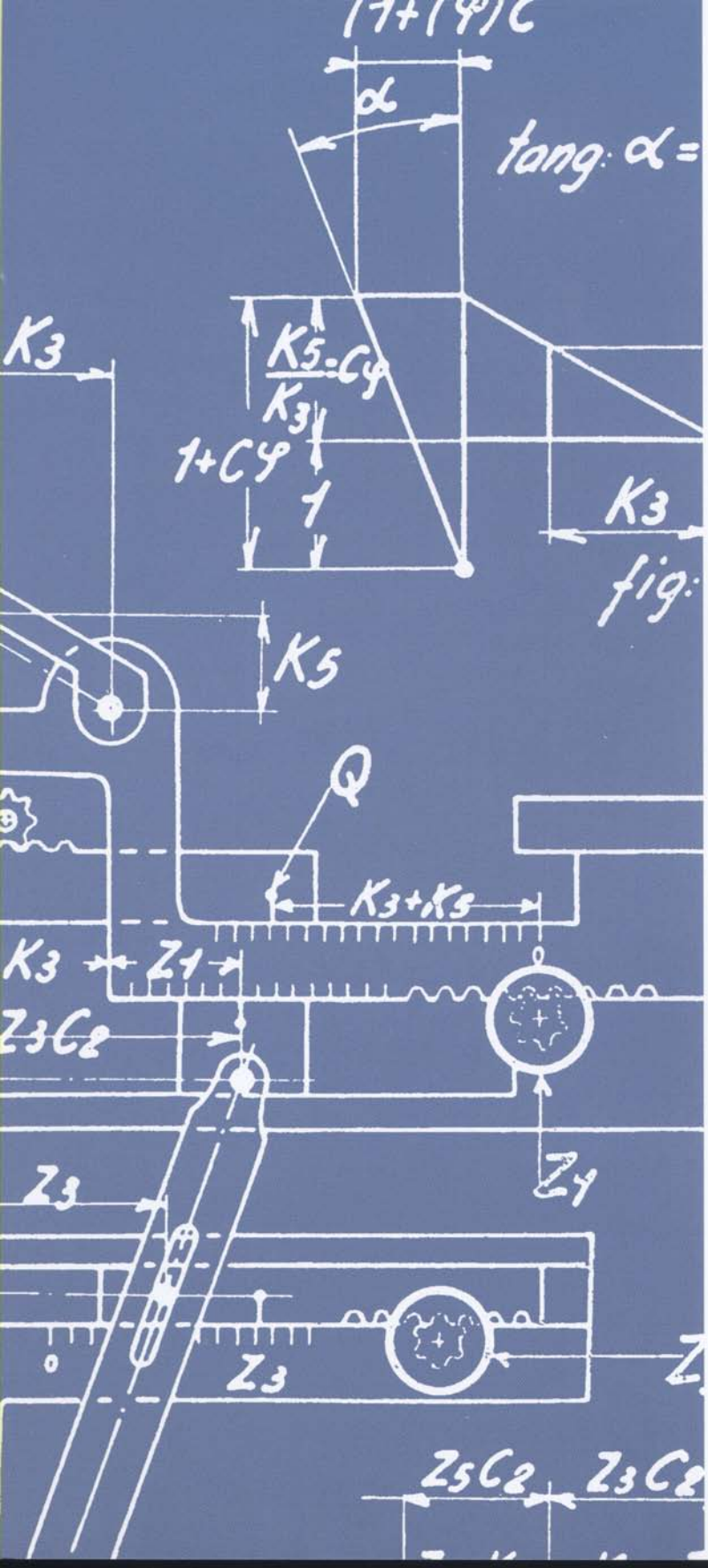
BOLLETTINO

SIFET

SOCIETÀ ITALIANA DI FOTOGRAMMETRIA E TOPOGRAFIA

04



SIFET 03 04
Bollettino della Società Italiana
di Fotogrammetria e Topografia
n 3 anno 2004

Periodico trimestrale
Sped in abb. post 45% art 2
comma 20/b legge 662/96 - Filiale CMP
Cagliari - ISSN 1721-971X
Autorizzazione del Tribunale di Firenze
n. 1515 del 4 dicembre 1962
iscrizione RNS n. 01907 vol. 20 foglio 29
del 27 maggio 1986
Distribuzione gratuita ai soci SIFET
Associato alla
Unione Stampa Periodica Italiana

Direttore responsabile
Prof. Elio Falchi

Comitato di Redazione
Prof. P. Aminti
Ing. A. Arrighi
Prof. M. Barbarella
Prof. R. Barzaghi
Prof. V. Casella
Ing. V. Cima
Prof. M. Crespi
Geom. A. Di Girolamo
Prof. A. Manzino
Prof. C. Pigato
Prof. F. Radicioni

Segreteria di Redazione
SIFET
C.P. 286 Cagliari Centro
Piazza del Carmine
09124 CAGLIARI
Segretaria
Ing. Giuseppina Vacca
e-mail: redazione@sifet.it
Membri
Prof. R. Barzaghi
Prof. E. Falchi
Prof. F. Radicioni

Progetto grafico
S. Asili, G. Toneguzzi

Autorizzazione del Tribunale
di Firenze n. 1515 del 4.12.62
iscrizione R.N.S.
n. 01907 vol. 20 foglio. 29
del 27.5.86

ABBONAMENTO ANNUALE
AL BOLLETTINO
Soci: distribuzione gratuita
Non Soci:
Italia e Comunità Europea € 65.00
Altri Stati € 80.00

3 04

Bollettino della Società Italiana
di Fotogrammetria e Topografia
n 3 anno 2004

In questo numero:

13 **Applicazioni non catastali dei punti fiduciali: proposta di una metodologia per l'inquadramento della maglia dei punti fiduciali nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89**
Mattia CRESPI, Giovanni REINA

23 **Inquinamento atmosferico su microscala: valutazione integrata del contributo del traffico**
Eleonora AGOSTINI, Iliano CIUCCI, Marino MAZZINI, Gabriella CAROTI, Andrea PIEMONTE

37 **Il castello di Graines: metodologie a confronto per il rilievo delle murature**
Eros AGOSTO, Paolo ARDISSONE, Fulvio RINAUDO

47 **Monitoraggio di eventi franosi in roccia con tecniche laser-scanner**
Andrea BIASION, Leandro BORNAZ, Fulvio RINAUDO

61 **Utilizzo del laser scanning per lo studio della sicurezza delle pareti in roccia: analisi delle problematiche aperte**
Francesco BRANCHINI, Fabio RONCORONI, Alberto GIUSSANI, Marco SCAIONI

75 **Fly Scan: una novità italiana nel campo della scansione per applicazioni fotogrammetriche**
CAPANNI, ORLANDINI, DONNINI, RIGHI

85 **Indagine sulle linee guida esistenti per l'esecuzione di rilievi LIDAR aerei**
Maurizio BARBARELLA, Veronica LENZI, Francesco MANCINI

99 **Ultimi risultati del rilevamento di strade con MMS e sue applicazioni interdisciplinari**
Giorgio MANZONI, Giorgio BOLZON, Shaula MARTINOLLI, Roberto PAGURUT
Raffaela G. RIZZO, Tatiana SLUGA

111 **Il rilievo di alvei fluviali mediante tecniche MRS**
Andrea BIASION, Andrea LINGUA, Marco PIRAS, Chiara PORPORATO

Nella foto sopra:
Apertura dei lavori Convegno SIFET 2004. Da sinistra: Sergio Dequal, Maurizio Barbarella, Elio Falchi, Ambrogio Manzino.

Nella pagina a fianco:
particolare del disegno tecnico di un progetto di calcolatore, da Santoni, in Bollettino SIFET, 1951.

Inquinamento atmosferico su microscala: valutazione integrata del contributo del traffico

Eleonora AGOSTINI
Iliano CIUCCI
Marino MAZZINI
Dipartimento di Ingegneria Meccanica,
Nucleare e della Produzione
Università di Pisa

Gabriella CAROTI
Andrea PIEMONTE
Dipartimento di Ingegneria Civile
Sezione di Topografia e Fotogrammetria
Università di Pisa
Via Buonarroti 1
t 050 2213760
f 050 2213761
e g.caroti@ing.unipi.it, web
www2.ing.unipi.it/~d9220/

Riassunto > Il Dipartimento d'Ingegneria Civile (DIC) –Topografia e Fotogrammetria dell'Università di Pisa, in collaborazione con il Dipartimento d'Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione (DIMNP) della medesima Università, sta conducendo uno studio 'integrato' della qualità dell'aria in aree urbane allo scopo di validare un modello che, nei casi consentiti dall'attuale normativa, possa sostituire l'uso delle centraline fisse di monitoraggio. Per tale motivo è stata condotta una simulazione del contributo del traffico veicolare all'inquinamento atmosferico a livello locale, tramite l'ausilio del codice CALINE4 validato attraverso l'uso di dati acquisiti in campagne di misura condotte lungo un percorso urbano con l'ausilio di un analizzatore portatile di CO.
Lo studio ha avuto come oggetto l'area urbana di Livorno, sito interessante per la presenza d'importanti attività industriali e portuali associate a consistenti volumi di traffico, a particolari caratteristiche urbanistiche e a condizioni meteorologiche tipiche di un'area costiera.
Sul veicolo del Dipartimento di Ingegneria Civile di Pisa, equipaggiato con uno strumento analizzatore di CO e strumentazione GNSS per il posizionamento in tempo reale, è possibile integrare, come sensore aggiunto, anche il contatore di particelle GT331 della MetOne Instruments, di proprietà del Centro di Eccellenza in Telegeomatica dell'Università di Trieste.
Questo strumento, già testato in collaborazione con l'ASS Triestina, in vicinanza delle centraline fisse di monitoraggio dell'ARPA-F.V.G.-Dipartimento di Trieste, è in grado di fornire informazioni sulla distribuzione delle polveri sottili nelle sue diverse frazioni (PM10, PM7, PM2.5), combinando misure statiche e rilievi da veicolo in movimento.
Lo strumento, realizzato inizialmente per le misure di particelle da fumo di sigaretta ed in uso presso l'Istituto Nazionale Tumori di Milano, si è rivelato una valida soluzione per la stima a basso costo della concentrazione delle polveri sottili, anche in ambiente urbano, caratterizzato da sorgenti emissive di particolato più diversificato.
La misura di concentrazione delle polveri sottili, affiancata a quella del monossido di carbonio, può fornire un ulteriore dato per la validazione

dei modelli di dispersione degli inquinanti. L'articolo focalizza l'attenzione sui soddisfacenti risultati della validazione del modello su dati sperimentali di CO e mostra i primi risultati dell'estensione dello studio all'inquinamento atmosferico su scala locale da polveri sottili ottenuta attraverso misure acquisite, contemporaneamente a quelle di CO, con un analizzatore portatile di PM.
I risultati ottenuti indicano la possibilità di estendere l'applicazione del modello a siti analoghi dal punto di vista orografico e urbanistico a quello oggetto della validazione.

Abstract > Department of Civil Engineering (DIC), Topography and Photogrammetry Chair of the Pisa University, is carrying on, in collaboration with the Department of Mechanical, Nuclear and Production Engineering (DIMNP) of the same University, an integrated study of air quality in urban areas aimed at the validation of a model capable – where allowed by current regulations – of replacing the use of fixed monitoring stations. For this reason, a simulation of the contribution of vehicular traffic to local-scale air pollution has been carried out, also through the CALINE4 code, which has been validated by means of the use of data collected in measuring campaigns carried out along an urban route with the help of a portable CO analyser.
The research has been carried out in the Livorno urban area, which shows relevant industrial and harbour activities, as well as high traffic volume, peculiar city planning characteristics and meteorological conditions, typical of a coastal zone.
The vehicle of the Pisa DIC, fit with a carbon monoxide analyser and with GNSS sensors for real-time positioning, allows for the integration of add-on sensors, such as the MetOne Instruments' GT331 particle counter, which has been kindly supplied by the Telegeomatics Excellence Centre of the Trieste University.
This instrument, already tested with the Trieste ASS in the surroundings of the fixed monitoring stations of ARPAFVG (Department of Trieste), can supply information about the distribution of thin powders in their different fractions (PM10, PM7, PM2.5), combining static measurements and on-board kinematical surveys.
The GT331, which has been initially developed for the measurements of cigarette smoke particles – and is currently in use at the National Cancer Institute of Milan – has proved an effective means for low-cost estimates of thin powders concentration even in urban environments, where particles produced from different sources are also different in dimension.
Measures of thin powders concentration, along with those of carbon monoxide, supply yet more data for the validation of pollution dispersion models.
This paper focuses on the satisfactory results of the odel validation on experimental CO data, and shows the first results of the study as applied to local scale thin powder air pollution, where CO and PM data is collected at the same time.
The results so far achieved show that it is possible to extend the application of the model to other sites, similar to the one for which the model has been validated from an orographical and city planning point of view.

Introduzione

La cattedra di Topografia dell'Università di Pisa da alcuni anni sta sperimentando, in collaborazione con l'Università di Trieste, un metodo per il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico (in particolare quello dovuto all' ossido di carbonio prodotto dal traffico veicolare) in cinematico.
La possibilità di effettuare misure lungo le varie strade del territorio comunale permetterebbe da un lato l'acquisizione di dati in zone non coperte dalle centraline della rete fissa di monitoraggio, dall'altro costituirebbe motivo di confronto con i valori misurati dalle postazioni fisse (diversa altezza di prelievo del campione, prelievo effettuato lungo la corsia e non a lato della strada, etc.) ed inoltre fornirebbe una conoscenza relativamente dettagliata dello stato attuale della qualità dell'aria nonché informazioni per la validazione di modelli di diffusione di inquinanti.

Proprio da quest'ultima potenzialità ha preso avvio una ricerca in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione (DIMNP) della stessa Università di Pisa e l'ARPAT-Dipartimento di Livorno. Lo studio è rivolto a validare i modelli di dispersione e diffusione degli inquinanti, richiesti dall'ARPAT e realizzati dal DIMNP, tramite i rilievi cinematici e "stop & go" effettuati con il nuovo veicolo multi-

Figura 1 - Veicolo multisensore MMS del Dipartimento di Ingegneria Civile.

sensore VINCI'S (Vehicle-borne Integrated Navigation and Cartographic Information Prime System) del Dipartimento di Ingegneria Civile.

Il sistema di rilevamento messo a punto consiste in un veicolo equipaggiato con strumentazioni di posizionamento GPS (Global Positioning System) integrati con un sistema inerziale a basso costo, sensori ambientali e telecamera.

Il sito scelto per la sperimentazione, in accordo con l'ARPAT, è stato il centro urbano di Livorno, in quanto costituisce un buon banco di prova per i modelli essendo presenti numerose tipologie di fonti d'inquinamento, da quello industriale, a quello portuale, a quello dell'industria di vernici e solventi, a quello ancora del traffico veicolare leggero e pesante.

A Livorno inoltre è presente una rete di centraline fisse per il monitoraggio abbastanza fitta, che sono servite per un'ulteriore validazione dei risultati.

Strumentazione

Per realizzare le mappe di concentrazione è stato necessario georiferire il veicolo in movimento istante per istante. A tal fine si sono utilizzati i dati integrati di due strumenti, il Placer 455DR della Trimble ed il DGPSMax della CSI. Il primo è un ricevitore GPS singola frequenza a cui è associato un sistema inerziale a basso costo. Il sistema così costituito è in grado di fornire un rilievo continuo anche laddove il segnale GPS è assente o degradato, caso molto frequente nei cosiddetti canyon urbani. Infatti, l'odometro piezoelettrico ed il giroscopio allo stato solido, che costituiscono il sistema inerziale, danno continuità al dato di azimut e di velocità del veicolo in assenza di un posizionamento satellitare. Il Placer può inoltre ricevere in tempo reale la correzione differenziale in formato RTCM. Il secondo strumento di posizionamento, il DGPSMax, oltre ad essere esso stesso un ricevitore GPS singola frequenza, è in grado di ricevere ed elaborare i dati di correzione differenziale trasmessi dalla costellazione di satelliti geostazionari Omnistar. La correzione ricevuta è utilizzata dal DGPSMax e viene contemporaneamente fornita in input al Placer. La localizzazione del veicolo avviene con precisione sub-metrica se il GPS lavora in DGPS, metrica se il GPS lavora nella modalità stand-alone. La posizione fornita dal sistema inerziale può essere caratterizzata da una precisione inferiore, causa la deriva nel tempo del sistema. E' quindi necessario, durante il rilievo, procedere a ri-inizializzare il sistema ogni qualvolta ci sia un'interruzione del segnale GPS per un periodo troppo elevato di tempo (superiore a circa 5 min a 20÷30 km/h). Per i nostri scopi anche quando ci troviamo nella situazione peggiore la precisione offerta dal sistema rilevatore è accettabile. Infatti i dati di posizione acquisiti (dopo una post-elaborazione per il calcolo della traiettoria) nonché quelli georiferiti di concentrazione di inquinante e le immagini vengono elaborati ed esportati in un GIS con base cartografica vettoriale in scala 1:5000.

Figura 2 - Strumenti per il posizionamento. Placer 455DR e DGPSmax

La misura di concentrazione del monossido di carbonio viene realizzata utilizzando l'M300-AMX della APIcom. I prelievi d'aria si possono eseguire sia staticamente che in modalità cinematica, visti i bassi tempi di risposta dello strumento. Per la metodologia di misura e le precisioni ottenibili, l'M300 è paragonabile alla strumentazione installata all'interno delle centraline della rete provinciale dell'ARPAT. E' stato così possibile calibrare il rilevatore portatile, prima della campagna di misura, con la strumentazione ed i sistemi presenti nelle centraline fisse della rete di monitoraggio.

Figura 3 - Strumento per la misura del CO. M300-AMX APIcom e telecamera

Per monitorare continuamente il contesto ambientale, durante il rilievo del CO, ovvero la tipologia ed il volume del traffico in cui il rilievo ha luogo, è stata integrata nel veicolo multisensore una telecamera dotata di supporto motorizzato. E' possibile così realizzare un archivio video digitale dei percorsi effettuati e derivare da questo gli input dei programmi di modellizzazione relativi al numero ed alla classe dei veicoli circolanti.

Dalle ultime campagne di rilievo è stato integrato a bordo del veicolo anche il contatore di particelle GT331 della MetOne Instruments. Questa apparecchiatura, di proprietà del Centro di Eccellenza in Telegeomatica dell'Università di Trieste, è in grado di fornire una stima della concentrazione delle polveri sottili in aria ed in particolare di fornire dati sulle frazioni PM1, PM2.5, PM7, PM10, TSP.

Il GT331, già utilizzato dall'Istituto Tumori di Milano per misure di concentrazione di polveri da sigaretta in ambienti indoor, è in sperimentazione da un paio d'anni presso l'Università di Trieste anche per la misura del particolato in esterni. In figura 4 è riportata un'immagine dello strumento ed un esempio di taratura effettuata per confronto presso una centralina fissa di monitoraggio dell'ARPA-FVG.

Le modalità di prelievo e di misura fanno sì che lo strumento fornisca una stima di concentrazione delle polveri sottili ogni quattro minuti e quindi, per ottenere delle misure significative, si sono realizzati dei rilievi "stop & go", rimanendo fermi in ogni punto di misura per un periodo sufficiente a concludere un intero ciclo di prelievo.

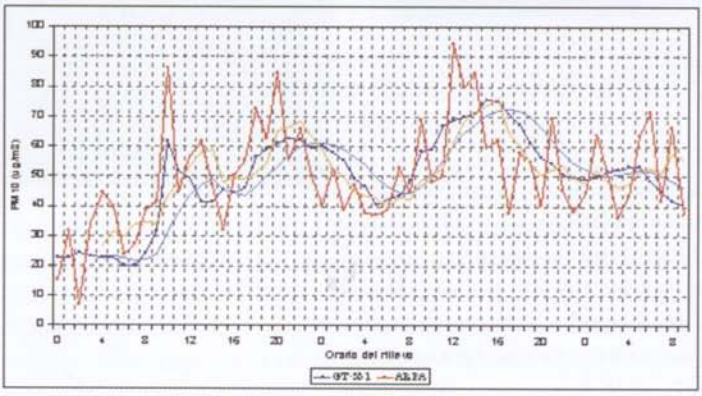


Figura 4 - Contatore particelle GT331 ed esempio taratura.

Software

Per la gestione della strumentazione e l'archiviazione ed elaborazione dei dati sono stati scritti due software nell'ambiente di sviluppo Visual Basic 6.0 della Microsoft, il KINSurvey per l'integrazione dei due GPS e la sincronizzazione con la misura di concentrazione dell'M300 e il Pmx-Survey per la misura della concentrazione delle polveri sottili.
Tramite gli stessi software i dati acquisiti vengono elaborati applicando le opportune tarature ai file di concentrazione, le coordinate vengono uniformate al sistema di riferimento della Carta Tecnica al 2000 della Regione Toscana e tutti i risultati sono esportati in un formato compatibile per l'importazione in un sistema informativo geografico.

La normativa

La Direttiva Europea 96/62/CE, recepita in Italia con DLg. 4 agosto 1999 n. 351, introduce il concetto di 'valutazione integrata della qualità dell'aria ambiente' (aria ambiente: l'aria esterna presente nella tro-

Figura 5 - Software KINSurvey e PmxSurvey per la gestione e l'elaborazione dei rilievi cinematici.

posfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro), ovvero allorché il livello d'inquinamento risulti al di sotto della soglia di valutazione superiore, la misurazione può essere combinata con tecniche modellistiche; il solo uso di modelli è consentito per la valutazione della qualità dell'aria ambiente quando il livello risulti al di sotto della soglia di valutazione inferiore.

Da qui la necessità di sviluppare e validare una modellistica in grado di approfondire e, nei casi previsti dalla legge, di sostituire il dato sperimentale.

Poiché la normativa, allo stato attuale, non dà indicazioni sul tipo di modelli da usare, si sono sviluppati tutta una serie di studi, a livello europeo, allo scopo di mettere a punto dei codici affidabili di semplice applicazione da parte del personale degli enti locali.

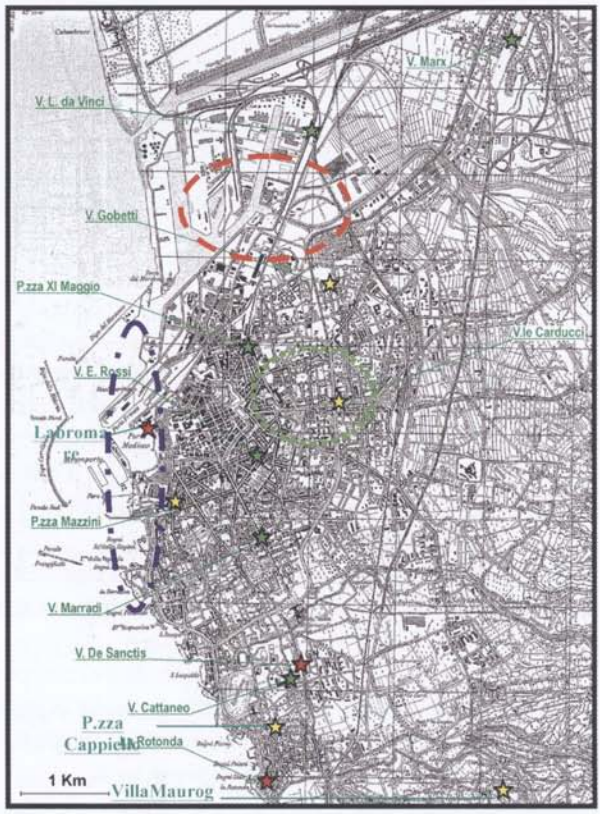
Nel caso specifico è stata condotta una simulazione del contributo del traffico veicolare all'inquinamento atmosferico a livello locale, tramite il codice CALINE4 validato attraverso l'uso di dati acquisiti in campagne di misura condotte lungo un percorso urbano con l'ausilio di un analizzatore portatile di CO.

Il sito

Il sito prescelto per la validazione del modello è l'area urbana di Livorno, centro toscano posto lungo la costa tirrenica caratterizzato da una situazione meteorologica tipica delle aree costiere, dalla presenza di importanti attività industriali e portuali e di numerose ditte che utilizzano vernici e solventi (Corezzi 2003); a tali attività si somma il traffico

veicolare che contribuisce in modo non trascurabile all'inquinamento atmosferico del centro urbano. In figura 6 è riportata l'area urbana oggetto dello studio e, in evidenza, la dislocazione delle aree di maggior interesse e la posizione sia delle stazioni meteorologiche che delle centraline in corrispondenza delle quali viene acquisito il valore della concentrazione degli inquinanti previsti dalla normativa. Esistono due reti di monitoraggio indipendenti: la rete ARPAT di proprietà della provincia, è gestita dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente della Toscana, la rete ARIAL è privata.

Figura 6 - mappa dell'area urbana di Livorno.



CALINE4

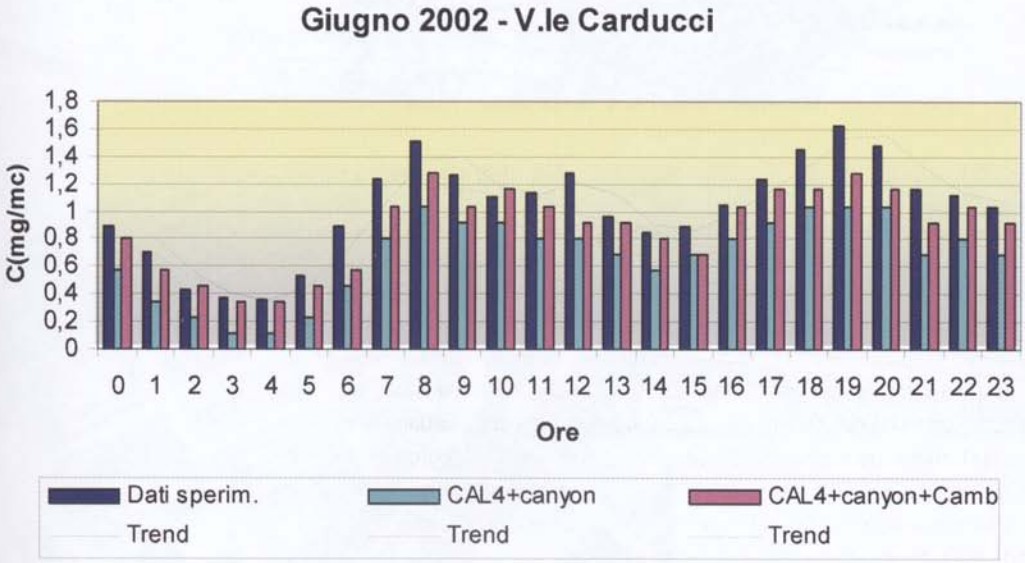
Il codice CALINE4 messo a punto dal Dipartimento di Trasporti della California (CDT), e validato dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti (US-EPA), è un modello gaussiano 'modificato' per tener conto degli effetti di turbolenza meccanica (dovuta al passaggio dei veicoli circostanti il veicolo di prova) e termica (causata dal surriscaldamento dei motori dei veicoli) tipici di un'arteria urbana. La strada studiata, viene schematizzata attraverso una serie di segmenti di caratteristiche diverse a seconda del tipo di strada considerata (a livello del mare, sopraelevata, avvallata, etc.), di lunghezza variabile in funzione della minore o maggiore tortuosità dell'arteria.

Il contributo del traffico veicolare è caratterizzato dal fattore di emissione medio calcolato in funzione del parco circolante tipico del centro urbano studiato (ACI 2000), del tipo di veicolo (APAT), del tipo di strada (un'arteria di scorrimento sarà percorsa per lo più da veicoli con motore 'caldo'; in una via delimitata da abitazioni e/o con possibilità di parcheggio si avranno veicoli con motore più o meno caldo e quindi, in questo caso, sarà necessario considerare un fattore di emissione totale).La concentrazione di fondo calcolata con il codice ISC3 messo a punto dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti (US-EPA) e applicato in studi precedenti all'area urbana di Livorno (Agostini et al.), ha tenuto conto del contributo della zona industriale, delle attività portuali e di tutte quelle ditte che fanno uso di vernici e solventi.

Figura 7 - Simulazione della concentrazione mensile media giornaliera del CO.

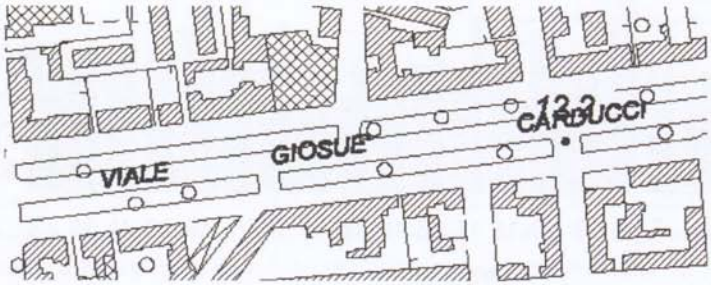
La campagna di misure

L'applicazione del modello a dati relativi a viale Carducci nell'anno 2002, dati forniti sia dall'ARPAT che dal Comune di Livorno, come mostrato in figura 7, dimostra una soddisfacente riproduzione dell'andamento sperimentale, sia che si tenga conto del fondo (Camb Concentrazione ambiente, ovvero quella dovuta a sorgenti diverse dalla sorgente traffico relativa all'arteria considerata) sia che lo si trascuri.
Ciò aveva suggerito di acquisire direttamente il valore di monossido di carbonio (usato come indicatore per la validazione del modello), tramite una serie di campagne di misura effettuate lungo un percorso coperto tenendo conto del volume di traffico, del profilo urbanistico (presenza o assenza di 'canyon urbani'), delle condizioni meteorologiche che localmente possono istaurarsi.



In figura 8 è riportato il tracciato seguito per l'acquisizione dei dati relativi al monossido di carbonio e, più recentemente, e alle polveri sottili. Nei casi in cui la misurazione è stata effettuata tramite una serie di 'stop and go', sono state prescelte arterie particolarmente significative come viale Carducci, una via di scorrimento particolarmente trafficata in alcune ore del giorno in cui è stata posizionata una centralina di rilevamento dell'ARPAT.

Figura 8 - Percorso coperto durante la campagna di misure e V.le Carducci lato est.



Risultati

Nelle figure dal 9 al 12 sono riportati i risultati di due applicazioni del modello a dati sul monossido di carbonio acquisiti durante la campagna effettuata il 22 luglio 2003 in corrispondenza delle posizioni C1, C2, C3.

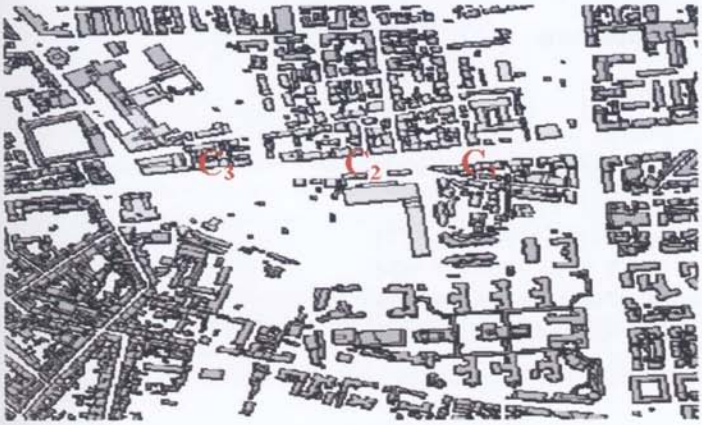


Figura 9 - Posizioni di sosta in viale Carducci.

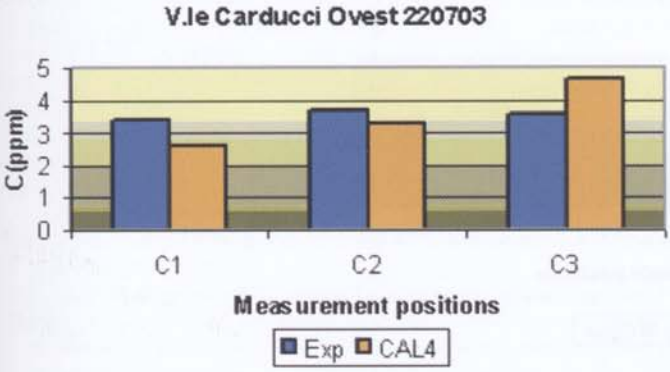


Figura 10 - Confronto tra valore misurato e simulato.

Figura 11 - Posizioni di sosta in via Grande.

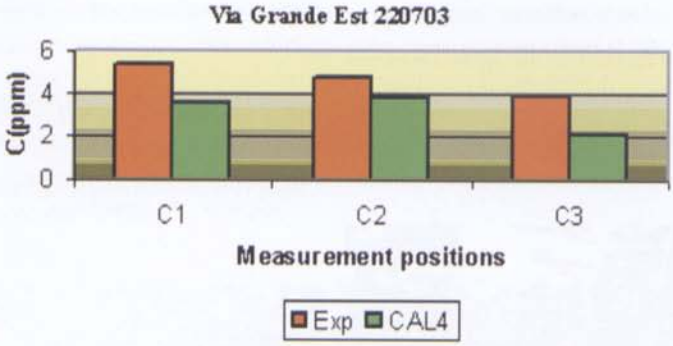
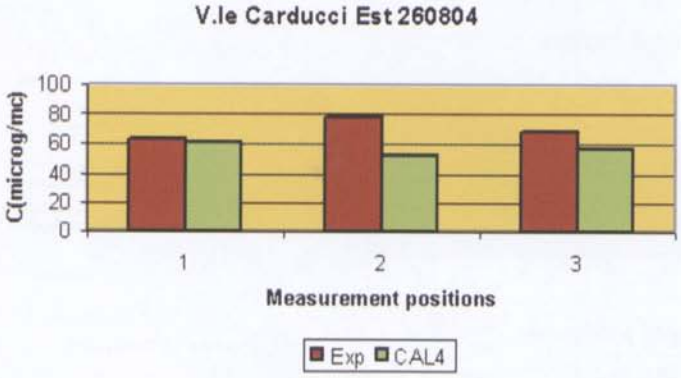


Figura 12 - Confronto tra valore misurato e simulato.

Figura 13 - Confronto tra il valore sperimentale e quello simulato.

In corrispondenza della posizione C3 della figura 10 si ha un andamento in controtendenza rispetto a quanto accade nelle posizioni C1 e C2; ciò è dovuto alla variazione del profilo sia verticale che orizzontale del 'canyon urbano', variazione che il codice non è in grado di seguire. Analogamente la figura 12 indica una minor accuratezza relativamente alle posizioni C1 e C2 casi in cui il profilo della strada si discosta sostanzialmente da quello teorico.



La figura 13 mostra il confronto tra il valore sperimentale della concentrazione di PM10 e quello simulato in tre diverse posizioni di viale Carducci – lato Est. Il modello non sembra seguire in modo soddisfacente l'andamento sperimentale. Ciò può essere dovuto alla presenza non trascurabile di un particolato di origine secondaria che la simulazione non è in grado di riprodurre.

Conclusioni

La validazione del modello ottenuta con i dati sperimentali di concentrazione di monossido di carbonio acquisiti durante le campagne di misura effettuate nel centro urbano di Livorno ha dato risultati soddisfacenti e incoraggianti appaiono le prime simulazioni relative allo studio dell'inquinamento atmosferico causato da polveri sottili; la misura

contemporanea dei due inquinanti costituisce un buon strumento per la validazione dei modelli di dispersione degli inquinanti in atmosfera e per la costruzione di un quadro sufficientemente completo del livello d'inquinamento su scala locale e delle relative cause.
I risultati ottenuti suggeriscono l'applicabilità della metodologia ad aree simili a quella oggetto dello studio, sia sotto il profilo orografico che sotto quello urbanistico.

Si ringraziano i tecnici A. Bedini, J. Micheloni, M. Tronconi del D.I.C., e M. Rosellini del DMNP per la collaborazione e l'attiva partecipazione alle fasi di rilievo.

Bibliografia

Cefalo R., Manzoni G., Skerl G., 1995, Road survey for GIS by means of low cost DGPS/DR, CISM Courses and Lectures. N.365 - Data acquisition and analysis for multimedia GIS , Udine, pp. 21-33, SpringerWienNewYork.

Caroti G. "Esperienze nel rilievo con veicolo attrezzato con GPS e sensori" - 6 Conferenza Nazionale ASITA "Geomatica per l'ambiente, il territorio e il patrimonio culturale" - Perugia, 5 _ 8 novembre 2002 – Vol I, pp 657-660.

Caroti G. "Automatic vehicle location (AVL) and road survey with placer/dr GPS method" – European Geophysical Society, G10 session – Nice 21-26 aprile 2002.

Caroti G., Ferri W. "Applications of GPS for urban GIS and geodetic surveys" – Ricerche di Geodesia, Topografia e Fotogrammetria 13 - "Working Group on Measurements and Methods of High Precision Space Geodesy" - ASI Research (1998-1999-2000) pp105-118. Milano Ottobre 2002.

APAT, 2000, Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale, Serie Stato dell'Ambiente n.12.

ACI Autoritratto, 2000 - Parco veicolare della Prorincia di Livorno.

Regione Toscana, 2002, Inventario Regionale delle Emissioni in Aria Ambiente (IRSE).

Piemonte A., 2002, Real time GNSS. Application to air pollution monitoring, Proceedings of the Seinar REAL TIME GNSS (WG Satellite Navigation System of the CEI WG Science and Technology, Section C, Geodesy), Trieste 2002, Reports on Geodesy No. 3(63), Warsaw Institute of Technology, Institute of Geodesy and Geodetic Astronomy.

Agostini E., Corezzi M., Ciucci I., Mazzini M., 2003: "Studio dell'inquinamento da COV e da benzene nel territorio di Livorno", ARPAT - DIMNP NT 01(03).

Agostini E., Ciucci I., Mazzini M., Strinati S., 2003, Studio dell'inquinamento atmosferico da COV sul territorio di Livorno, con applicazione dei codici ISC3 e CALINE4, RL 1016(03).

Agostini E., Chini M., Ciucci I., Corezzi M., Mazzini M., 2003, Modelling of VOC Air Pollution in an Urban Area, Air Pollution 2003, Catania (Italy) 17-19 September 2003.

California Deportment of Transportation, CALINE4-A Dispersion Model for Predicting Air Pollutant Concentrations near Roadway, Report FHWA/CA/TL-84115.

Toffi C., 2003, Aggiornamento dati emissione di COV da sorgenti diffuse, DIMNP(03).

A.Piemonte, K.Anapoli, "GNSS monitoring of air pollution due to thin powder. Experimental results", Proceedings of the Bilateral Geodetic Meeting Italy-Poland, Bressanone 2003, Reports on Geodesy No. 2(65), 2003, Warsaw Institute of Technology, Institute of Geodesy and Geodetic Astronomy.

U. S. Environnrenml Protection Agency, User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Model, vol. I and II. EPA-454,,b-95-0036.

Agostini E., Chini M., Ciucci I., Corezzi M., Mazzini M. (2004), 'Modelling of VOC air pollution in an urban area', Atti del Convegno 'Air Pollution XII 2004, Rodi 331 – 340.

Agostini E., Caroti G., Chini M., Ciucci I., Mazzini M., Strinati S. (2004), 'VOC air pollution in urban areas – a microscale model experimentally validated', Atti del Convegno 'Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes', Garmisch-Partenkirchen 1-4 giugno 2004, Vol. II 2 – 6.

ARPAT (2002), 'Documentazione sui dati meteorologici e sui flussi di traffico in v. le Carducci', Report ARPAT/01/02.

Comune di Livorno – Ufficio Mobilità Urbana (2002), 'Documentazione sui flussi di traffico 1996', Report UMU/01/02, Livorno

Comune di Livorno – S. I. T. (2002), 'Documentazione su aree e lunghezze delle strade del Comune di Livorno', Report SIT/01/02, Livorno

Corezzi M. (2003), 'Analisi dell'inquinamento atmosferico da COV nell'area di Livorno', Tesi di laurea, DIMNP – Pisa

California Department of Transportation, 'CALINE4 – A Dispersion Model for Predicting Air Pollutant Concentrations near Roadway', Report FHWA/CA/TL – 84/15.

Regione Toscana (2002), 'Inventario delle Emissioni in Aria Ambiente(IRSE)', Firenze

STA (1998), 'Studi di rischio e bonifica ambientale per le aree di Livorno e Piombino – Raccolta, prima analisi ed elaborazione dei dati relativi allo studio di squilibrio ambientale nella zona di Livorno', DIMNP, Pisa