in servizi a chiamata;
- ❑ la conferma dell'attuale struttura dei servizi urbani nei centri urbani con popolazione inferiore alle 30.000 unità.

## 2.3 Inquinanti locali

Le emissioni di inquinanti da parte degli autoveicoli in circolazione nel territorio provinciale sono raggruppabili in due categorie. La prima comprende i cosiddetti inquinanti locali, i cui effetti ambientali riguardano tipicamente le aree in prossimità delle sorgenti emissive. Fenomeni di trasporto dovuti ai venti e dipendenti dalle condizioni climatiche e dall'orografia del territorio possono distribuire tali inquinanti nelle zone circostanti alle sorgenti, fino a distanza considerevole. I principali inquinanti locali generati dai motori a combustione sono i seguenti:

- Monossido di carbonio (CO)
- Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)
- Composti organici volatili non metanici (NMVOC)
- Micropolveri (PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>)

Altri inquinanti locali presentano un'importanza minore, anche a seguito dei miglioramenti delle prestazioni ambientali degli autoveicoli e dei carburanti a seguito

delle normative europee in materia. Ad esempio, le emissioni di ossidi di zolfo sono state drasticamente abbattute ed oggi rappresentano una componente marginale negli inquinanti prodotti dagli autoveicoli. Analogamente, l'adozione obbligatoria della benzina senza piombo ha consentito di eliminarne le emissioni di fonte veicolare. Ovviamente i miglioramenti ottenuti non sono omogenei in tutto il territorio europeo. Paesi come l'Italia presentano un parco circolante meno recente di altre nazioni occidentali, benché ampiamente rinnovato negli ultimi anni con gli incentivi alla rottamazione per le autovetture e per il recepimento delle più aggiornate disposizioni dell'Unione Europea in materia. In particolare, i dati ACI mostrano per la Provincia di Alessandria un parco circolante relativamente moderno, con una quota limitata, ancorché non trascurabile, di mezzi immatricolati anteriormente all'entrata in vigore degli standard rappresentati dalle classi Euro.

La seconda categoria di inquinanti include le sostanze che contribuiscono al riscaldamento globale, ovvero i cosiddetti gas serra. Il principale di essi è l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), generata da tutti i processi naturali od antropogenici di combustione. Un altro gas serra, presente nell'atmosfera in minori quantità ma potenzialmente più critico, è il metano (CH<sub>4</sub>). L'emissione di tali inquinanti non è rilevante a livello locale, ma in quanto contribuisce all'aumento dei gas serra su scala globale.

Dal punto di vista dell'inquinamento ambientale le eventuali misure volte a scoraggiare il ricorso alle autovetture ed ai motoveicoli privati a favore di un più ampio uso dei mezzi di trasporto pubblici sono definite con particolare attenzione al contenimento delle emissioni degli inquinanti locali. La riduzione delle sostanze che contribuiscono all'effetto serra è reputabile come un vantaggio meno immediato, pur essendo parte del più generale impegno nazionale a soddisfare le prescrizioni internazionali in materia.

Si osserva che, con gli strumenti software di simulazione disponibili per lo studio è possibile valutare unicamente i livelli emissivi da parte delle sorgenti distribuite imputabili al traffico. Non si può simulare la dispersione degli inquinanti sul territorio ed il loro effettivo apporto al deterioramento della qualità dell'aria nella zona considerata. La riduzione delle emissioni ipotizzate a seguito degli interventi possibili, ovvero il potenziamento dei servizi di trasporto pubblico nel territorio provinciale, rappresenta comunque un elemento significativo per valutare i positivi risvolti ambientali di tali misure.

## **2.4 Esternalità**

L'analisi delle esternalità consiste nella stima dei costi associati alle emissioni di inquinanti nei vari scenari. Secondo le stime pubblicate dall'APAT sul contributo alle emissioni in atmosfera in Italia, in diversi settori, al 1990 e 2000 le emissioni da trasporto veicolare contano, a livello nazionale, per circa i 2/3 delle emissioni complessive di

monossido di carbonio (CO), per circa il 50% delle emissioni di composti organici volatili non metallici (COVNM) e di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), per poco meno di 1/3 delle emissioni di polveri sottili (PM10), per circa ¼ delle emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), mentre il contributo alle emissioni di anidride solforosa e di anidride solforica (SO<sub>x</sub>) si è ormai ridotto al 5%. Di conseguenza, il traffico veicolare è una delle principali cause di inquinamento atmosferico, gravanti sull'ambiente e sulla collettività.

La stima dei costi esterni da trasporto è da sempre un argomento di notevole interesse per la Commissione europea. Le strategie sono state delineate in diversi documenti: il primo è stato il *"Green Book on Fair and Efficient Pricing ([10])"*, poi il *"White Paper on Efficient Use of Infrastructure, the European Transport Policy 2010"* ([11]) con un aggiornamento nel 2006.

Nei casi di studio relativi ad interventi sulla mobilità locale le stime monetarie sui costi esterni sono state estratte da una valutazione condotta del Laboratorio Revelli di Moncalieri e da Amici della Terra ([12]). Lo studio, effettuato per conto dell'Assessorato ai Trasporti della Regione Piemonte nel 2004, ha portato alla quantificazione dei costi esterni connessi alla mobilità (passeggeri e merci, su gomma e su rotaia) nell'area metropolitana torinese – identificata nel comune di Torino e in 23 comuni della cintura. L'anno preso a riferimento è il 2002, ultimo anno per cui erano disponibili i dati necessari. Ai fini del presente studio, l'analisi di Richiardi, anche se condotta sul territorio metropolitano torinese, si presta al confronto con un'area simile dal punto di vista urbanistico e demografico. In Tabella 2.4-1 sono presentati i risultati dello studio di Richiardi.

La seconda valutazione dei costi esterni da trasporto veicolare è presa da un aggiornato studio del CE di Delft nei Paesi Bassi ([13]) per conto della DG Trasporti della Commissione Europea. Il lavoro è stato rivisto da un *panel* di trenta esperti designati dalla CE per ogni paese membro. I costi marginali esterni sono calcolati sui dati riferiti alla Germania.

Il parco veicolare è piuttosto recente mostrando la prevalenza di veicoli di categoria Euro 3. La valuta è calcolata ai prezzi del 2000. Anche se il territorio tedesco si presenta diverso da quello italiano, si è scelto di utilizzare questi valori per via della componente di calcolo sull'area suburbana.

In Tabella 2.4-2 sono presentati i valori estratti dal rapporto.



	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	CO	COVNM	Totale	CO <sub>2</sub>	Congestione	Rumore
<b>Autoveicoli</b>	0,01	0,46	1,20	-	0,16	1,82	0,46	6,58	0,90
benzina	0,01	0,46	0,43	0,01	0,19	1,10	0,42	6,58	0,90
diesel	0,03	0,37	0,58	-	0,01	5,99	0,40	6,58	0,90
GPL	-	0,73	0,83	-	0,10	1,66	0,35	6,58	0,90
Climatizzatore (perdite)	-	-	-	-	-	-	0,14	-	-
<b>Motocicli/ciclomotori</b>	-	0,05	2,80	0,01	0,49	3,35	0,20	-	9,80
Motocicli	-	0,09	1,22	0,01	0,16	1,48	0,19	-	9,80
Ciclomotori	-	0,02	3,92	0,01	0,72	4,67	0,21	-	9,80
<b>Bicicletta</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tram</b>	0,13	0,05	0,17	-	-	0,35	0,19	-	0,08
<b>Bus</b>	0,01	0,35	1,01	-	0,01	1,38	0,10	1,87	0,13
<b>Taxi</b>	0,07	0,79	8,79	-	0,08	9,71	1,08	6,58	0,90
<b>Veicoli commerciali</b>						-			
leggeri	0,12	2,60	24,02	0,01	0,18	26,93	1,66	30,06	8,27
pesanti	0,01	0,54	1,08	-	0,01	1,64	0,21	0,33	1,65
<b>Treno</b>						-			
passeggeri	0,05	0,02	0,06	-	-	0,13	0,07	-	-
merci	0,01	-	0,01	-	-	0,02	0,01	-	-

Tabella 2.4-1: Costi medi esterni per passeggero per km in centesimi di Euro 2002

Componente di costo		Auto Eur/ct vec*km	Media	Veicolo pesante Eur/ct vec*km
Rumore	Urbano	0,76	0,12	7
	Suburbano	0,12		1,1
Congestione	Urbano	30	10	75
	Suburbano	10		35
Incidentalità	Urbano	4.12	1.57	10,5
	Suburbano	1.57		2,7
Inquinamento locale	Urbano benzina	0,17	0,575	10,6
	Urbano diesel	1,53		
	Suburbano benzina	0,09		
	Suburbano diesel	0,89		8,5
Inquinamento globale	Urbano benzina	0,67	0,41	2,6
	Urbano diesel	0,52		
	Suburbano benzina	0,44		
	Suburbano diesel	0,38		2,2

Tabella 2.4-2: Costi marginali esterni per passeggero km in centesimi di Euro 2000

### 3. Scenari per l'analisi

#### 3.1 Scenario 0

Lo Scenario 0 corrisponde al cosiddetto caso BAU dell'analisi. In tale scenario si è presa in esame la situazione esistente del traffico in ambito provinciale, senza le riduzioni del ricorso ai veicoli privati che potrebbero derivare da un potenziamento dei servizi di trasporto pubblico locale. Tale scenario non comporta quindi costi aggiuntivi connessi al potenziamento del trasporto pubblico.

La composizione del parco circolante provinciale, come da fonte ACI, è riportata applicando le assunzioni illustrate nel par. 2.1 dove si ottengono, per i principali inquinanti locali, i valori di emissione totale annua riportati in forma aggregata in Tabella 3.1-1. Onde permettere un miglior raffronto tra i contributi delle varie categorie di veicoli, le emissioni totali annue sono inoltre rappresentate graficamente in Figura 3.1-1 (CO), Figura 3.1-2 (NO<sub>x</sub>), Figura 3.1-3 (NMVOC), Figura 3.1-4 (PM) e Figura 3.1-5 (CO<sub>2</sub>). Appare evidente che il contributo più importante è quello dovuto alle autovetture per tutti gli inquinanti, anche se le emissioni dei veicoli commerciali pesanti, specialmente per gli ossidi di azoto, non risultano molto inferiori, nonostante il minor numero di veicoli in tale categoria. Anche i contributi dei motoveicoli, per la loro numerosità, sono rilevanti. Poiché il potenziamento del trasporto pubblico locale dovrebbe, a rigore, determinare la riduzione del numero di autovetture e motocicli circolanti, per lo meno lungo le principali direttrici di traffico tra i centri abitati provinciali, è quindi presumibile che possa derivarne un significativo beneficio ambientale. Va ricordato che, diversamente dagli inquinanti locali che possono avere ricadute sul territorio prossimo alle sorgenti emmissive a seconda delle condizioni climatiche e dell'orografia, l'anidride carbonica è primariamente rilevante per via del contributo all'effetto serra su scala globale. Ne deriva che le emissioni immediatamente d'interesse per il territorio provinciale sono quelle di CO, NO<sub>x</sub>, NMVOC e delle polveri sottili.

I fattori di emissione per tipo di veicolo, ipotizzando un ciclo di guida integralmente rurale, sono derivati applicando per ciascuna categoria la formula dell'Eq. 2. Va sottolineato che tali fattori sono considerati rappresentativi delle prestazioni ambientali di ciascun veicolo appartenente alla rispettiva categoria. Indubbiamente ciò comporta l'ipotesi che tutti i veicoli della medesima classe di cilindrata o peso e con la medesima tecnologia, ovvero conformi alla medesima Direttiva comunitaria, abbiano eguali fattori di emissione per gli inquinanti locali e per le sostanze contribuenti al riscaldamento globale. Si tratta quindi di un'approssimazione, che è comunque inevitabile ed è intrinseca alle modalità operative del software COPERT. I fattori di emissione ricavati in relazione alla situazione esistente, anteriore a qualsiasi possibile intervento finalizzato a promuovere il trasporto pubblico e ridurre il ricorso ai veicoli privati, saranno dunque considerati rappresentativi delle emissioni dei veicoli con le caratteristiche indicate. Essi

verranno perciò utilizzati per calcolare i flussi emissivi orari per gli archi stradali anche negli scenari corrispondenti alle ipotesi di potenziamento del trasporto pubblico.

Nello Scenario 0 il prospetto riassuntivo dei flussi orari complessivi su tutti gli archi stradali considerati è riportato in Tabella 3.1-2.

Categoria veicoli	Emissioni totali annue (t/anno)					
	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOG	PM2.5	PM10	CO <sub>2</sub>
Autovetture	6794,3	1837,5	1208,8	110,7	131,5	585888
Veicoli commerciali leggeri	597,8	469,8	77,4	52,7	57,6	121247
Veicoli commerciali pesanti	1248,1	1112,7	146,1	31,8	36,0	102656
Autobus	75,9	301,6	20,3	10,3	11,1	27464
Motoveicoli	3153,3	34,2	539,9	10,8	11,6	19355
<b>Totale</b>	<b>11869,4</b>	<b>3755,8</b>	<b>1992,4</b>	<b>216,2</b>	<b>247,8</b>	<b>856609</b>

**Tabella 3.1-1: Emissioni totali annue dei principali inquinanti per le categorie COPERT in tonnellate/anno (Scenario 0)**

Periodo di riferimento	Inquinante	A	B	C	D	Totale
Intera settimana	CO	565,1	6,1	30,1	10,1	<b>611,3</b>
	NO <sub>x</sub>	86,1	8,3	18,9	49,4	<b>162,8</b>
	NMVOG	94,9	1,1	3,5	2,6	<b>102,1</b>
	PM2.5	4,9	0,9	0,5	1,6	<b>7,9</b>
	PM10	6,0	1,0	0,6	1,8	<b>9,4</b>
	CO <sub>2</sub>	24775	2156	1621	4603	<b>33156</b>
Solo giorni feriali	CO	574,7	6,8	34,6	11,6	<b>627,7</b>
	NO <sub>x</sub>	87,5	9,4	21,8	57,0	<b>175,7</b>
	NMVOG	96,5	1,2	4,1	3,0	<b>104,8</b>
	PM2.5	5,0	1,0	0,6	1,9	<b>8,5</b>
	PM10	6,1	1,2	0,7	2,1	<b>10,0</b>
	CO <sub>2</sub>	25194	2422	1865	5312	<b>34792</b>

**Tabella 3.1-2: Flussi emissivi orari totali sugli archi stradali considerati (Scenario 0)**

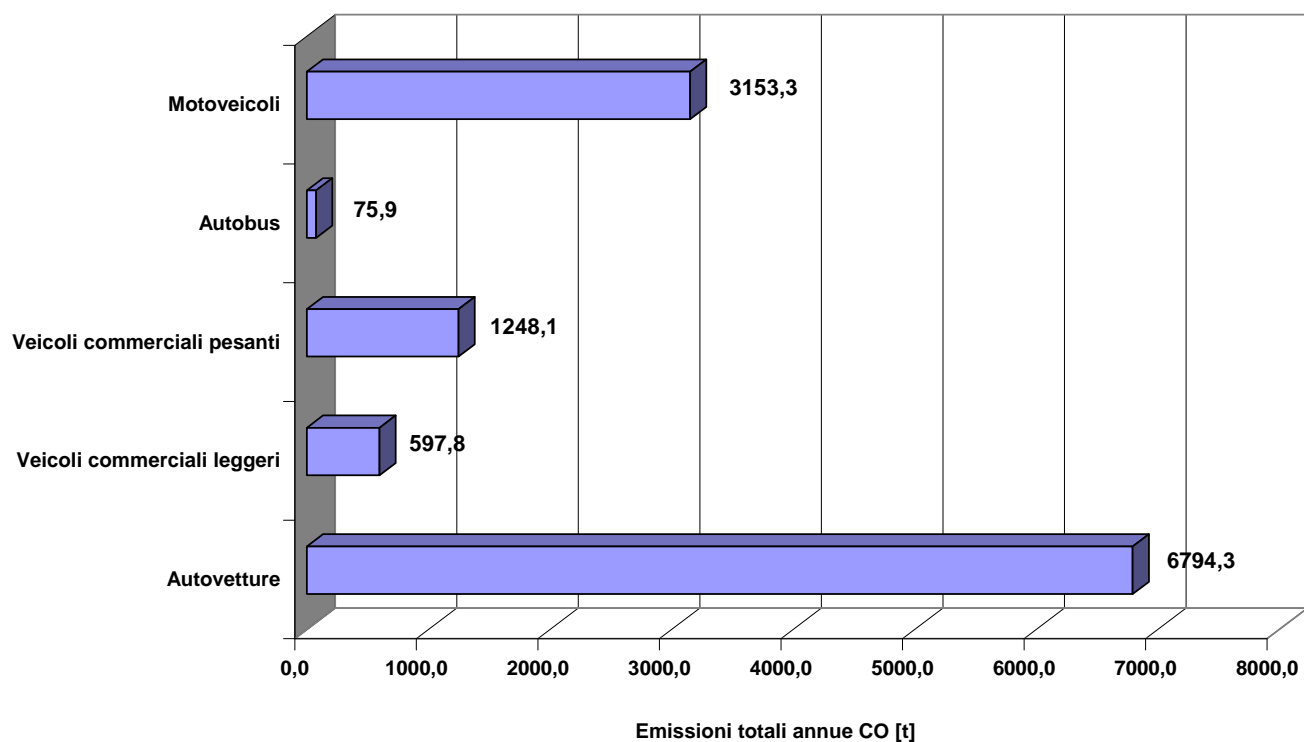


Figura 3.1-1: Emissioni totali annue di CO (Scenario 0)

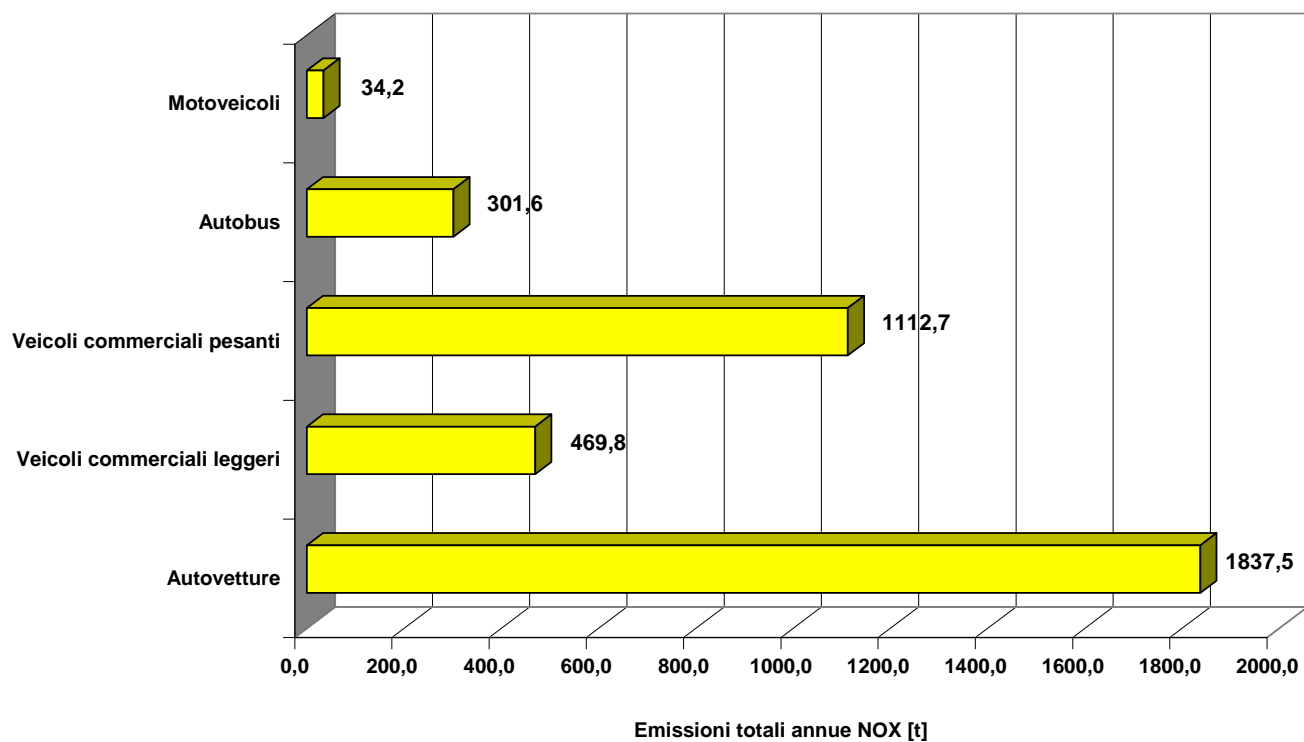


Figura 3.1-2: Emissioni totali annue di NO<sub>x</sub> (Scenario 0)

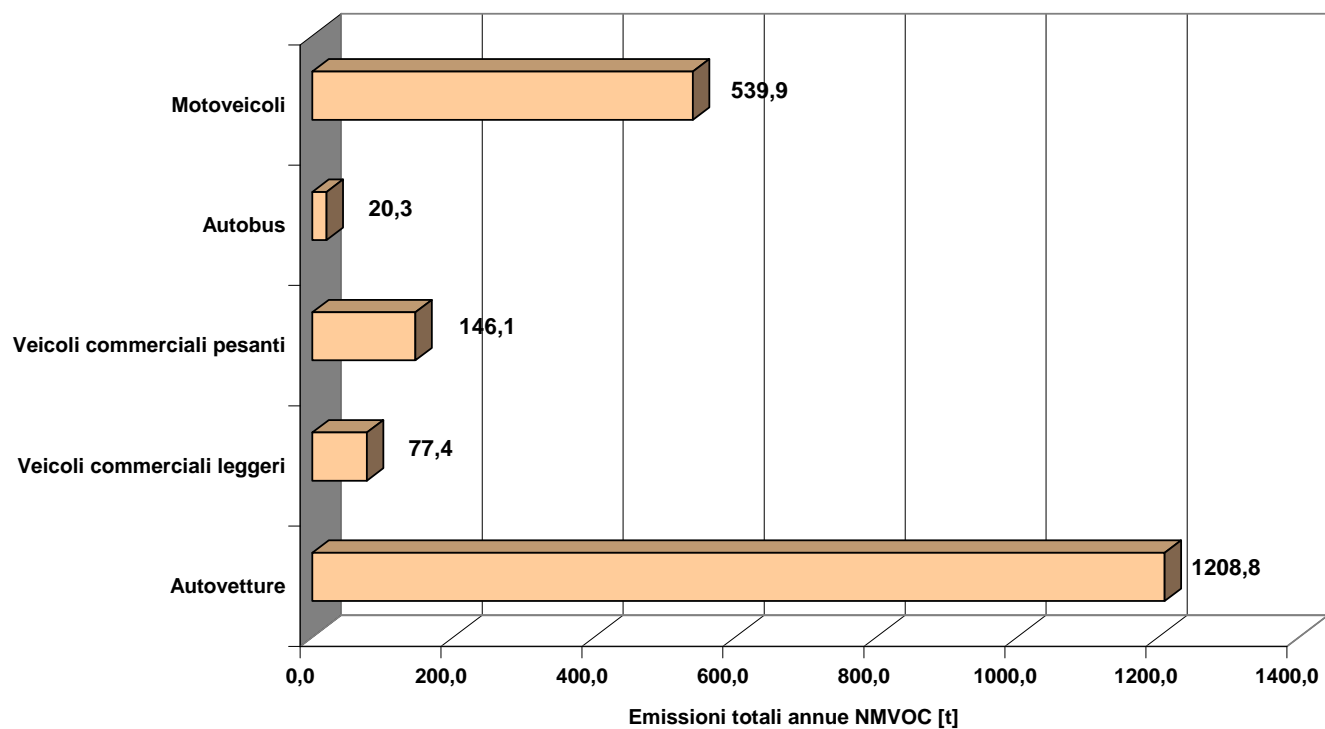


Figura 3.1-3: Emissioni totali annue di NMVOC (Scenario 0)

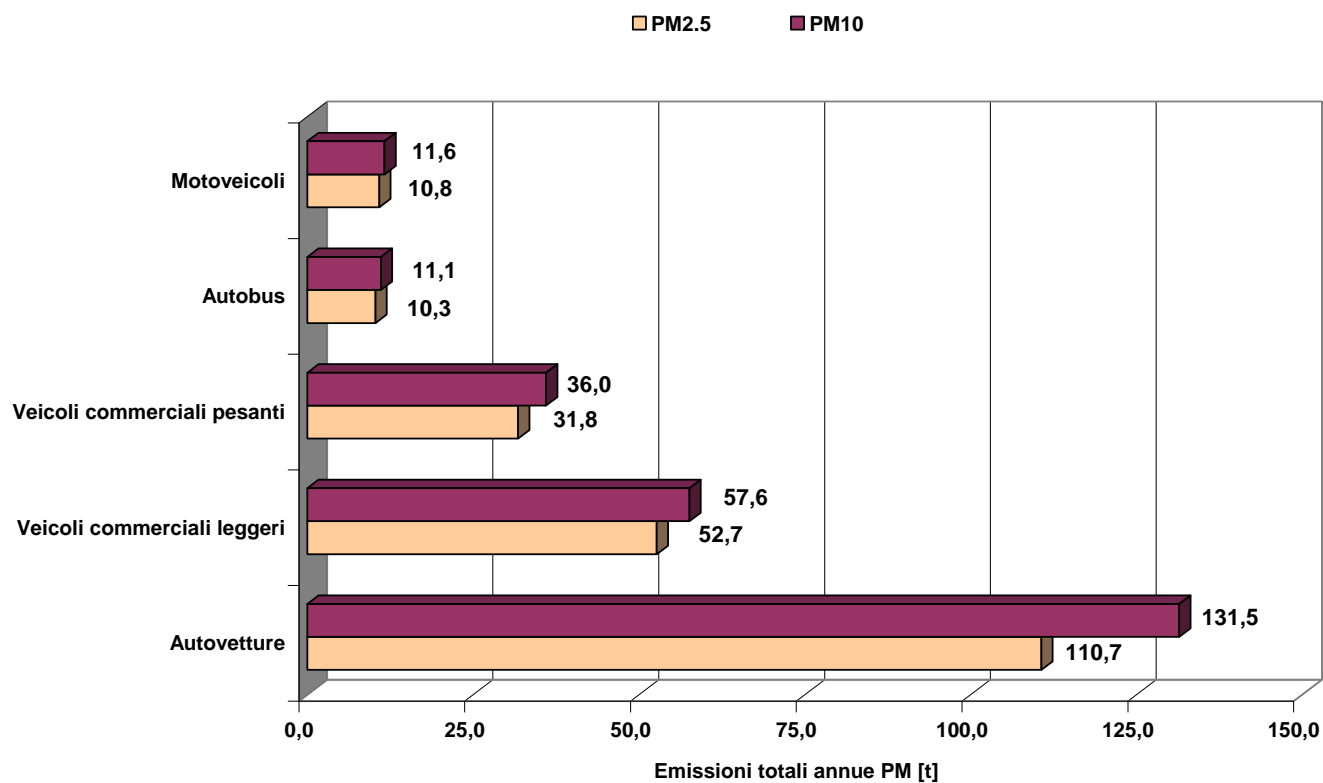


Figura 3.1-4: Emissioni totali annue di PM2.5 e PM10 (Scenario 0)

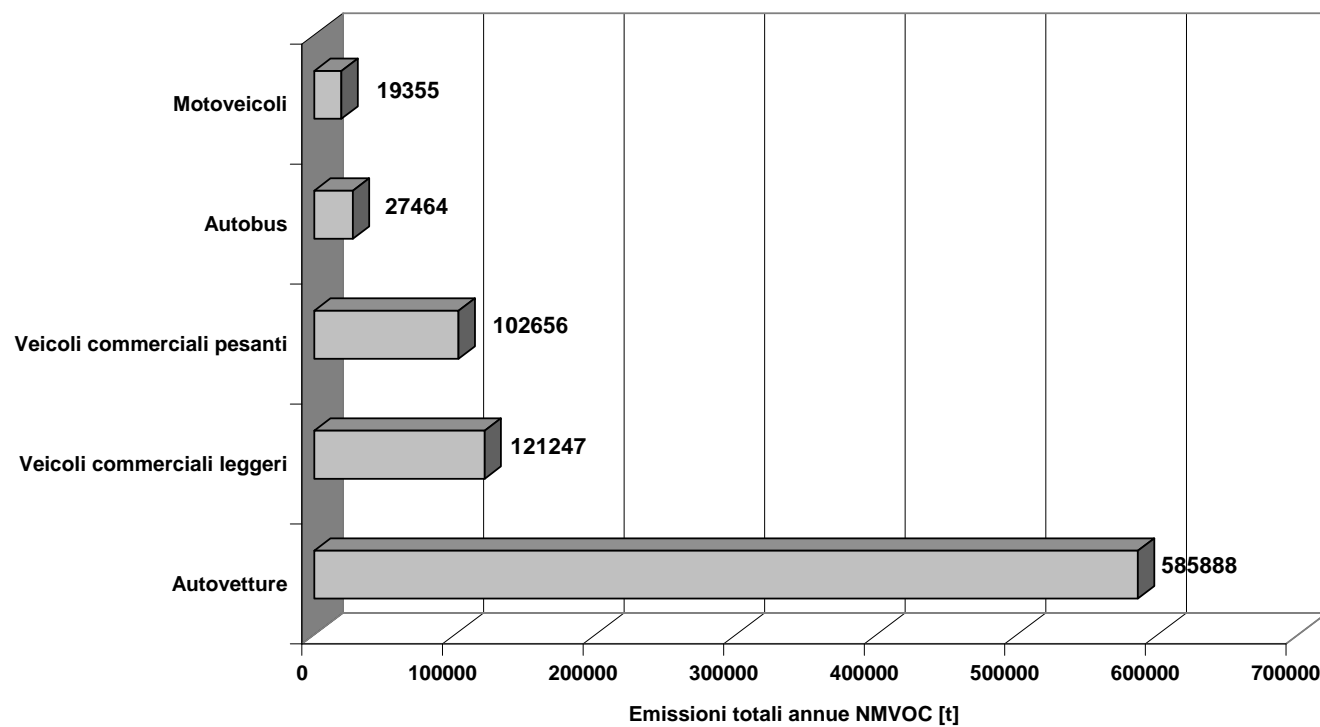


Figura 3.1-5: Emissioni totali annue di CO<sub>2</sub> (Scenario 0)

### 3.2 Scenario 1

Nello Scenario 1 si ipotizza che il potenziamento dei servizi di trasporto pubblico locale venga attuato secondo le modalità previste dalla pianificazione disposta dalla Provincia di Alessandria e che ciò determini un minor ricorso alle autovetture ed ai motocicli per gli spostamenti. Ovviamente, i flussi di traffico dovuti agli autocarri leggeri e pesanti non subiranno variazioni. Per quanto riguarda le autocorriere, i flussi di traffico aumenteranno in misura corrispondente al miglioramento del trasporto pubblico lungo gli assi di traffico considerati. Conformemente alle previsioni del Piano Provinciale il potenziamento dovrebbe riguardare gli archi stradali indicati in Tabella 3.2-1. L'incremento dei flussi orari di autocorriere riportato nella tabella per le varie tratte dipende dal cadenzamento previsto (30 o 60 minuti) ed è riferito al transito dei veicoli in entrambe le direzioni di marcia.

La definizione della riduzione attesa del ricorso agli autoveicoli privati richiede alcune considerazioni. Le indagini sulla domanda di mobilità nella Provincia di Alessandria hanno dimostrato che, coerentemente con quanto riscontrato in altri paesi europei, l'incremento dell'offerta di servizi di trasporto pubblico locale non ha ridotto il ricorso al mezzo di trasporto privato. La ragione di ciò è da ricondursi alla scarsa competitività del mezzo pubblico in termini di riduzione del tempo di viaggio, flessibilità e comodità ([2]). Ne consegue che sarebbe irrealistico attendersi un'elevata riduzione dei flussi veicolari per via del potenziamento dei servizi pubblici di trasporto. Si è quindi ipotizzato che i flussi di traffico si riducano del 20% sui soli assi di traffico interessati, ovvero quelli indicati in Tabella 3.2-1.

Gli effetti sui flussi orari emissivi, calcolati utilizzando i fattori di emissione derivati nelle condizioni di partenza dello Scenario 0, per le quattro categorie di veicoli, sono riportati in Tabella 3.2-2.



Strada	Località / Tratta	Vetture all'ora
SS. 10	Tortona - Voghera	2
SS. 30	Alessandria - Acqui	4
SS. 30	Alessandria - Acqui	4
SS. 31	Casale - Alessandria	4
SS. 35 bis	Dalla SS. 10 in AL – Novi Ligure	4
SS. 494	Valenza - Alessandria	4
SP. 55	Casale - Valenza	2
SP. 155	Novi Ligure - Ovada	2
SP. 185	Alessandria - Ovada	4

**Tabella 3.2-1: Corse aggiuntive di autocorriere sulle tratte interessate dal potenziamento del trasporto pubblico locale (su entrambe le corsie)**

Periodo di riferimento	Inquinante	A	B	C	D	Totale
Intera settimana	CO	482,2	6,1	30,1	10,2	<b>528,4</b>
	NO <sub>x</sub>	73,4	8,3	18,9	51,2	<b>151,9</b>
	NMVOC	80,9	1,1	3,5	2,6	<b>88,2</b>
	PM2.5	4,2	0,9	0,5	1,6	<b>7,3</b>
	PM10	5,1	1,0	0,6	1,8	<b>8,6</b>
	CO <sub>2</sub>	21138	2156	1621	5153	<b>30068</b>
Solo giorni feriali	CO	490,0	6,8	34,6	11,7	<b>543,1</b>
	NO <sub>x</sub>	87,5	9,4	21,8	58,8	<b>177,5</b>
	NMVOC	82,3	1,2	4,1	3,0	<b>90,5</b>
	PM2.5	4,2	1,0	0,6	1,9	<b>7,8</b>
	PM10	5,2	1,2	0,7	2,1	<b>9,2</b>
	CO <sub>2</sub>	21481	2422	1865	5861	<b>31629</b>

**Tabella 3.2-2: Flussi emissivi orari totali sugli archi stradali considerati (Scenario 1)**

### 3.3 Scenario 2

Nello Scenario 1 si è ipotizzato una riduzione del traffico di autoveicoli privati dovuta al potenziamento del trasporto pubblico locale sui percorsi stradali interessati. Indubbiamente la disponibilità di collegamenti frequenti e regolari con autocorriere tra i principali centri del territorio provinciale può indurre parte degli utenti al ricorso al mezzo collettivo, qualora le fermate degli autobus siano a breve distanza dai punti di partenza e di arrivo del loro percorso quotidiano. Tale situazione è tuttavia riscontrabile solo per una parte dell'utenza potenziale del servizio pubblico. Attualmente le fermate dei trasporti pubblici intercomunali sono generalmente collocate presso le stazioni ferroviarie, per facilitare gli spostamenti dei passeggeri che, dai centri minori della Provincia, devono raggiungere i grandi centri metropolitani del cosiddetto triangolo industriale o altre località meglio servite dal trasporto ferroviario che da quello su gomma. Ciò comporta però la necessità di servirsi di ulteriori mezzi per raggiungere le sedi di studio o lavoro, con numerosi svantaggi: in primo luogo gli utenti dei servizi di trasporto pubblico intercomunale sarebbero costretti a pagare l'accesso al servizio di trasporto municipale o locale, che normalmente dipende da un diverso gestore. Soluzioni integrate tra il trasporto pubblico locale ed il trasporto a più lunga distanza esistono. L'abbonamento Formula permette ad esempio di fruire del servizio ferroviario di Trenitalia in ambito regionale e del servizio di trasporto pubblico di GTT nell'area metropolitana torinese. Al momento non vi sono tuttavia, offerte analoghe proposte da aziende di trasporto municipale ed intercomunale in Provincia di Alessandria. Inoltre, il ricorso a più mezzi di trasporto pubblico comporta inevitabili perdite di tempo per gli utenti, che dovrebbero organizzare i propri spostamenti tenendo conto degli orari di più servizi di trasporto. Problemi di questo genere sono particolarmente importanti per gli spostamenti sul territorio comunale di Alessandria, poichè caratterizzato da significative distanze tra l'abitato principale, i sobborghi e le aree industriali.

In tale contesto è di particolare interesse la possibilità di integrare il potenziamento del trasporto pubblico descritto nello Scenario 1 con una facilitazione aggiuntiva per l'utenza. Le autocorriere possono essere attrezzate per trasportare un certo numero di biciclette caricabili su appositi supporti, od essere dotate di speciali biciclette pieghevoli messe a disposizione dei passeggeri medesimi per brevi percorrenze nelle aree urbane. Indubbiamente l'efficacia di tali soluzioni dipende dalla fruibilità dello spazio urbano da parte delle biciclette, quindi dall'esistenza di piste ciclabili ed altre soluzioni di viabilità che agevolino il ricorso a tali mezzi di trasporto. Ciononostante è plausibile ipotizzare uno scenario che, ai vantaggi illustrati nel precedente Scenario 1, unisca un'ulteriore riduzione di traffico di autovetture e motocicli grazie alla possibilità offerta agli utenti di trasportare

le proprie biciclette o servirsi di biciclette pieghevoli in dotazione ai mezzi di trasporto pubblici.

Il numero di biciclette trasportabili non è peraltro elevato, a meno di non prevedere il ricorso a carrelli portabici a rimorchio, che peraltro non rappresenta una soluzione probabile per via dei costi necessari e della scarsa praticità per brevi tragitti come quelli di un servizio di trasporto pubblico provinciale. È più probabile pensare all'impiego di attrezzature portabici installate posteriormente sulle autocorriere, come già attualmente previsto sui mezzi dell'ARFEA. Tali attrezzature consentono un trasporto di un numero limitato di biciclette. Nella definizione dello Scenario 2 si ipotizzerà un totale di 4 biciclette per ogni corsa, a cui vanno aggiunte altre 2 biciclette pieghevoli in dotazione al mezzo stesso, per un totale di 6 passeggeri interessati, corrispondenti ad un'equivalente riduzione dei veicoli a motore circolanti sui percorsi interessati. Nel presente studio si è supposto che tale riduzione riguardi le sole autovetture e si applichi alle sottocategorie con maggior numero di veicoli in transito all'ora. La riduzione si è quindi applicata su due soli flussi orari, corrispondenti alle seguenti tipologie di autovetture:

- *"Gasoline < 1.4 l"* con tecnologia EURO 2
- *"Diesel < 2 l"* con tecnologia EURO 3

Per le precedenti ipotesi si avrebbe quindi una diminuzione complessiva del flusso orario di autovetture pari a quanto riportato in Tabella 3.3-1.

Come nel precedente scenario, i risultati sono ricavati dai fattori di emissione derivati nelle condizioni dello Scenario 0 per calcolare i flussi orari emissivi. I flussi orari totali per gli archi stradali in esame, raggruppati secondo le quattro categorie di veicoli individuate nelle rilevazioni, sono elencati in Tabella 3.3-2.

Strada	Località / Tratta	Riduzione autovetture all'ora
SS. 10	Tortona - Voghera	12
SS. 30	Alessandria - Acqui	24
SS. 30	Alessandria - Acqui	24
SS. 31	Casale - Alessandria	12
SS. 35 bis	Dalla SS. 10 in AL – Novi Ligure	24
SS. 494	Valenza - Alessandria	24
SP. 55	Casale - Valenza	12
SP. 155	Novi Ligure - Ovada	12
SP. 185	Alessandria - Ovada	24

**Tabella 3.3-1: Riduzione ulteriore del flusso orario di autovetture per il potenziamento del trasporto pubblico locale con biciclette al seguito (su entrambe le corsie)**

Periodo di riferimento	Inquinante	A	B	C	D	Totale
Intera settimana	CO	480,6	6,1	30,1	10,2	<b>526,9</b>
	NO <sub>x</sub>	71,3	8,3	18,9	51,2	<b>149,8</b>
	NM <sub>VOC</sub>	80,8	1,1	3,5	2,6	<b>88,0</b>
	PM <sub>2.5</sub>	4,0	0,9	0,5	1,6	<b>7,1</b>
	PM <sub>10</sub>	5,0	1,0	0,6	1,8	<b>8,4</b>
	CO <sub>2</sub>	20436	2156	1621	5153	<b>29366</b>
Solo giorni feriali	CO	488,5	6,8	34,6	11,7	<b>541,6</b>
	NO <sub>x</sub>	72,5	9,4	21,8	58,8	<b>162,5</b>
	NM <sub>VOC</sub>	82,1	1,2	4,1	3,0	<b>90,4</b>
	PM <sub>2.5</sub>	4,1	1,0	0,6	1,9	<b>7,6</b>
	PM <sub>10</sub>	5,0	1,2	0,7	2,1	<b>9,0</b>
	CO <sub>2</sub>	20780	2422	1865	5861	<b>30928</b>

**Tabella 3.3-2: Flussi emissivi orari totali sugli archi stradali considerati (Scenario 2)**

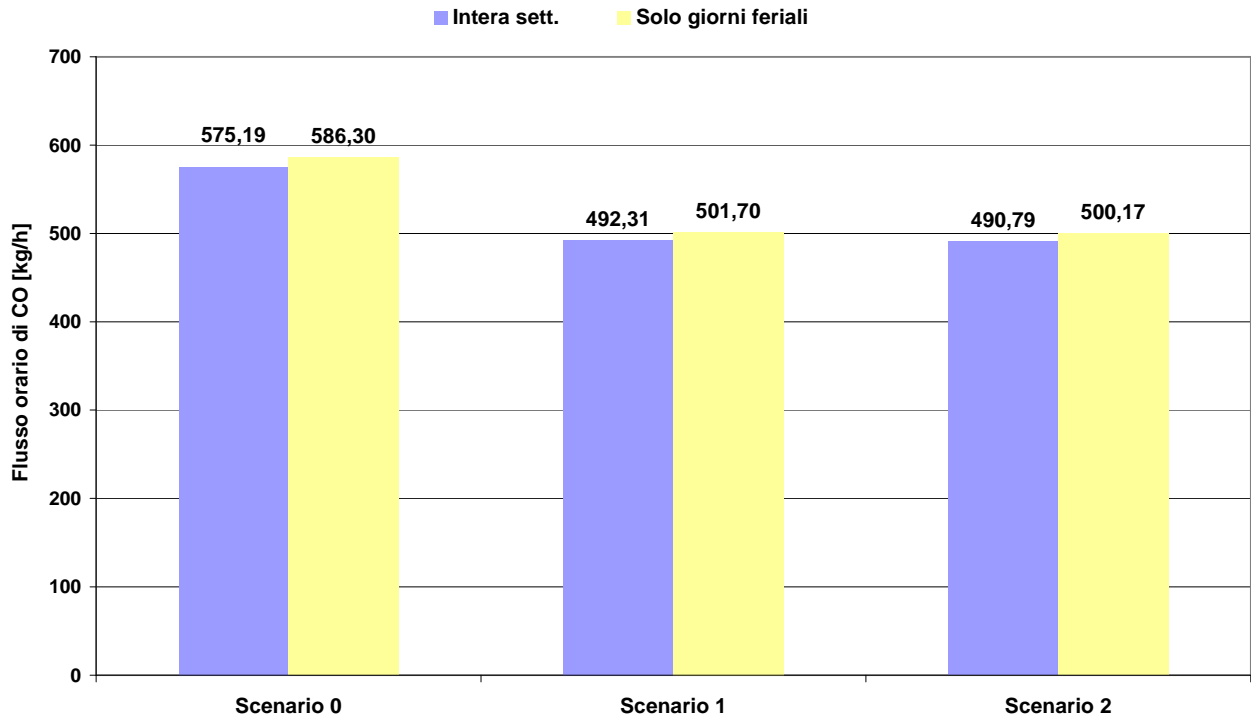
## 4. Risultati e discussione

### 4.1 Analisi ambientale

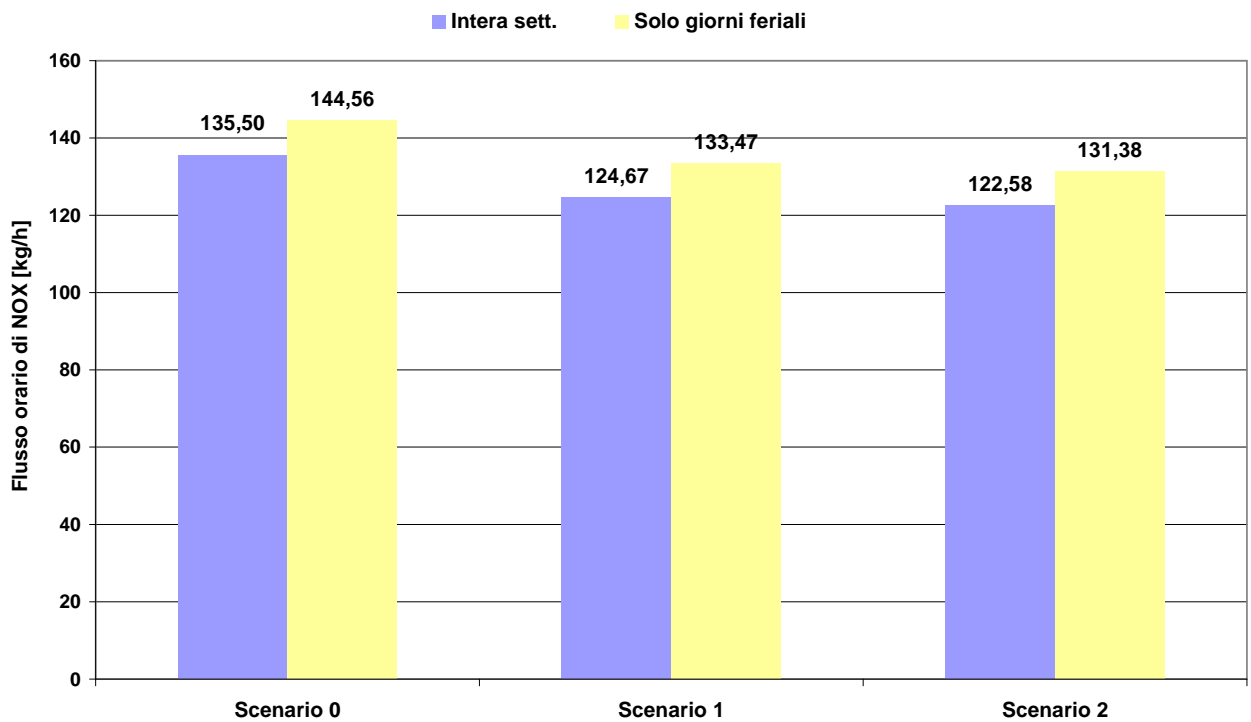
Il confronto tra lo Scenario 0 (caso BAU) e i due scenari di intervento dal punto di vista ambientale è effettuato considerando i flussi emissivi orari sugli archi stradali per i quali è contemplato il potenziamento del trasporto pubblico. Tale approccio è coerente con l'Eq. 7 del par. 2.1 e consente di valutare l'effettivo impatto di natura ambientale del maggior ricorso dell'utenza ai servizi di trasporto pubblico, nella forma più diretta descritta nello Scenario 1 e con l'ulteriore vantaggio arrecato dalla combinazione corriere-biciclette dello Scenario 2. Per dare maggior evidenza agli effetti ambientali degli interventi si è inoltre rappresentato graficamente l'effetto sui flussi emissivi totali, calcolati in riferimento all'intera settimana e sui soli giorni feriali (quando, come atteso, la circolazione è mediamente più intensa). I grafici di Figura 4.1-1 (CO), Figura 4.1-2 (NO<sub>x</sub>), Figura 4.1-3 (NMVOC), Figura 4.1-4 (PM<sub>2.5</sub>), Figura 4.1-5 (PM<sub>10</sub>) e Figura 4.1-6 (CO<sub>2</sub>) consentono di apprezzare meglio l'efficacia delle misure di potenziamento del servizio pubblico in termini di abbattimento delle emissioni inquinanti. Va tenuto presente che le variazioni delle emissioni riguardano esclusivamente gli autoveicoli compresi nella tipologia A e nella tipologia D, come definite in Tabella 2.1-3, ovvero le categorie i cui flussi di circolazione si suppone siano influenzati a seguito delle misure intraprese.

Appare evidente che l'effetto più significativo è quello arrecato dal rafforzamento del servizio di trasporto pubblico, secondo le modalità previste dalla programmazione provinciale che lo dovrebbero rendere attraente per gli utenti, corrispondente allo Scenario 1. La riduzione dei flussi orari emissivi rispetto allo Scenario 0 è piuttosto rilevante, aggirandosi su valori compresi tra il 10% ed il 14% per tipo di inquinante. In particolare, si nota che la riduzione è maggiore del 14% per CO e NMVOC, intorno al 10% per le polveri sottili e CO<sub>2</sub>, inferiore all'8% per NO<sub>x</sub>. Non si riscontrano particolari differenze tra i risultati calcolati sull'intera settimana e nei soli giorni feriali.

Lo Scenario 2 comporta indubbiamente un ulteriore miglioramento delle prestazioni ambientali grazie alla disponibilità di parte degli utenti di autoveicoli privati a servirsi delle combinazioni del trasporto pubblico debitamente potenziato e del ricorso alla bicicletta, propria o annessa al servizio in oggetto. Si tratta peraltro di un miglioramento ridotto, anche se non trascurabile. Si osserva che esso appare più sensibile per NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> e le polveri sottili (intorno al 2%) che per CO e NMVOC. Tale miglioramento deriva peraltro dall'ipotesi, decisamente non troppo ottimistica, sul ricorso alla combinazione di trasporto pubblico e bicicletta, formulata nel par. 3.3, e non comporterebbe interventi di eccessiva onerosità rispetto a quelli necessari per il potenziamento del servizio di trasporto pubblico che caratterizzano sia tale scenario che lo Scenario 1.



**Figura 4.1-1: Flussi orari di CO sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)**



**Figura 4.1-2: Flussi orari di NO<sub>x</sub> sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)**

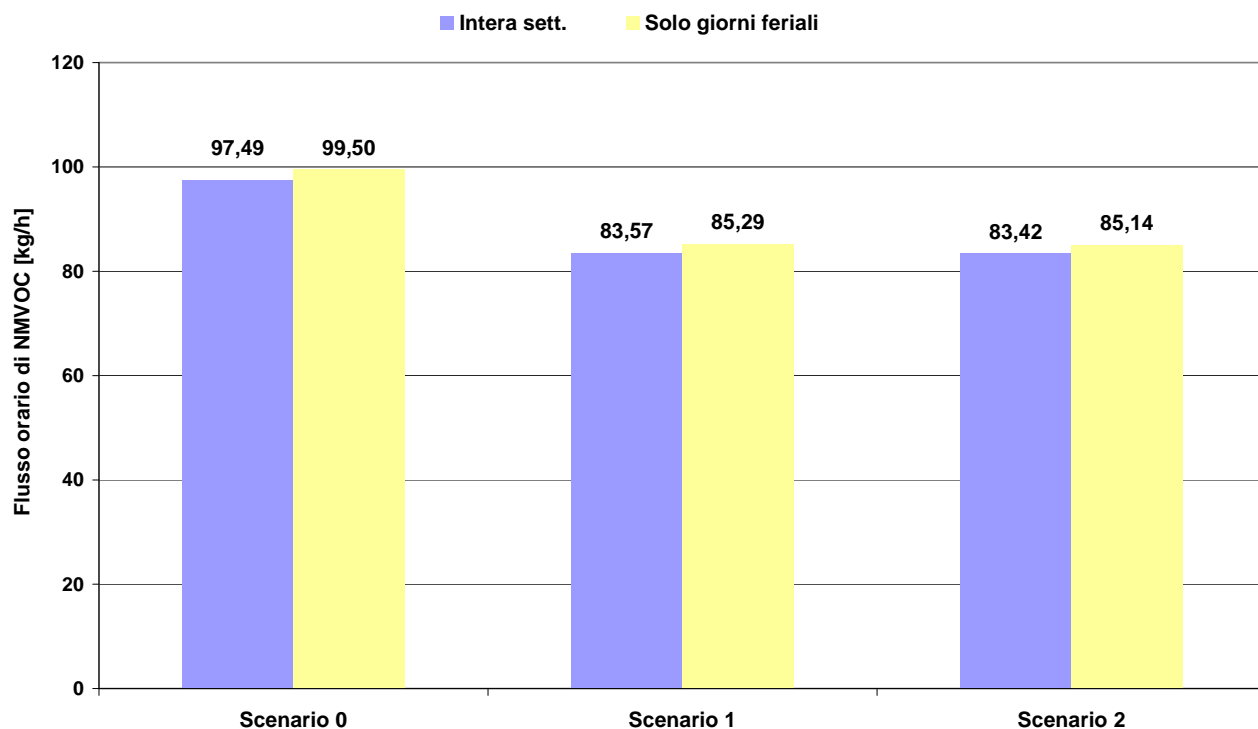


Figura 4.1-3: Flussi orari di NMVOC sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)

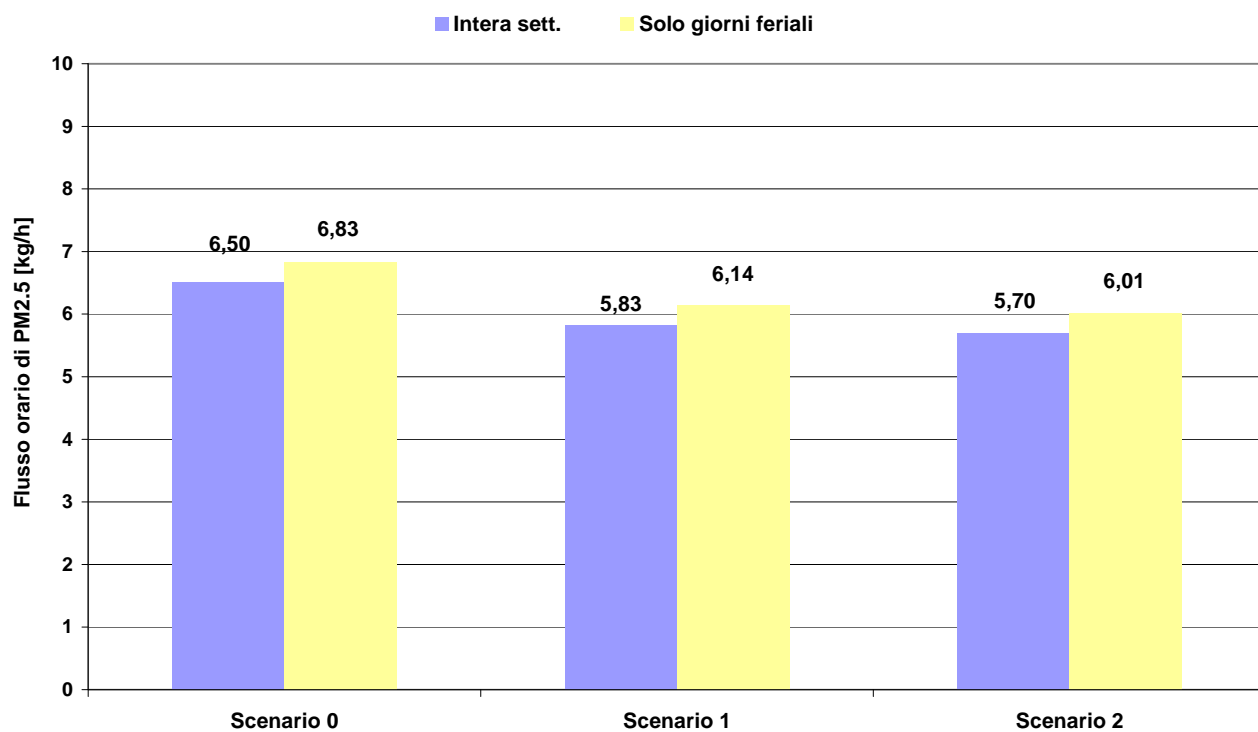
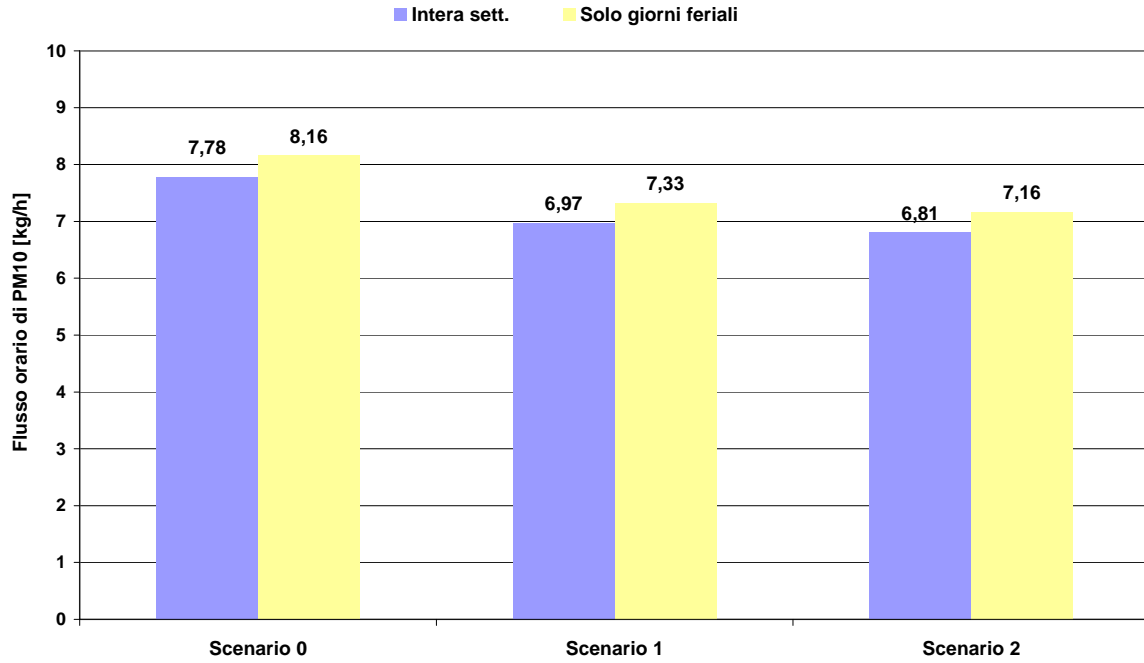
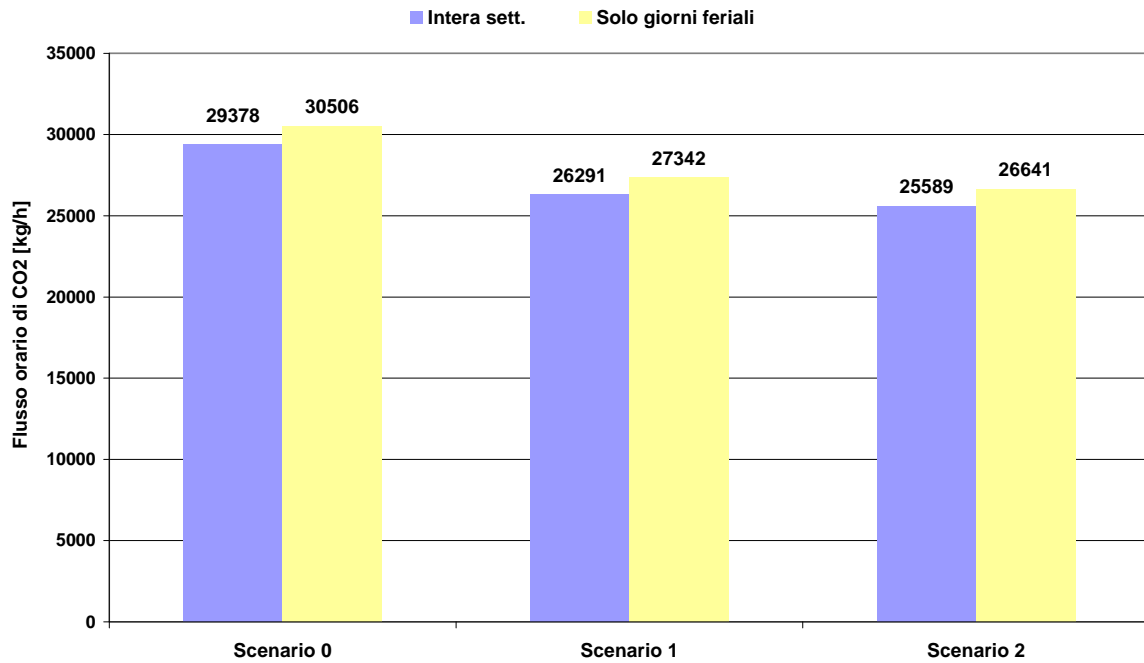


Figura 4.1-4: Flussi orari di PM2.5 sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)



**Figura 4.1-5: Flussi orari di PM10 sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)**



**Figura 4.1-6: Flussi orari di CO<sub>2</sub> sugli archi stradali oggetto di intervento nei tre scenari (contributi delle tipologie A e D di veicoli rilevati)**



## 4.2 Analisi di esternalità

In questo paragrafo sono stati calcolati i costi esterni da trasporto afferenti alla realtà alessandrina sulla base di due metodologie distinte. L'analisi di Richiardi si rifà alla metodologia ExternE, ovvero all'analisi dei sentieri d'impatto che prevede la stima delle emissioni, il calcolo dei danni fisici e l'individuazione del loro equivalente monetario ([14], [15]). L'analisi del CE è la sintesi dell'approccio di costo marginale esterno richiesto dalla commissione europea. Altri spunti metodologici possono essere tratti da un articolo presentato ad un workshop del 2007 ([16]).

La metodologia ExternE riferita alla stima monetaria del danno da inquinamento atmosferico può essere schematicamente sintetizzata in quattro fasi: calcolo delle emissioni derivanti dall'esercizio dei veicoli, modellizzazione dell'incremento delle concentrazioni di inquinanti, valutazione degli impatti conseguenti, valutazione economica del danno. Ciascuna di queste fasi è supportata da diversi strumenti che sono i fattori di emissione di ciascun inquinante per km e le percorrenze per quanto riguarda il calcolo delle emissioni. In aggiunta i dati di tipo meteorologico (vento, temperatura, pressione, ecc.) per quanto riguarda la costruzione dei modelli di dispersione degli inquinanti in atmosfera ed il conseguente calcolo delle concentrazioni; funzioni dose risposta. Infine i dati demografici per la valutazione degli impatti in termini, ad esempio, di patologie; che associate a valori monetari unitari consentono di valutare il danno monetario complessivo. L'ultimo studio di ExternE, NewExt ([17]) ha aggiornato le stime del valore della vita umana (VSL, *Value of Statistical Life*) e del valore di un anno di vita perduta (VOLY, *Value of Life Year*) ai prezzi 2003 con un tasso di sconto del 3%.

Relativamente alla stima monetaria del danno da inquinamento acustico nello studio di Richiardi sono stati presi dati da letteratura, in particolare hanno considerato un valore medio pari a 17 €, una soglia iniziale di 60 dB, ed un numero medio di persone per nucleo familiare, desunto dai dati del Censimento 2001, pari a 2,32 ([12]). La metodologia di stima si ottiene suddividendo la popolazione dell'area metropolitana torinese nelle diverse fasce di rumore e abbinando ad ogni fascia un valore di costo esterno unitario (€/abitante). Una trattazione più dettagliata dell'argomento è riportata nel rapporto degli Amici della Terra del 2003.

L'effetto-congestione derivante da questo eccessivo utilizzo è la diminuzione della velocità media e il conseguente aumento dei tempi di percorrenza.

Nello studio di Richiardi la velocità di riferimento media nelle fasce orarie centrali della giornata è calcolata dai grafici relativi alla distribuzione della mobilità dell'area metropolitana torinese. Viene poi calcolato il costo-opportunità del tempo sulla base del valore aggiunto, desunto dai conti economici regionali del Piemonte ([12]).

Infine la valutazione dei costi esterni imputabili all'incidentalità stradale è stata condotta sulla base della metodologia usata nel rapporto Amici della Terra 2003 riproporzionando solamente i valori complessivi per l'area metropolitana di Torino, rispetto alla totalità delle infrastrutture stradali italiane. La stima monetaria relativa agli incidenti fatali riprende i valori di NewExt, mentre per la stima monetaria dei feriti viene adottato il seguente principio: si moltiplica il danno monetario medio per ferito calcolato a livello nazionale (stimato nel IV Rapporto degli Amici della Terra in 9.991 €, riferito al 1999) per il numero di feriti nell'area metropolitana, ottenendo quindi una stima del danno complessivo che si avrebbe se gli incidenti fossero di gravità pari a quella media nazionale ([12]). L'autore ipotizza che la riduzione nella gravità degli incidenti non fatali sia uguale alla riduzione nella frequenza di incidenti mortali su incidenti totali. Pondera così il risultato ottenuto per il rapporto tra il tasso di incidentalità mortale italiano ed il tasso di incidentalità mortale a livello dell'area metropolitana.

In Figura 4.2-1 si mostra come sono ripartiti i costi esterni orari per tutti gli archi esaminati nella provincia alessandrina allo stato BAU. Risulta evidente che la quota più alta è da attribuirsi al costo esterno per incidentalità seguito da quello per congestione e dal rumore. Quindi, secondo le stime di Richiardi, i costi sociali più gravosi per la cittadinanza non si riferiscono all'inquinamento atmosferico, ma a fenomeni più legati all'assetto infrastrutturale e al flusso di traffico che contano per il 90% del totale.

Di seguito sono riportati i costi esterni orari in centesimi di euro per categoria per ciascun arco nella provincia di Alessandria nei tre scenari d'analisi.

Secondo la tabella relativa ai costi esterni da traffico veicolare per l'anno 2007 si calcola un costo complessivo annuo di circa 550.000 €. Il calcolo complessivo prende in considerazione 2280 ore totali annue. Dal documento provinciale sul potenziamento delle linee esistenti è stimato un investimento totale distribuito su tre anni pari a circa 3 milioni di €. Questo significa che secondo le valutazioni di Richiardi il costo sociale annuo è di circa 1/5 il valore totale dell'investimento per il potenziamento delle linee esistenti. Su un arco temporale decennale i costi sociali generati dal traffico veicolare sarebbero di circa 5,5 milioni di euro, ovvero quasi il doppio dell'investimento decennale per il potenziamento delle linee esistenti. Nello Scenario 1 di riduzione del 20% del traffico veicolare si conseguirebbe un risparmio di circa 1 milione di € sull'arco decennale a fronte di una spesa di 3 milioni di € per il potenziamento del TPL. Nello scenario 1 quindi, se consideriamo i costi sociali, il costo netto sarebbe di circa 2 milioni di € per tutto l'arco decennale, *ceteris paribus*. Se invece confrontiamo lo Scenario BAU con lo Scenario 2 il costo sociale sui dieci anni cala di circa il 27%. Secondo fonte ARFEA, gli investimenti per la realizzazione dei porta-biciclette, dell'acquisto delle bici a noleggio e della gestione e manutenzione del servizio, hanno un costo medio annuo per il servizio bici pieghevoli di 140.000 € annui e delle biciclette al seguito di 110.000 € annui. Quindi, secondo i valori di Richiardi nello scenario 2 la differenza tra i costi sociali senza interventi e con interventi

equivale a circa il costo annuo del servizio bici. Anche se, questi risultati si otterrebbero con l'investimento dei 3 milioni di euro per il potenziamento delle linee esistenti, si può convenire che i costi annuali per il servizio bici si annullano grazie al risparmio sui costi sociali.

L'altra valutazione dei costi esterni è stata calcolata grazie alle valutazioni del CE nel 2007. Le metodologie utilizzate si basano su funzioni di costo e correlazioni e per la trattazione dettagliata si rinvia al rapporto. In estrema sintesi i costi esterni sono stati calcolati per la componente di esternalità da congestione, da rumore, dell'incidentalità, dell'inquinamento locale e dell'effetto serra. Il costo esterno da congestione è calcolato in base ai dati di flusso di traffico, capacità di portata della strada e valore del tempo perso. Sulla base di questi dati si costruisce la funzione di costo marginale del traffico in giorni, settimane e mesi per regione. I dati sono ricavati dalla determinazione di incidenti stradali e poi correlati con il traffico stradale. Il costo esterno da inquinamento locale è calcolato con la metodologia della funzione dose risposta sopracitata. I costi esterni da rumore sono stimati su dati di misurazione acustica e poi correlati con il traffico. Infine il costo marginale esterno dell'inquinamento globale si stima sulla base delle emissioni effettive per quantitativo di carburante impiegato.

I valori di costo marginale esterno usati nel presente rapporto si basano sulle valutazioni disponibili del CE per la Germania e si dividono per modalità di trasporto e per area urbana e suburbana. L'anno di riferimento della valuta è il 2000.

In Figura 4.2-2 sono riportati i risultati dello studio in termini di costi esterni medi in centesimi di € per passeggero/km. Balza immediatamente all'occhio la componente per il 90% del costo esterno da congestione. In misura minore al 4% l'effetto riscaldamento globale e l'inquinamento atmosferico locale al 5%. Diversamente dalle stime di Richiardi il costo esterno da incidentalità e rumore è solo all'1%.

In Tabella 4.2-4, Tabella 4.2-5 e Tabella 4.2-6 sono riportati i costi esterni orari per archi stradali nei tre scenari d'analisi.

Secondo la tabella relativa ai costi esterni da traffico veicolare per l'anno 2007 si calcola un costo complessivo annuo di circa 270.000 €. Come spiegato nel paragrafo precedente, secondo i dati del piano provinciale sul potenziamento delle linee esistenti è stimato un investimento totale distribuito su tre anni pari a circa 3 milioni di €. Questo significa che secondo le valutazioni del CE il costo sociale annuo è di circa 1/10 dell'investimento del potenziamento delle linee esistenti. Di conseguenza, su un arco di tempo decennale, in assenza di alcun intervento di riduzione del traffico, il costo pagato dalla collettività è di poco meno di 3 milioni di euro.

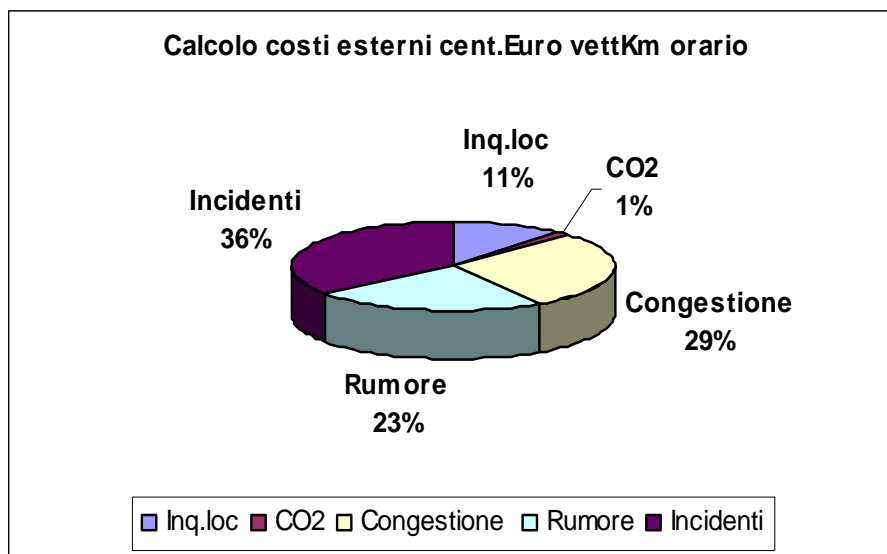
Nello scenario 1 di riduzione del 20% del traffico veicolare si conseguirebbe un risparmio di circa 54.000 € annui di costi sociali. Sull'arco temporale decennale a fronte dell'investimento di 3 milioni di euro per il potenziamento delle linee si conseguirebbe un risparmio di circa mezzo milione di euro per la collettività. Il costo netto sarebbe di circa

2,5 milioni sui dieci anni, *ceteris paribus*. Se invece confrontiamo lo Scenario BAU con lo Scenario 2 il risparmio annuo è di circa 74.000 €.

In questo caso il valore annuale di costi sociali risparmiati è di circa la metà del valore annuale d'investimento per il servizio bici al seguito.

Sull'arco temporale decennale il risparmio offerto dallo scenario 2 è meno significativo rispetto allo scenario 1, tuttavia il risultato è comunque significativo in termini di costi per la collettività evitati e potenzialità generate dal servizio ciclabile e dall'intermodalità.

Con valori anche molto diversi, in funzione del tipo di criteri adottati nella conversione monetaria dei danni fisici provocati alla collettività dal traffico veicolare, l'analisi di esternalità ha il pregio di offrire un confronto monetario dei costi e dei benefici delle politiche locali volte alla riduzione dell'impatto antropogenico sulla collettività. In entrambe le valutazioni dei costi esterni per la collettività, i potenziali benefici degli interventi in rapporto ai costi d'investimento sono significativi, soprattutto se distribuiti sull'arco decennale di durata dell'investimento. Questi risultati mettono in luce come sia indispensabile all'analisi costi e benefici la quantificazione monetaria di quei costi che non sono di facile individuazione e definizione, ma che di fatto sono parte integrante nel processo di valutazione di una politica pubblica.



**Figura 4.2-1: Costi esterni nello Scenario BAU secondo i valori dello studio di Richiardi**

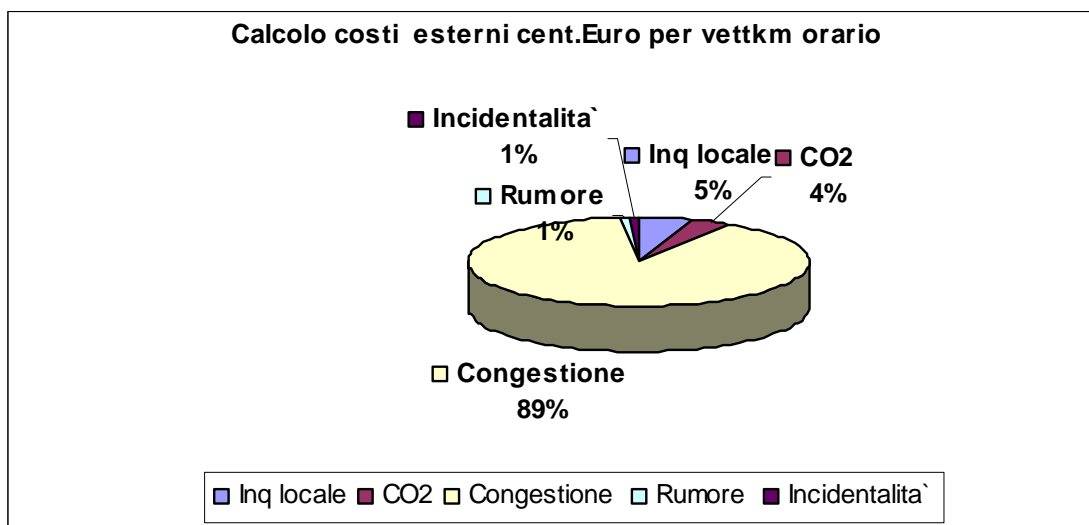


Figura 4.2-2: Costi esterni nello Scenario BAU secondo i valori dello studio del CE

Codice Strada	Km	CICLOMOTORI - MEZZI AGRICOLI - MOTOVEICOLI - AUTOVETTURE	Calcolo costi esterni Euro cent. vettkm orario				
			Inq.loc	CO <sub>2</sub>	Congestione	Rumore	Incidenti
SS 10	25	Max Media oraria					
		Direzione Voghera 213	138	17	350	285	436
		Direzione Tortona 216	140	18	355	289	442
SS 30	36	Max Media oraria					
		Direzione Acqui 333	310	39	789	641	982
		Direzione Alessandria 334	311	39	791	643	985
SS 31	33	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 402	343	43	873	710	1086
		Direzione Casale 418	357	45	908	738	1130
SS 35 bis	23	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 243	144	18	368	299	458
		Direzione Novi Ligure 239	142	18	362	294	450
SS 494	14	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 269	97	12	248	201	308
		Direzione Valenza 271	98	12	250	203	311
SP 55	17	Max Media oraria					
		Direzione Casale Monf. 134	59	7	150	122	187
		Direzione SS 494 126	55	7	141	115	175
SS 155	23	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 227	135		344	279	428
		Direzione Novi Ligure 223	133	17	337	274	420
SS 185	34	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 143	126	16	320	260	398
		Direzione Alessandria 157	138	17	351	286	437
<b>Totale</b>			<b>2725</b>	<b>326</b>	<b>6936</b>	<b>5640</b>	<b>8633</b>

Tabella 4.2-1: Costi esterni orari per categoria (Scenario BAU)

Codice Strada	Km	CICLOMOTORI - MEZZI AGRICOLI - MOTOVEICOLI - AUTOVETTURE	Calcolo costi esterni Euro cent. vettKm orario				
			Inq.loc	CO <sub>2</sub>	Congestione	Rumore	Incidenti
SS 10	25	Max Media oraria					
		Direzione Voghera 170	110	14	280	228	349
		Direzione Tortona 173	112	14	284	231	354
SS 30	36	Max Media oraria					
		Direzione Acqui 266	248	31	631	513	785
		Direzione Alessandria 267	249	31	633	515	788
SS 31	33	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 322	274	34	698	568	869
		Direzione Casale 334	285	36	726	590	904
SS 35 bis	23	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 194	116	15	294	239	366
		Direzione Novi Ligure 191	114	14	289	235	360
SS 494	14	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 215	78	10	198	161	247
		Direzione Valenza 217	78	10	200	162	249
SP 55	17	Max Media oraria					
		Direzione Casale Monf. 107	47	6	120	97	149
		Direzione SS 494 101	44	6	113	92	140
SS 155	23	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 182	108		275	223	342
		Direzione Novi Ligure 178	106	13	270	220	336
SS 185	34	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 114	101	13	256	208	319
		Direzione Alessandria 126	110	14	281	228	350
		<b>Totale</b>	<b>2180</b>	<b>260</b>	<b>5549</b>	<b>4512</b>	<b>6907</b>

**Tabella 4.2-2: Costi esterni orari per categoria (Scenario 1)**

Codice Strada	Km	CICLOMOTORI - MEZZI AGRICOLI - MOTOVEICOLI - AUTOVETTURE	Calcolo costi esterni Euro cent. vett km orario				
			Inq.loc	CO <sub>2</sub>	Congestione	Rumore	Incidenti
SS 10	25	Max Media oraria					
		Direzione Voghera 158	102	13	261	212	324
		Direzione Tortona 161	104	13	265	215	329
SS 30	36	Max Media oraria					
		Direzione Acqui 242	226	28	574	467	715
		Direzione Alessandria 243	226	28	576	468	717
SS 31	33	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 310	264	33	672	547	837
		Direzione Casale 322	275	35	700	569	871
SS 35 bis	23	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 170	101	13	258	210	321
		Direzione Novi Ligure 167	99	12	253	206	315
SS 494	14	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 191	69	9	176	143	219
		Direzione Valenza 193	70	9	178	144	221
SP 55	17	Max Media oraria					
		Direzione Casale Monf. 95	42	5	106	87	133
		Direzione SS 494 89	39	5	99	81	124
SS 155	23	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 170	101	13	257	209	319
		Direzione Novi Ligure 166	99	12	252	205	313
SS 185	34	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 90	79	10	202	164	252
		Direzione Alessandria 102	89	11	227	185	283
		<b>Totale</b>	<b>1986</b>	<b>250</b>	<b>5056</b>	<b>4111</b>	<b>6293</b>

**Tabella 4.2-3: Costi esterni per categoria (Scenario 2)**

Codice Strada	Km	CICLOMOTORI - MEZZI AGRICOLI - MOTOVEICOLI - AUTOVETTURE	Costi esterni per vett. km orari in cent. €				
			Inq.loc	CO <sub>2</sub>	Congestione	Rumore	Incidenti
SS 10	25	Max Media oraria					
		Direzione Voghera 213	31	22	533	6	4
		Direzione Tortona 216	31	22	540	6	4
SS 30	36	Max Media oraria					
		Direzione Acqui 333	69	49	1199	14	10
		Direzione Alessandria 334	69	49	1202	14	10
SS 31	33	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 402	76	54	1327	16	11
		Direzione Casale 418	79	57	1379	17	11
SS 35 bis	23	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 243	32	23	559	7	5
		Direzione Novi Ligure 239	32	23	550	7	4
SS 494	14	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 269	22	15	377	5	3
		Direzione Valenza 271	22	16	379	5	3
SP 55	17	Max Media oraria					
		Direzione Casale Monf. 134	13	9	228	3	2
		Direzione SS 494 126	12	9	214	3	2
SS 155	23	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 227	30	21	522	6	4
		Direzione Novi Ligure 223	29	21	558	6	4
SS 185	34	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 143	28	20	486	6	4
		Direzione Alessandria 157	31	22	534	6	4
		<b>Totale</b>	<b>606</b>	<b>432</b>	<b>10586</b>	<b>126</b>	<b>86</b>

**Tabella 4.2-4: Costi marginali esterni orari per categoria (Scenario BAU)**



Codice Strada	Km	CICLOMOTORI - MEZZI AGRICOLI - MOTOVEICOLI - AUTOVETTURE	Costi esterni per vett. km orari in cent €				
			Inq.loc	CO <sub>2</sub>	Congestione	Rumore	Incidenti
SS 10	25	Max Media oraria					
		Direzione Voghera 170	24	17	426	5	3
		Direzione Tortona 173	25	18	432	5	4
SS 30	36	Max Media oraria					
		Direzione Acqui 266	55	39	959	12	8
		Direzione Alessandria 267	55	39	962	12	8
SS 31	33	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 322	61	44	1061	13	9
		Direzione Casale 334	63	45	1104	13	9
SS 35 bis	23	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 194	26	18	447	5	4
		Direzione Novi Ligure 191	25	18	440	5	4
SS 494	14	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 215	17	12	301	4	2
		Direzione Valenza 217	17	12	304	4	2
SP 55	17	Max Media oraria					
		Direzione Casale Monf. 107	10	7	182	2	1
		Direzione SS 494 101	10	7	171	2	1
SS 155	23	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 182	24	17	418	5	3
		Direzione Novi Ligure 178	24	17	446	5	3
SS 185	34	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 114	22	16	389	5	3
		Direzione Alessandria 126	25	18	427	5	3
		<b>Totale</b>	<b>485</b>	<b>346</b>	<b>8469</b>	<b>101</b>	<b>69</b>

**Tabella 4.2-5: Costi marginali esterni per categoria (Scenario 1)**

Codice Strada	Km	CICLOMOTORI - MEZZI AGRICOLI - MOTOVEICOLI - AUTOVETTURE	Costi esterni per vett. km orari in cent €				
			Inq.loc	CO <sub>2</sub>	Congestione	Rumore	Incidenti
SS 10	25	Max Media oraria					
		Direzione Voghera 158	23	16	396	5	3
		Direzione Tortona 161	23	16	402	5	3
SS 30	36	Max Media oraria					
		Direzione Acqui 242	50	36	873	10	7
		Direzione Alessandria 243	50	36	876	11	7
SS 31	33	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 310	59	42	1022	12	8
		Direzione Casale 322	61	44	1064	13	9
SS 35 bis	23	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 170	23	16	392	5	3
		Direzione Novi Ligure 167	22	16	385	5	3
SS 494	14	Max Media oraria					
		Direzione Alessandria 191	15	11	268	3	2
		Direzione Valenza 193	16	11	270	3	2
SP 55	17	Max Media oraria					
		Direzione Casale Monf. 95	9	7	162	2	1
		Direzione SS 494 89	9	6	151	2	1
SS 155	23	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 170	22	16	390	5	3
		Direzione Novi Ligure 166	22	16	416	5	3
SS 185	34	Max Media oraria					
		Direzione Ovada 90	18	13	307	4	2
		Direzione Alessandria 102	20	14	345	4	3
<b>Totale</b>			<b>442</b>	<b>315</b>	<b>7718</b>	<b>92</b>	<b>62</b>

**Tabella 4.2-6: Costi marginali esterni per categoria (Scenario 2)**

## 5. Conclusioni

Nel presente documento si è trattato il tema della realizzabilità di un modello di mobilità sostenibile in Piemonte, prendendo in esame il territorio della Provincia di Alessandria. Partendo dai provvedimenti esistenti in materia e dalle misure ed esperienze attuate in ambito nazionale ed internazionale si sono analizzati i possibili effetti che il potenziamento del trasporto pubblico provinciale e l'attuazione di intermodalità tra mezzi pubblici e biciclette potrebbero avere sulle emissioni inquinanti, sia di rilievo locale che contribuenti all'effetto serra. Tale analisi preliminare suggerisce come la sola riorganizzazione e razionalizzazione delle tratte interurbane possa sortire effetti ambientali e sociali significativi in attuazione alle raccomandazioni contenute nel Libro Verde sulla mobilità.

La parte prima dello studio descrive la situazione dell'assetto delle reti di trasporto pubblico e lo sviluppo della domanda di trasporto dall'indagine ISTAT del 1991. Nel decennio tra il 1991 ed il 2001 la mobilità in termini di spostamenti extraurbani cresce di quasi il doppio, ma a vantaggio esclusivo del mezzo privato. La quota prevalente di utenza del mezzo pubblico è rappresentata da studenti, casalinghe e pensionati. Nonostante l'offerta della rete di trasporto pubblico copra tutto il territorio provinciale, la cadenza delle linee di servizio e la scarsa intermodalità tra i mezzi non incontrano le esigenze di coloro che si spostano per motivi lavorativi. Da questo presupposto sono stati definiti due scenari d'analisi sulla proposta di revisione del servizio pubblico da parte dell'amministrazione provinciale. Per ciascun scenario è stato simulato l'impatto sull'ambiente in termini di quantità di emissioni nocive prodotte dai flussi di veicoli lungo gli archi di traffico e l'impatto sociale in termini di costi esterni gravanti sulla collettività. Appare evidente che l'effetto più significativo è quello arrecato dal rafforzamento del servizio di trasporto pubblico, secondo le modalità previste dalla programmazione provinciale, che lo dovrebbero rendere attraente per gli utenti, corrispondente allo Scenario 1. La riduzione dei flussi orari emissivi rispetto allo Scenario 0 è piuttosto rilevante, aggirandosi su valori compresi tra il 10% ed il 14% per tipo di inquinante. In particolare, si nota che la riduzione è maggiore del 14% per CO e NMVOC, intorno al 10% per le polveri sottili e CO<sub>2</sub>, inferiore all'8% per NO<sub>x</sub>. Non si riscontrano particolari differenze tra i risultati calcolati sull'intera settimana e nei soli giorni feriali.

Un ulteriore impatto è offerto dall'ipotesi di trasporto della bicicletta sui mezzi pubblici. In quest'ultimo caso l'impatto sulla qualità dell'aria è meno significativo aggirandosi su un 2% di riduzione delle emissioni, tuttavia è utile considerare il potenziale elemento educativo verso una "cultura ciclabile": tale manovra potrebbe scatenare degli effetti

virtuosi sulla concezione dello spostamento in bicicletta non solo per motivi ricreativi, ma piuttosto come quotidiano mezzo di trasporto.

L'analisi dei costi esterni mostra risultati notevoli in entrambe le valutazioni. Considerando i costi di potenziamento e riorganizzazione delle tratte esaminate i risparmi in termini di costi sociali evitati sono tali da ammortizzare nell'arco decennale i costi d'investimento per il potenziamento delle linee esistenti secondo i valori dello studio di Richiardi.

Ovviamente le precedenti conclusioni derivano da un'analisi eseguita con diverse approssimazioni e rappresentano quindi indicazioni di natura preliminare e non definitiva. Una limitazione dei risultati ottenuti è indubbiamente costituita dal fatto che, non disponendo dei necessari strumenti di simulazione, le analisi si sono limitate alla valutazione delle emissioni da traffico lungo le direttrici principali identificate nello studio, ovvero quelle i cui flussi veicolari sono potenzialmente più soggetti a riduzioni in presenza dell'alternativa costituita dal servizio di trasporto pubblico. Non è stato quindi possibile valutare le effettive ricadute sul territorio, dovute alla dispersione degli inquinanti dovuti ai flussi emissivi da parte dei mezzi in circolazione.

Esse appaiono tuttavia interessanti e possono fornire ulteriori spunti per approfondire la fattibilità ed i vantaggi derivanti dall'adozione delle misure indicate.

# Acronimi

ACI	Automobile Club d'Italia
ARFEA	Aziende Riunite Filovie e Autolinee
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
COPERT	<i>Computer Programme to calculate Emissions from Road Traffic</i>
CORINAIR	<i>CooRdination-Information-AIR</i>
EEA	<i>European Environment Agency</i>
GTT	Gruppo Torinese Trasporti
NMVOG	Composti Organici Volatili Non Metanici
PM	Micropolveri
RVP	<i>Reid Vapour Pressure</i>
TPL	Trasporto Pubblico Locale
VOC	Composti Organici Volatili

# Bibliografia

- [1] *"Analisi sulla fattibilità di implementazione di un modello di mobilità sostenibile in Piemonte"*, Claudia Cusinello e Franco Amisano, 2009
- [2] *"Piano Provinciale del Trasporto Pubblico Locale"*, Provincia di Alessandria, 2004
- [3] *"Programma Triennale dei Servizi di Trasporto Pubblico Locale 2007-2009"*, Provincia di Alessandria, 2007
- [4] *"COPERT 4 - Computer programme to calculate emissions from road transport - User Manual (Version 5.0)"*, D. Gkatzoflias et al., ETC/AEM, 2007
- [5] *"Autoritratto 2006"*, Automobile Club d'Italia, <http://www.aci.it>, 2007
- [6] *"Annuario Statistico 2007 - Appendice C - Prezzi e consumi di carburante in Italia"*, Automobile Club d'Italia, <http://www.aci.it>, 2007
- [7] *"Assessorato Regionale al Commercio e l'Artigianato Sistema Informativo Carburanti Elenco Impianti attivi per comune e gestore"*, Regione Piemonte, [http://www.regione.piemonte.it/commercio/carburan/dwd/pdf/elenco\\_impianti.pdf](http://www.regione.piemonte.it/commercio/carburan/dwd/pdf/elenco_impianti.pdf), 2008
- [8] *"EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook 2007"*, EEA, 2007
- [9] <http://www.arpa.piemonte.it/annali/meteorologici>
- [10] *"Green Paper: Towards Fair and Efficient Pricing in Transport"*, COM(1995) 691, Commissione Europea, 1995
- [11] *"White Paper: European Transport Policy for 2010: Time to Decide"*, COM(2001) 370, Commissione Europea, 2001
- [12] *"I costi esterni dei trasporti nell'area metropolitana di Torino"*, M. Richiardi et al., LABORatorio R.Revelli, 2004
- [13] *"Handbook on estimation of external cost in the transport sector: Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT)"*, Delft, CE, 2007
- [14] *"ExternE Externalities of Energy. Vol 7 – Methodology 1998 update"*, Rapporto per la Commissione Europea – DG XII, Luxembourg, Office of Publications for the European Communities, Luxembourg, 1999.
- [15] *"ExternE Externalities of Energy. Vol 10 – National Implementation"*, Rapporto per la Commissione Europea – DG XII, Luxembourg, Office of Publications for the European Communities, Luxembourg, 1999.
- [16] *"Methodologies for external cost estimates and internalisation Scenarios"*, Discussion paper for the workshop on internalisation on March 15, 2007 H.P. van Essen and B.H. Boon (CE Delft) M. Maibach and C. Schreyer (INFRAS), 2007
- [17] *"NewExt - New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies"*, Commissione Europea, 2004