

Applicazione di modelli matematici per la stima delle emissioni e ricadute di benzene nella Provincia di Treviso

C. Iuzzolino*, L. Mion**, K. Lorenzet**, S. Pillon***

* ARPAV - Dipartimento Provinciale di Treviso, ** Consulente, *** ARPAV - Osservatorio Regionale Aria

ABSTRACT

Application of mathematical models to estimate the benzene emissions and fallouts in several main roads characterized by a huge traffic in the Treviso province.

In Italy, the quality air monitoring through fixed and mobile surveying systems has been operating for many years with great investments and a great use of resources. A really strict technical-scientific circle is going on to use other specific instruments such as the emission census, the development of models of polluting dispersion and transformation and several emissions reduction technologies.

In 2003, the ARPAV Province Department in Treviso developed a project called "Mappatura dell'inquinamento delle arterie extra urbane ad intenso traffico veicolare nella provincia di Treviso. Progetto di applicazione di un modello di dispersione del benzene e di un modello di studio dell'inquinamento acustico" (Pollution map of the extra-urban roads characterized by a huge traffic in the Treviso province. Application project of a benzene dispersion model and of an acoustic pollution study model); this project has been realized thanks to the cooperation both of the Treviso Province and of seven cities near the capital of the province.

The project will be experimented on several important extra-urban roads that characterized the Province territory and on two Treviso avenues.

The projectors have applied the COPERT III model on each road in order to simulate the emissions of the fundamental polluting substances with a vehicle origin. On the road they also tried to focus their attention on the Benzene, as a matter of fact, they operated several simulations of dispersion with the CALINE IV model.

Da molti anni in Italia si continua a monitorare la qualità dell'aria tramite centraline fisse e mobili con grandi investimenti e impegno di risorse. Altri strumenti quali il censimento delle emissioni, lo sviluppo di modelli di dispersione e trasformazione degli inquinanti, le tecnologie e le tecniche di riduzione delle emissioni sono rimasti appannaggio di una stretta cerchia tecnico-scientifica.

Il Dipartimento Provinciale ARPAV di Treviso, ha sviluppato nel 2003, per volontà della Provincia di Treviso, del Comune di Treviso e di altri sette Comuni circostanti il capoluogo di provincia, il Progetto "Mappatura dell'inquinamento delle arterie extra urbane ad intenso traffico veicolare nella provincia di Treviso. Progetto di applicazione di un modello di dispersione del benzene e di un modello di studio dell'inquinamento acustico".

Il Progetto si è configurato come una prova sperimentale d'utilizzo di modelli applicati ad alcune importanti arterie stradali extraurbane che caratterizzano il territorio provinciale: S.P. 102 "Postumia Romana"; S.S. 348 "Feltrina"; S.S. 53 "Castellana"; S.S. 515 "Noalese"; S.S. 13 "Pontebbana-Terraglio"; S.S. 13 "Pontebbana"; S.S. 53 "Postumia" e Strada "Tangenziale di Treviso". Sono state inoltre considerate due tratte stradali appartenenti a viali principali situati all'interno del territorio del Comune di Treviso: Viale della Repubblica e Viale Vittorio Veneto.

A ciascuna delle suddette arterie stradali è stato applicato il modello COPERT III per la simulazione delle emissioni dei principali inquinanti di origine veicolare. Per le due strade, Viale della Repubblica e Viale Vittorio Veneto, oltre all'applicazione del modello COPERT III, l'attenzione è stata rivolta in modo particolare all'inquinante benzene, per il quale si sono eseguite le simulazioni di dispersione con il modello CALINE IV.

Stima delle emissioni da traffico

Applicazione della metodologia COPERT III

Per la stima delle emissioni di inquinanti atmosferici da trasporto stradale è stata utilizzata la metodologia COPERT (Computer Programme to calculate Emissions from Road Traffic) proposta e consigliata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente come strumento per la valutazione delle emissioni da trasporto stradale nell'ambito del programma CORINAIR (CORINAIR, 1998; EMEP/CORINAIR, 1999), che prevede la realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni prodotte da 11 Macrosettori, di cui uno relativo al trasporto stradale.

La metodologia, tradotta dall'Osservatorio Regionale Aria dell'ARPAV in un apposito programma sviluppato in codice FORTRAN, ha permesso di stimare le emissioni di tutti i principali inquinanti associati al traffico veicolare. La risoluzione spazio-temporale di applicazione varia da inventari nazionali, su arco temporale annuale, ad inventari urbani, con dimensione spaziale di qualche chilometro e risoluzione temporale giornaliera o oraria.

I dati necessari in input per l'applicazione della metodologia sono di seguito elencati:

- identificativo degli archi della rete stradale (urbana o extraurbana) e corrispondenti lunghezze;
- numero di categorie veicolari considerate (es. motocicli, auto, veicoli commerciali leggeri e pesanti, autoarticolati, mezzi di trasporto pubblico);

- assegnazione delle 105 classi Copert alle categorie veicolari considerate;
- volumi e velocità di marcia per categoria veicolare, per arco stradale;
- parco veicolare circolante a livello provinciale per il calcolo delle emissioni totali, e a livello comunale per il calcolo delle emissioni evaporative;
- temperatura minima, media e massima giornaliera.

Tra i dati di input è risultato importante, per un'applicazione realistica del modello COPERT III e successivamente del modello CALINE IV, la rilevazione del traffico ed una stima diretta delle velocità dello stesso. Si è pertanto optato per la misura diretta e manuale che ha permesso una rilevazione, oltre che aggiornata, anche di tipo "classificato", ed ha consentito di effettuare delle misurazione dei parametri metereologici in contemporaneità con la campagna di rilevazione del traffico.

I flussi di traffico sono stati classificati in 6 categorie veicolari: moto, autovetture, commerciali leggeri, commerciali pesanti, autoarticolati, autobus, distinguendo la direzione nei due sensi di marcia. Al fine di ricostruire il cosiddetto "giorno tipo", cioè l'andamento nelle 24 ore, i dati rilevati manualmente sono stati integrati dai dati del Sistema Informativo della rete Stradale Extraurbana, denominato SIRSE mentre per i flussi di traffico dei mezzi di trasporto pubblico urbano è stato utilizzato l'orario ufficiale attualmente in vigore delle linee ACTT.

Per ogni categoria veicolare sono stati calcolati i due "giorni tipo" (feriale-festivo) elaborando la media aritmetica delle rilevazioni disponibili. Il risultato finale è stato la ricostruzione

	composizione media dei flussi di traffico nelle 24 ore di un "giorno feriale tipo"	composizione media dei flussi di traffico nelle 24 ore di un "giorno festivo tipo"
autovetture	80%	92%
commerciali leggeri	8%	2%
commerciali pesanti+ autoarticolati+ autobus	9%	1%
moto	3%	5%

Tabella 1 - Composizioni medie percentuali dei flussi di traffico per categoria veicolare.

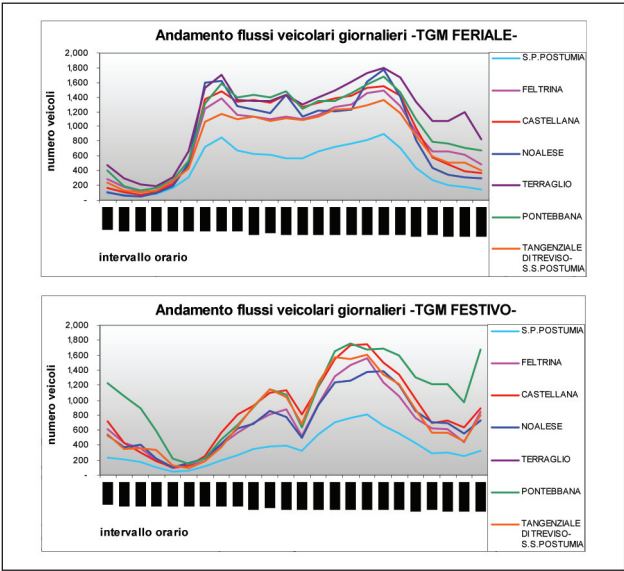


Figura 1 - Andamento dei flussi di traffico giornaliero nelle 8 arterie extraurbane come traffico giornaliero medio feriale e traffico giornaliero medio festivo

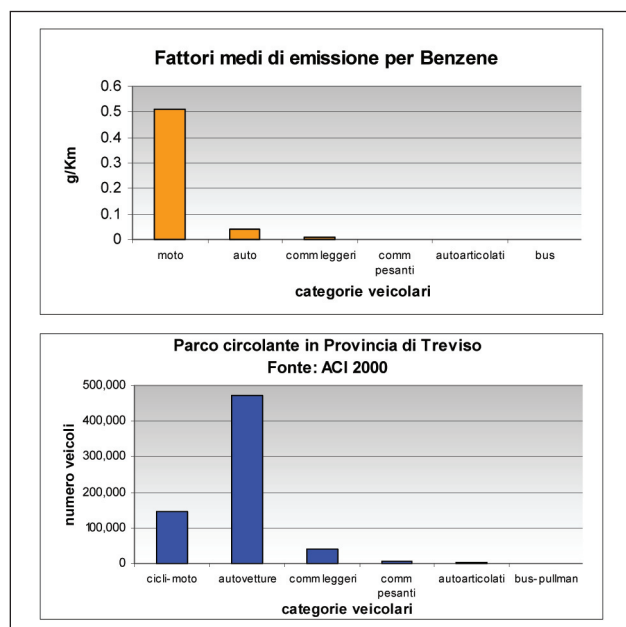


Figura 2 - Fattori medi di emissione di Benzene per le diverse categorie veicolari - Parco circolante in Provincia di Treviso.

dell'andamento del traffico nelle 24 ore per ogni scenario e categoria veicolare.

Nella **Figura 1** viene riportato, a titolo di esempio, l'andamento dei flussi di traffico giornaliero nelle 8 arterie extraurbane come traffico giornaliero medio feriale e traffico giornaliero medio festivo. Nella **Tabella 1** sono riportate le composizioni medie percentuali dei flussi di traffico per categoria veicolare considerata.

Gli output forniti dal programma per ciascuna delle 8 arterie stradali considerate sono:

- emissioni di ciascun inquinante per categoria veicolare, espresse come densità lineare (g/Km) o come totale (grammi), per ogni arco della rete stradale considerata;
- emissioni di ciascun inquinante e di ogni categoria veicolare per intervallo temporale orario (di cui è stato fornito il dato di flusso e velocità), e di conseguenza come totale giornaliero;
- emissioni di ciascun inquinante e di ogni categoria veicolare per intervallo temporale orario, specifico per contributo emissivo: emissione totale, emissione da combustione a caldo (comprensiva dell'emissione a caldo degradata), emissione da combustione a freddo, emissioni evaporative in marcia (running losses);
- emissioni evaporative da veicolo fermo (diurnal e hot soak) per COV e benzene, per ogni categoria veicolare (Kg/giorno).

Tra gli interessanti risultati dell'applicazione della metodologia COPERT III all'area di studio, risulta significativa la stima del fattore medio di emissione per il benzene per specifica categoria veicolare.

Per fattore medio di emissione si intende il quantitativo di inquinante emesso per un Km percorso da un singolo veicolo della categoria veicolare considerata. Tale valore medio viene ottenuto dividendo l'emissione totale della categoria veicolare considerata (sommata sugli archi) per la percorrenza totale di quella stessa categoria. Esso quindi rappresenta il fattore di emissione (in g/Km) di un "veicolo medio" di quella categoria, su di un percorso con condizioni di velocità medie.

Il dati sui fattori medi di emissione forniscono l'informazione, per ogni singolo inquinante, di quale categoria veicolare abbia una maggiore potenzialità emissiva, a parità di Km percorsi.

Per valutare l'effettivo quantitativo di inquinante emesso, nell'area urbana, dalle diverse categorie è necessario tenere presente anche i volumi di traffico e le percorrenze che sono state misurate per ciascuna categoria veicolare. Categorie veicolari con fattori emissivi molto piccoli possono, infatti, dare un contributo significativo al totale emesso nel caso in cui ad esse siano associati un numero elevato di veicoli circolanti; viceversa, categorie con elevati fattori di emissione possono dare contributi scarsi qualora siano poco presenti nei flussi veicolari.

Questo viene chiaramente evidenziato nella **Figura 2**. Le moto presentano fattori medi di emissione di benzene molto elevati rispetto agli altri veicoli e circa 10 volte superiori rispetto a quelli delle auto. In base ai dati del parco circolante ACI 2000 in Provincia di Treviso, le auto in circolazione costituiscono il 71% del parco circolante complessivo mentre le moto il 22%.

Pertanto, le emissioni totali giornaliere di benzene espresse in Kg/giorno per le 8 arterie stradali, per giorno tipo feriale invernale ripartite per categoria veicolare risultano indicativamente dovute in parti uguali alle auto e moto circolanti.

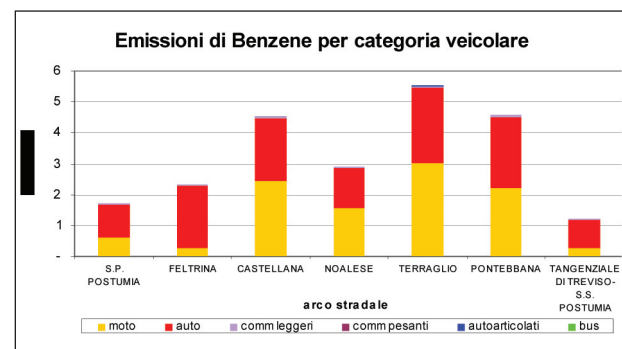


Figura 3 - Emissioni totali giornaliere di benzene per categoria veicolare.

A conclusione delle elaborazioni presentate si è sviluppata una mappa (**Figura 4**), realizzata con il software Gis ArcView®, relativa alle emissioni giornaliere di Benzene espresse come densità lineare in g/Km, corrispondenti ai grammi di inquinante emessi per 1 Km significativo dell'arco stradale, per le 2 arterie urbane e le 8 arterie extraurbane oggetto di studio.

La sovrapposizione al tematismo della densità abitativa relativa ai comuni dell'area di studio è un valido indicatore della potenziale incidenza delle emissioni da traffico veicolare sulla popolazione residente o, al contrario, della presenza di arterie stradali ad elevata emissione in ambiti territoriali a bassa densità abitativa.

Applicazione del CALINE IV

Con l'applicazione della metodologia COPERTIII sono stati calcolati i quantitativi di benzene in g/km rilasciati negli archi stradali considerati. Per risalire alle concentrazioni in aria è stato necessario ricostruire le condizioni di dispersione dell'atmosfera al momento dell'emissione.

Esistono numerosi strumenti modellistici per la valutazione della qualità dell'aria, differenziati a seconda della tipologia di sorgente, del dominio di indagine, della natura chimico-fisica degli inquinanti trattati.

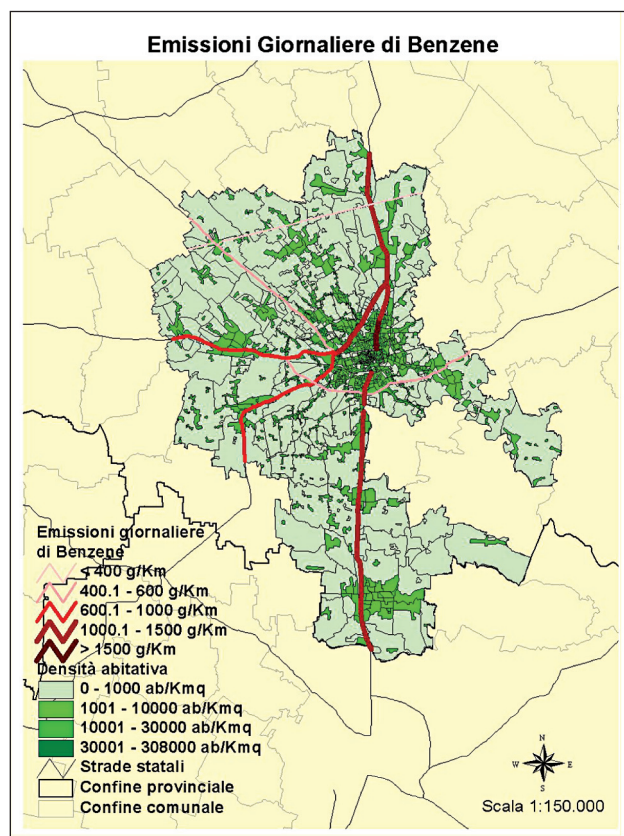


Figura 4 - Mappatura emissioni giornaliere di Benzene, espresse in g/Km, sovrapposizione densità abitativa nei comuni dell'area di studio.

Per stimare le ricadute di CO e di altri inquinanti primari tra cui anche il benzene emessi da vie di traffico ad elevato scorrimento, l'EPA raccomanda la terza versione del modello CALINE, sviluppata dal CALTRANS (California Department of Transportation) nel 1984. L'utilizzo del CALINE IV è indicato dall'Istituto Superiore della Sanità (ISTISAN 93/36) e nella guida web del Centro Tematico Nazionale Aria Clima Emissioni.

Il CALINE è un modello stazionario gaussiano che simula le ricadute degli inquinanti da traffico per recettori disposti entro 500 m dagli archi viari considerati.

L'approccio del modello nel ricostruire le condizioni di dispersione degli inquinanti (e quindi le dimensioni laterale e verticale del pennacchio gaussiano), consiste nel considerare la zona direttamente sopra la carreggiata come una regione di rimescolamento uniforme, definita mixing zone. In tale zona i meccanismi dominanti sono la turbolenza meccanica creata dal movimento dei veicoli e termica dei gas di scarico.

Queste componenti aggiuntive della turbolenza atmosferica, impartiscono una dispersione verticale iniziale, in funzione del tempo di permanenza della massa inquinante nella mixing zone. Minore è la velocità del vento, maggiore è la dispersione verticale che subisce una particella d'aria prima di essere trasportata fino al recettore.

Il parametro che ha il maggior peso nel calcolo delle ricadute è la direzione del vento, che pone o meno i siti recettori sottovento alla sorgente emissiva. La topografia urbana e la presenza di edifici lungo l'arco viario considerato, comportano l'incanalamento del vento, con variazione di velocità e direzione rispetto al vento esterno all'area edificata. Per tale motivo è opportuno predisporre campagne di monitoraggio

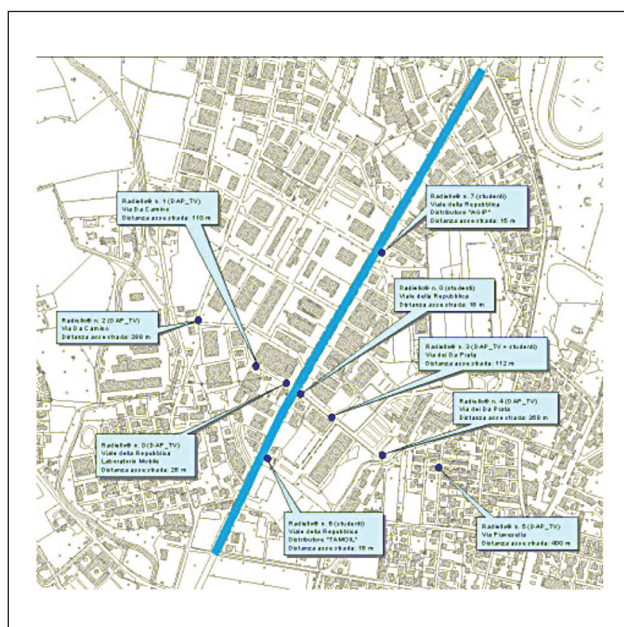


Figura 5 - Localizzazione dei campionatori passivi Radiello® presso Viale della Repubblica.

ad hoc, in particolare nel caso in cui le stime modellistiche debbano essere confrontate con misure sperimentali.

La presenza degli edifici ai bordi della carreggiata, inoltre, influisce sulla turbolenza meccanica. Questo effetto, che comporta un incremento della dispersione verticale, viene quantificato attraverso la roughness (lunghezza di rugosità) dell'area di studio, ricavata in modo empirico come un decimo dell'altezza media degli edifici lungo entrambe le carreggiate dell'arco viario considerato.

L'applicazione del modello gaussiano CALINE IV nel presente caso di studio ha previsto una prima fase di "taratura", consistente nel confronto tra misure sperimentali e stime modellistiche. Questa fase del lavoro ha permesso di valutare la risposta dello strumento matematico rispetto al dominio di indagine.

Per la taratura del modello CALINE e, comunque, per ottenere delle informazioni utili nell'ambito del Progetto, si è deciso di collocare in prossimità di Viale della Repubblica e di Via Vittorio Veneto dei campionatori passivi (Radiello®) per la captazione del benzene aerodisperso collocandoli entro una fascia di circa 500 m dall'asse delle strade, in un transetto ortogonale alla strada ed a distanze dall'asse stradale progressivamente aumentate (Figura 5).

Per quanto riguarda la "Strada Ovest" il Radiello® n. 0 è stato collocato in prossimità del laboratorio mobile, ossia in prossimità del punto di monitoraggio del traffico, a pochi metri dall'asse stradale. Il Radiello® 1, il Radiello® 3 e 9, simmetrici rispetto all'asse stradale sono stati collocati rispettivamente a circa 110 e 115 m dall'asse stradale. Mentre i Radiello® 2 e 4, anch'essi simmetrici rispetto all'asse stradale, sono stati posti rispettivamente a circa 285 e 265 m. Il Radiello® 5 è stato collocato al limite teorico presunto di influenza dell'arco stradale considerato sulla concentrazione di benzene in aria. I due Radiello® n. 6 e 7 sono stati posti in prossimità dei due distributori di carburante più vicini ed, un ultimo Radiello® n. 8, in prossimità dell'asse stradale, dalla parte opposta rispetto al Radiello® n. 0.

Nel caso di Viale della Repubblica si sono ottenuti valori

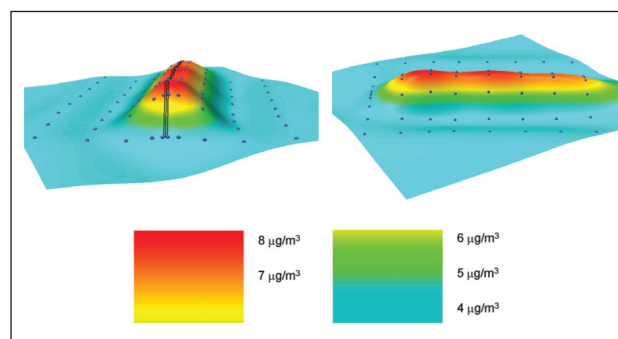


Figura 6 - Mappa 3D d'interpolazione (metodo IDW in ambiente GIS GRASS) dei valori medi di concentrazione di benzene previsti dal modello CALINE IV in Viale della Repubblica per una settimana critica.

di concentrazione media di benzene di circa 7-8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in prossimità dell'asse stradale mentre, valori da 4 a 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si sono evidenziati fino a circa 250 m dal Viale. A distanze oltre i 250 m dall'asse stradale considerato si raggiunge l'area di "fondo" con valori di concentrazione media di benzene di circa 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Una volta raccolti i dati di input, sono stati effettuati alcuni run per periodi con condizioni meteorologiche critiche per la dispersione degli inquinanti in Viale della Repubblica e Via Vittorio Veneto.

Le mappe di interpolazione sono state realizzate in ambiente GIS GRASS utilizzando il metodo IDW (Figura 6).

I modelli gaussiani stazionari permettono di quantificare il solo contributo diretto di una o più arterie viarie su un dato recettore. Quanto più il recettore risente dell'influenza di molteplici sorgenti urbane, tanto meno importante è il contributo stimato del modello.

Nell'applicazione di Viale della Repubblica, la presenza di un tessuto urbano secondario di impatto non trascurabile, ha comportato una scarsa correlazione tra le stime modellistiche e le concentrazioni di benzene rilevate con i campionatori passivi in prossimità dell'asse stradale.

Nell'applicazione di Viale Vittorio Veneto invece, in cui le sorgenti secondarie contribuiscono in misura minore ai picchi di concentrazione, il confronto dimostra una migliore correlazione tra modello e dati sperimentali.

In entrambi i casi è da sottolineare come l'approccio stazionario permetta di risolvere solo una "quota" delle concentrazioni rilevate, alla quale è necessario sommare un livello di background urbano. Il codice CALINE nasce infatti per la valutazione di archi extraurbani ad elevato scorrimento, sia per la difficoltà di valutare l'emissione a regime discontinuo (stop and go) e con basse velocità, sia per l'esigenza di considerare il background semplicemente come concentrazione da sommare alla stima modellistica.

Il livello di fondo è dovuto alle diverse caratteristiche di dispersione dell'atmosfera urbana rispetto alle zone suburbane e rurali circostanti ed è dato dal contributo complessivo delle diverse sorgenti insistenti nell'area di studio. E' una concentrazione influenzata dall'evoluzione dei regimi emissivi e meteorologici e necessita di strumenti matematici più complessi ed onerosi (specie nella definizione dei dati di input) per essere stimata.

Conclusioni

La normativa europea (FWD 96/62/CE) e quella nazionale di recepimento (D.Lgs. n°351/99), indicano l'utilizzo dei model-

li come unico strumento di indagine limitatamente alle aree in cui non è necessario il monitoraggio della qualità dell'aria, essendo molto limitate le probabilità di superamento dei limiti previsti sia per esposizione cronica che acuta.

Il vantaggio dell'utilizzo dei modelli matematici è nell'integrazione delle misure sperimentali (con incremento potenzialmente illimitato del numero dei siti), nella comparazione di scenari emissivi e meteorologici differenti e nella valutazione del contributo delle diverse sorgenti inquinanti.

Le arterie stradali ad intenso traffico valutate nel Progetto "Mappatura dell'inquinamento delle arterie extra urbane ad intenso traffico veicolare nella provincia di Treviso. Progetto di applicazione di un modello di dispersione del benzene e di un modello di studio dell'inquinamento acustico" si trovano vicinissime ad alcune zone residenziali e commerciali che ne risultano influenzate essendo le aree di decadimento, relativamente ai valori incrementali rispetto al fondo di concentrazioni di inquinanti primari quale il benzene identificate come fasce di estensioni fino ai 200-250m dagli assi stradali.

Data la complessità dei fenomeni atmosferici, uno strumento modellistica, per quanto sofisticato è caratterizzato da un'incertezza intrinseca che rende le stime modellistiche non equiparabili alle misure sperimentali. Il modello non può quindi essere considerato in sostituzione del campionamento, ma come complemento delle misure degli inquinanti. □

Bibliografia

- [1] ACI, Automobile Club d'Italia, Parco Veicolare Circolante nella Regione Veneto, anni 1998-1999-2000
- [2] ANCMA, Associazione Nazionale Ciclo Motociclo Accessori, Parco Ciclomotori Circolante nella Regione Veneto, anni 1998-1999-2000
- [3] ARPAV, Osservatorio Regionale Aria – Dott.sa Ketty Lorenzet, 2002, Applicazione della metodologia COPERT III per la stima delle emissioni da traffico veicolare nella strada del Pasubio a Vicenza
- [4] Biscioni M., Zoccola G., Tajana G., Peruzzo G.F., 2000, Distribuzione dei BTX in prossimità di una stazione di rifornimento carburanti, Giornale degli Igienisti Industriali vol. 25 – n. 4
- [5] CALINE4 - Sviluppato dal CALTRANS (California Department of Transportation nel 1989. □ Applicativo user friendly: <http://www.dot.ca.gov/hq/InfoSvc/EngApps/>
- [6] COPERT III - http://reports.eea.eu.int/Technical_report_No_50/en
- [7] CORINAIR, 1988, European Inventory of emissions of pollutants into the atmosphere, Commission of the European Communities – CORINAIR project, DG XI, 30/3/1988.
- [8] EEA, COPERT III, Computer Programme to calculate emissions from road transport, Methodology and emission factors (Version 2.1), november 2000
- [9] EMEP/CORINAIR, 1999, Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2nd edition, September 1999.
- [10] <http://excalibur.arpa.veneto.it/meteonet/>,
- [11] Istituto Superiore della Sanità - ISTISAN 93/36 I Modelli ad integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria
- [12] Ntziachristos L & Samaras Z, 1999, COPERT III Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport – Methodology and Emission Factors, Final Draft Report, European Environment Agency, European Topic Centre on Air Emissions.
- [13] P.E. Benson, giugno 1989, CALINE4 - A dispersion model for predicting air pollutant concentration near roadways, Final Report, California Department of Transportation.
- [14] Provincia di Treviso, Assessorato alle politiche ambientali, 2001. Stato dell'ambiente in Provincia di Treviso
- [15] Regione Veneto, Direzione Viabilità e Trasporti - Università di Padova, Dipartimento di Costruzioni e Trasporti, SIRSE: Sistema Informativo Rete Stradale Extraurbana - Programma di monitoraggio del traffico 1999-2000