

# POSIZIONAMENTO DELLE CENTRALINE PER IL MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO TRAMITE TECNICHE GIS

A. Grignetti (\*), R. Salvatori, M. Rotatori, R. Casacchia, R. Salzano  
CNR- Istituto Inquinamento Atmosferico, 00016 Monterotondo Stazione (Roma)  
(\*grignetti@iia.cnr.it)

## Riassunto

In questo lavoro viene presentato uno studio per la progettazione di una rete fissa di monitoraggio della qualità aria su un'area test tramite metodologia GIS. A tal fine sono stati utilizzati sia dati di concentrazione di inquinanti (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and COV) misurati tramite campionatori passivi, sia carte di uso del suolo appositamente realizzate utilizzando un mosaico di ortofoto.

I dati di concentrazione, raccolti in 4 campagne di misura nel corso di un anno (Ottobre 2003 - Settembre 2004), sono stati utilizzati per stimare la distribuzione spaziale degli inquinanti. L'integrazione dei tematismi ha permesso di individuare le aree in cui secondo la normativa vigente debbono essere situate le centraline fisse di monitoraggio della qualità dell'aria.

## Abstract

*The results of a GIS application in designing an air monitoring network in Northern Italy are presented. In order to understand the distribution of pollutants (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and VOCs), four specific campaigns (October 2003 to September 2004) were carried out using diffusive samplers. Maps showing spatial distribution of each pollutant were created, and a land cover map was obtained using a mosaic of orthophotos. By overlaying pollutant distribution maps and land cover map, it was possible to determine the suitable location of monitoring stations.*

## Introduzione

In ambito urbano l'inquinamento atmosferico è divenuto uno dei problemi ambientali più rilevante, pertanto la quantificazione delle emissioni e la loro distribuzione spaziale sono elementi essenziali in ogni programma di monitoraggio della qualità dell'aria (Aleksandropoulou e Lazaridis, 2004; Sengupta et al., 1996).

Nel progettare una rete di monitoraggio dell'aria la scelta dei siti in cui posizionare le centraline per il rilevamento degli inquinanti è sicuramente l'elemento più dibattuto poiché oltre agli aspetti tecnici quali gli effetti degli inquinanti sull'ecosistema e sulla salute umana (Allegrini et al., 2004), vanno tenuti in considerazione anche le ricadute politiche di tali scelte.

Le recenti direttive europee ed italiane (EEA, 1999; DM.60/2004) forniscono i criteri con cui selezionare le aree idonee per installare le stazioni di monitoraggio; queste direttive indicano la distanza minima che deve esistere tra sorgente di emissione di inquinanti e punto di misura, il numero minimo di punti e la tipologia delle misure di riferimento nonché le tecniche di campionamento e di analisi da utilizzare a macro e microscala. L'innovazione contenuta in questi documenti è aver stabilito la necessità di una approfondita conoscenza del territorio mediante dati di campo e produzione di mappe tematiche, dando particolare rilievo all'analisi dei siti industriali posti in prossimità delle aree urbane.

Le carte di copertura e uso del suolo, ottenute a partire da immagini satellitari o fotografie aeree digitali, rappresentano il punto di partenza per ogni analisi territoriale (Weirs et al., 2004) e sono essenziali per ogni successiva integrazione con i dati atmosferici. Infatti dalla sovrapposizione delle

carte di uso del suolo con le mappe di concentrazione degli inquinanti è possibile individuare le aree urbanizzate e vegetate che sono sottoposte per lunghi periodi di tempo a livelli elevati di inquinamento e poter quindi indicare i punti dove posizionare le centraline per la rete di monitoraggio ambientale in accordo con la normativa vigente.

In questo lavoro viene proposta una metodologia di integrazione di dati di concentrazione degli inquinanti e cartografia tematica per l'analisi territoriale necessaria alla realizzazione di una rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

### **Area di studio**

L'area di studio è posta in prossimità della città di Mantova all'interno della Pianura Padana. Il paesaggio di questa regione si presenta fortemente antropizzato, ed è contraddistinto da ampi sistemi agrari con colture a rotazione continua, risaie e sistemi agricoli complessi, intervallati da cascine e case coloniche.

La maggior parte della vegetazione naturale è localizzata in prossimità del fiume, all'interno delle golene o appena alle spalle delle stesse, relegate nelle stazioni pedologicamente sfavorevoli dal punto di vista agricolo. La rarefazione di aree naturali coincide infatti con l'espansione delle colture agrarie, che in questo tratto della Pianura sono prevalentemente erbacee.

Nell'area di studio, i sistemi di vegetazione naturale sono rappresentati prevalentemente dall'oasi naturale "Palude di Ostiglia" e dalla riserva naturale "Isola Boschina". Entrambi i siti sono di particolare interesse in quanto rappresentano rispettivamente una testimonianza relitta di zona umida sopravvissuta alle opere di bonifica e di bosco planiziale costituito da farnie, pioppi, aceri, olmi che caratterizzava il paesaggio medievale della Pianura Padana.

L'area di studio è inoltre caratterizzata dalla presenza di siti industriali posti in prossimità delle sponde del Po. Le emissioni in atmosfera di ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) e di monossido di carbonio (CO) degli impianti vengono controllate e registrate in continuo tramite un sistema di monitoraggio delle emissioni (SME).

### **Aspetti metodologici**

I valori di concentrazione degli inquinanti atmosferici sono stati acquisiti in 4 campagne di misura in un periodo compreso tra ottobre 2003 e agosto 2004, utilizzando il metodo di campionamento passivo. Il sistema dei campionatori passivi, sviluppato dall'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico del CNR, è particolarmente utile per valutazioni preliminari sullo stato della qualità dell'aria, in quanto permette di ottenere valori medi di concentrazione degli inquinanti a lungo termine poiché i campionatori restano esposti per vari mesi su specifiche aree di interesse (De Santis et al., 1997 e 2004). Il campionatore passivo utilizza come assorbente il carbone attivo che si trova in una cartuccia di rete di acciaio inossidabile, incastrata nel corpo cilindrico diffusivo. Le sostanze inquinanti adsorbite dal carbone attivo vengono successivamente estratte, con solvente o termicamente, ed analizzate con idonei strumenti. I campionatori passivi vengono inseriti con l'estremità aperta all'interno dell'espositore che ha la funzione di minimizzare l'influenza dei venti più forti e vengono esposti all'aria per il periodo di tempo necessario ad ottenere un campione significativo e sufficiente per l'analisi.

Sono stati utilizzati più di cento campionatori posizionati nell'area di studio secondo una griglia regolare a maglia quadrata 3x3 km, con un tempo di esposizione di circa 30 giorni. Gli inquinanti atmosferici monitorati sono gli Ossidi di Azoto ( $\text{NO}_2$ ), il biossido di azoto ( $\text{NO}_x$ ), l'ozono ( $\text{O}_3$ ) e i Composti Organici Volatili (COV).

Dai valori di concentrazioni medie sono state create mappe di distribuzione spaziale per ogni singolo inquinante per tutte le campagne di misura e utilizzate come strati informativi nel GIS appositamente realizzato. Le mappe di distribuzione per ciascun inquinante sono state prodotte usando il modello di interpolazione Inverso della Distanza (Inverse Distance Weight IDW),

applicato utilizzando come peso l'inverso della distanza al quadrato. Le mappe di distribuzione sono state poi classificate suddividendo l'intervallo dei valori di concentrazioni in otto classi.

Per ottenere la carta della copertura ed uso del suolo, come richiesto dalle Direttive Europee e per effettuare le successive integrazioni con le mappe di distribuzione, è stato utilizzato un mosaico di ortofoto a scala 1:5000. Poiché il mosaico è stato costruito utilizzando foto aeree riprese in periodi differenti, e quindi con risposte spettrali delle superfici diverse, non è stato possibile applicare un algoritmo di classificazione automatica. La procedura adottata per ottenere la carta di uso del suolo è stata articolata secondo le seguenti fasi

- sovrapposizione sul foto-mosaico di una griglia a maglie quadrate delle dimensioni di 250m<sup>2</sup>;
- definizione delle classi di uso del suolo in funzione del CORINE land cover (tabella 1);
- codifica di ciascuna maglia secondo le classi ;
- interpolazione dei dati secondo l'algoritmo di *Nearest Neighbour* per ottenere la carta di copertura e uso del suolo;
- coregistrazione della carta sulla base della cartografia fornita a scala 1:100000.

In tabella 1 sono riportate le classi individuate seguendo la classificazione CORINE Land Cover; sono state analizzate 20 classi di copertura tenendo conto in modo particolare delle aree urbane.

<b>CORINE 2° Livello</b>	<b>CORINE 3° Livello</b>
<b>1.1 Zone urbanizzate di tipo residenziali</b>	1.1.1 Zone con tessuto urbano continuo
	1.1.2 Zone con tessuto urbano discontinuo
<b>1.2 Zone industriali, commerciali e infrastrutturali</b>	1.2.1 Aree industriali e/o commerciali
	1.2.2 Reti stradali, ferroviari e infrastrutture
<b>2.1 Seminativi</b>	2.1.1 Seminativi in aree non irrigue
	2.1.3 Risaie
<b>2.4 Zone agricole eterogenee</b>	2.4.1 Colture temporanee associate con colture permanenti
	2.4.2 Sistemi colturali complessi
<b>3.1 Boschi</b>	3.1.1 Boschi di latifoglie
<b>4.1 Zone umide interne</b>	4.1.2 Paludi interne
<b>5.1 Acque continentali</b>	5.1.1 Corsi d'acqua

*Tabella 1. Descrizione delle classi del CORINE land cover*

L'applicazione di una maglia quadrata e l'associazione a ciascuna maglia di un codice relativo alle classi di uso del suolo è stata guidata dalla necessità di mantenere tutte le informazioni territoriali e in particolare mantenere la distribuzione dell'abitato rurale, rappresentativo del paesaggio della pianura padana. Tale distribuzione estremamente discontinua sul territorio sarebbe andata perduta

nel caso in cui si fosse utilizzata una classificazione automatica in quanto la scarsa estensione areale delle case rurali e la loro estrema frammentazione non sarebbe stata rappresentata alla scala di analisi.

In figura 1 sono riportate le carte della distribuzione dell'ozono ottenute mediante il metodo di interpolazione IDW. Per ogni inquinante sono state poi estratte le aree relative alle classi di concentrazioni che erano maggiori al valor medio per quella campagna; le aree così individuate sono state riportate in una mappa di sintesi. Dalle mappe di sintesi di ogni inquinante sono state estratte le zone dove si erano riscontrati valori di concentrazione superiori alla media per tre e quattro campagne e sono state quindi riunite in un'unica carta definita carta delle ricorrenze multiple. In questa carta si possono riconoscere le aree in cui i massimi di concentrazione di inquinanti diversi si sovrappongono e ampie aree in cui si sono registrati solo alti valori di concentrazione di ozono.

La carta delle ricorrenze multiple è stata quindi integrata con la carta di uso del suolo al fine di identificare le aree più idonee per l'ubicazione dei diversi tipi di stazioni di monitoraggio, sulla base dei criteri EUROAIRNET (EEA, 1999). Sulla base di tali criteri le stazioni di monitoraggio vengono classificate a seconda della tipologia (Traffico, Background e Industriale) e delle caratteristiche dell'area in cui sono collocate (Residenziale, Industriale, Agricola ecc.).

Per individuare le aree dove posizionare le stazioni di traffico sono state estratte dalla carta di uso del suolo le aree relative alle classi urbano, siti industriali e rete viaria mentre per le stazioni di background sono state estratte tutte le classi relative alle aree agricole; tali tematismi sono stati quindi integrati con la carta delle ricorrenze multiple.

A titolo di esempio in figura 2 è riportata una mappa dei siti potenziali in cui collocare le stazioni di background rurale. Infatti le stazioni di background rurale sono utilizzate per il monitoraggio di inquinamento dovuto a fenomeni di trasporto a lungo raggio e quindi posizionate all'esterno dei grandi centri urbani, in aree prevalentemente agricole, soggette a fenomeni di inquinamento fotochimico.

## **Conclusioni**

In questo lavoro viene presentata uno studio metodologico sulla possibilità di utilizzare metodologie GIS per la realizzazione di una rete di monitoraggio della qualità dell'aria in conformità alle vigenti normative europee. I dati di concentrazione di inquinanti ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  e COV), rilevati tramite 4 campagne di monitoraggio, sono stati interpolati per la realizzazione di mappe di concentrazione. Tali tematismi sono stati inseriti nel GIS insieme con la carta di uso del suolo ottenuta con l'ausilio di ortofoto.

Il Sistema così realizzato rappresenta uno strumento di estrema utilità per la progettazione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria sia in ambito urbano sia nelle aree prospicienti impianti industriali.

## **Bibliografia**

Allegrini, I., Novelli, L., Picchi, S., Biscotto, M., Hong, W., Liu, F., Yin, Z., Costabile, F. (2004), "In accordance with Framework Directive 96/62/EC, development of an air quality monitoring network in a Chinese city", *Proceedings of the 13th World Clean Air and Environmental Protection*, London, United Kingdom: 22-27.

Aleksandropoulou, V., Lazaridis, M. (2004), "Spatial distribution of gaseous and particulate matter emissions in Greece", *Water, Air and Soil Pollution* 153: 15-34.

- De Santis, F., Allegrini, I., Fazio, M.C., Pasella D., Piredda R. (1997), "Development of a passive sampling technique for the determination of Nitrogen Dioxide and Sulphur Dioxide in ambient air", *Analytica Chimica Acta* 346: 127-134.
- De Santis, F., Fino, A., Menichelli, S., Bazzana, C., Allegrini, I. (2004), "Monitoring the air quality around an oil refinery through the use of diffusive sampling", *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 378: 782-788.
- European Environment Agency (1999), "Criteria for EUROAIRNET - The EEA Air Quality Monitoring and Information Network", *Technical Report* No 12, pp. 56.
- Sengupta, S., Patil, R.S., Venkatachalam, P. (1996), "Assessment of population exposure and risk zones due to air pollution using the geographical information system", *Comp. Environ. and Urban Systems* 20: 191-199.
- Stedman, J.R., Keith J.V., Campbell, G.W., Goodwin J.W.L., Downing C.E.H. (1997), "New high resolution maps of estimated background ambient NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations in the U.K", *Atmospheric Environment* 31: 3591-3602.
- Weiers, S., Bock, M., Wissen, M., Rossner, G. (2004), "Mapping and indicator approaches for the assessment of habitats at different scales using remote sensing and GIS methods", *Landscape and Urban Planning* 67: 43-65.

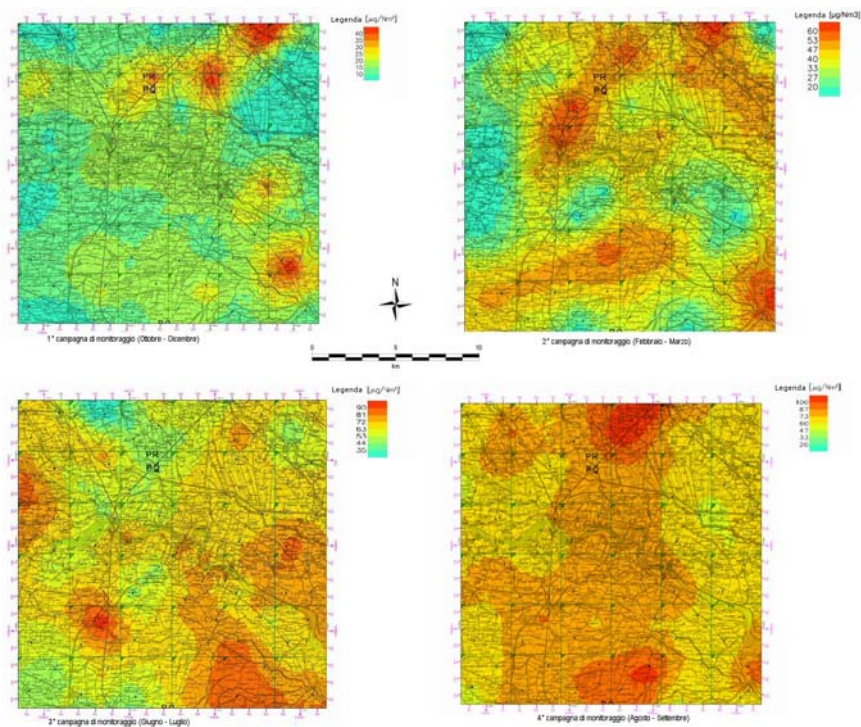
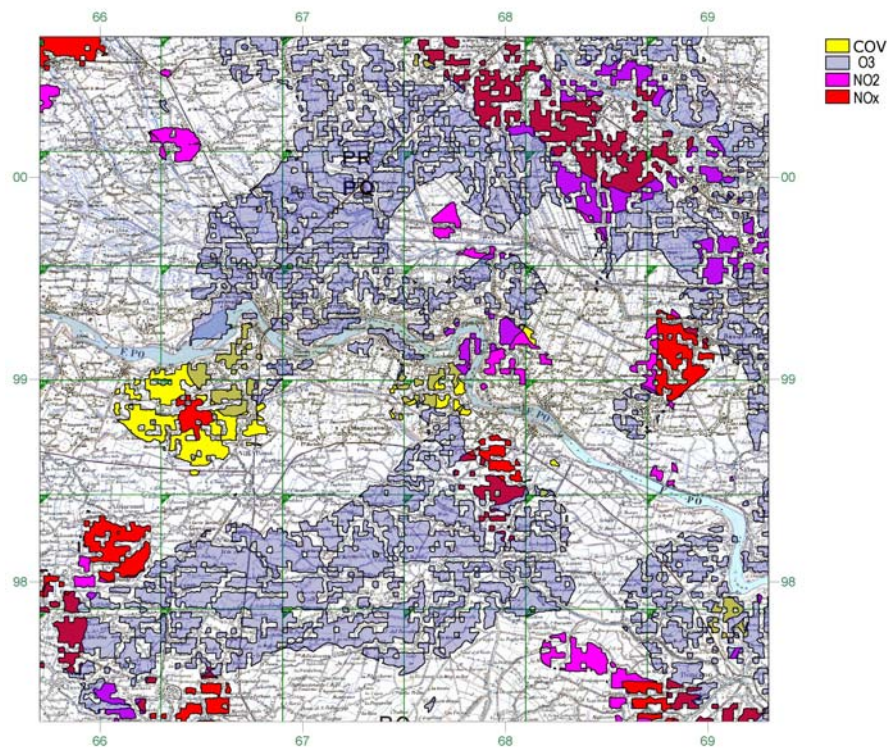


Figura 1. Mappe di concentrazione dell'ozono nelle quattro campagne di misura



*Figura 2. Mappa dei siti potenziali in cui collocare le stazioni di background rurale*