

Workshop Milano
Gruppo Scientifico Italiano Studi e Ricerche
Settimana Ambiente Italia 2002
Siti Contaminati
25 febbraio 2002

Titolo dell' intervento: Metodologia GIS per l' indagine epidemiologico-ambientale di Ospedaletto (Pisa)

Relatore: Roberto della Maggiore
CNUCE, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Area della ricerca di Pisa

Introduzione

Il CNR ha svolto nell' anno 2001 una campagna di indagini epidemiologico-ambientali nell' area sud-est del comune di Pisa (Toscana), caratterizzata dalla presenza di un inceneritore di rifiuti solidi urbani. Lo scopo e' quello di valutare i rischi per la salute della popolazione residente nelle aree circostanti all' inceneritore. L' indagine epidemiologica si e' articolata su aspetti diversi: lo studio della mortalita' negli ultimi dieci anni, della morbosita', degli eventi riproduttivi sfavorevoli ed una campagna campionaria su sintomi e malattie. I soggetti selezionati per l' indagine epidemiologica campionaria sono stati sottoposti ad un questionario standardizzato. L' intera popolazione residente nell' area di indagine e' stata presa in considerazione per l' analisi di mortalita' e morbidita', con riferimento all' indirizzo di residenza di ogni soggetto. L' ambiente e' stato studiato sotto diversi aspetti: caratterizzazione del suolo, sia chimica che biologica; qualita' dell' aria, per mezzo di centraline di monitoraggio tradizionali e campionatori di sostanze organiche volatili; analisi delle acque di superficie e sotterranee. Per completare lo scenario ai fini di un monitoraggio futuro sono stati raccolti anche dati relativi al rumore e ai campi elettromagnetici. In questo contesto si e' fatto uso di tecnologia GIS non solo come strumento tecnologico per il progetto, ma anche a supporto delle decisioni, avendo preventivamente svolto una analisi esplorativa spaziale del sito di studio. Il GIS viene anche utilizzato a sostegno dell' analisi geostatistica dei dati raccolti.

Il progetto

Il progetto dell' indagine e' stato voluto dal comune di Pisa a seguito di pressanti richieste della popolazione abitante nel circondario dell' inceneritore di rifiuti situato in una zona periferica della citta' (Ospedaletto), al confine fra una zona agricola ed un' area recentemente destinata ad insediamenti per la piccola e media industria. L' obiettivo inizialmente stabilito e' stato quello di prendere in esame il territorio comunale entro una distanza massima di 5 Km dall' inceneritore, indagando per gli effetti da esso prodotti su persone e ambiente. Il CNR e' stato incaricato dello svolgimento dell' indagine ed i partecipanti, con i relativi ruoli sono i seguenti:

- Istituto di Fisiologia Clinica (CNR): coordinamento del progetto, indagine di mortalita', indagine campionaria di morbosita', indagine eventi riproduttivi;
- Istituto per la Chimica del Terreno (CNR): coordinamento delle indagini ambientali, campionamento e analisi del suolo;
- Istituto CNUCE (CNR): informazione geografica, analisi spaziale e gestione DB;

- Università di Pisa (Dipartimento di Scienze dell' Uomo e dell' Ambiente): indagine di mortalità;
- Unità Sanitaria Locale (USL5-Pisa): indagine di mortalità, di morbosità e dei ricoveri ospedalieri;
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT): campionamento e analisi del suolo, dell' acqua e dell' aria;
- Comune di Pisa: Sistema Informativo Territoriale, indagine di mortalità'.

Vantaggi dell' approccio GIS

L' indagine ambientale, che per sua stessa natura si effettua sopra un territorio, ben si presta ad essere gestita in un ambiente GIS. Nel nostro caso l' approccio GIS è particolarmente apprezzabile perché la posizione geografica costituisce un legame implicito fra dati multidisciplinari. I dati di competenza di ciascun campo di indagine vengono presentati su strati tematici diversi e questi possono essere visualizzati, assieme alla rappresentazione cartografica del territorio, per valutare le differenze, o le somiglianze, fra i fenomeni. Per i diversi settori disciplinari si possono ottenere mappe di rischio ed effettuare confronti, operando così di fatto su viste diverse dello stesso ambiente.

L' utilità di un sistema GIS come base di riferimento per l' indagine consiste non solo nelle possibilità avanzate di analisi dei risultati, ma anche nel poter produrre informazione derivata dagli strati tematici esistenti o nel poter facilmente integrare dati ottenuti con apparecchiature tecnologiche differenti. Per il progetto, ad esempio, è stato fatto uso del GPS (Global Positioning System) per il rilievo dei punti di campionamento del suolo, mentre i dati dell' Ufficio di Anagrafe del Comune sono stati utilizzati per il campionamento su base spaziale dei soggetti da sottoporre all' indagine epidemiologica.

Supporto GIS nella fase preparatoria del progetto

Definizione dell' area di indagine

I confini spaziali dell' area su cui effettuare lo studio sono stati inizialmente indicati a grandi linee dall' Amministrazione Comunale di Pisa, di concerto con i tecnici del CNR, sulla base delle modalità di routine di studi similari, definendo così cinque cerchi concentrici (suddivisi ognuno in venti settori) attorno all' impianto dell' inceneritore; il raggio dei cerchi è stato fissato in progressione quasi logaritmica e cioè rispettivamente 400 m, 800 m, 1.400 m, 2.700 m e 5.000 m, individuando così un cerchio interno e quattro corone concentriche circostanti. Ma l' analisi esplorativa spaziale svolta con lo strumento GIS sull' area d' indagine ha mostrato che la corona esterna avrebbe incluso una vasta zona molto prossima al centro della città. Qui il traffico ed altri fattori locali potevano risultare predominanti rispetto agli effetti dell' inceneritore, pertanto è stato deciso di limitare l' area di studio a 4000 m. Durante questa fase è stato deciso altresì, con il supporto GIS, di estendere l' indagine ad altre due zone cittadine, da utilizzare come aree di controllo: una è stata scelta entro i 5 Km di distanza dell' inceneritore, in una zona agricola (Coltano), l' altra distante fra i 7 e gli 8 Km dall' inceneritore, in una zona residenziale nella quale i fattori di confondimento sono verosimilmente abbastanza bassi (S. Piero a Grado).

Georeferenziazione della popolazione residente

Lo schema adottato per la georeferenziazione dei soggetti fa riferimento all' indirizzo di residenza, posizionando ogni persona nella propria abitazione. Grazie al fatto che il Comune di Pisa dispone di un buon Sistema Informativo Territoriale, con cartografia dettagliata (scala di acquisizione 1:2000) ed una mappatura dei numeri civici discretamente affidabile (caso ancora abbastanza raro nello scenario della pubblica amministrazione locale italiana), e' stato deciso di utilizzare un riferimento di tipo puntuale per ogni cittadino, associando ad ognuno le coordinate del punto corrispondente in mappa al numero civico dell' abitazione.

Indagine epidemiologica campionaria

Stabilita l' area di studio, e' stata presa in considerazione l' indagine epidemiologica campionaria su malattie e sintomi; questa, organizzata su base familiare, e' rivolta ad un campione generale di popolazione a cui viene proposto il questionario standardizzato, con il quale si raccolgono informazioni sullo stato di salute dei soggetti ed altre informazioni aggiuntive sullo stile di vita, sulle malattie pregresse, le caratteristiche ambientali dei luoghi di soggiorno abituale e la percezione individuale della qualita' dell' ambiente stesso. Il numero di soggetti da esaminare e' stato stabilito in circa 1.500, elevato a 1.700 considerando le zone di controllo. Secondo lo schema di georeferenziazione adottato ogni famiglia e' stata localizzata nel punto corrispondente all' indirizzo di abitazione.

Il campionamento dei soggetti all' interno dell' area di studio e' fortemente dipendente dal GIS. L' obiettivo stabilito era di selezionare i soggetti ottenendo una distribuzione regolare sull' intera area. Per fare cio' e' stato calcolato il numero di persone abitanti in ciascuna zona, integrando nel GIS i dati dell' Ufficio di Anagrafe del Comune. Il risultato e' riportato nella Tabella 1.

Zona	n. abitanti
entro 400 m	18
fra 400 m e 800 m	50
fra 800 m e 1.400 m	291
fra 1.400 m e 2.700 m	1.197
fra 2.700 m e 4.000 m	10.921

Tabella 1: abitanti nell' area di indagine

Sulla base di cio' e' stato deciso di selezionare per l' indagine tutte le persone abitanti all' interno del cerchio di 1.400 m, mentre per le due rimanenti zone e' stata adottata una strategia mista: nelle zone agricole (con bassa densita' di abitazioni) e' stata selezionata l' intera popolazione, mentre nelle aree urbane e suburbane e' stato stabilito un rapporto di campionamento per ciascuna delle due corone (1:20 per quella esterna piu' popolosa, 1:5 per l' altra) al fine di contenere il numero dei soggetti partecipanti entro il limite stabilito. Anche in questo caso si e' fatto ricorso al GIS per selezionare, in base ai settori di corona pertinenti, gli insiemi di abitanti su cui applicare il campionamento. Il risultato della strategia di campionamento adottata e' mostrato nella tabella 2. La distribuzione sul territorio dei soggetti selezionati, considerata in relazione all' indirizzo di residenza, risulta ben uniforme, dando una copertura completa delle zone in cui sono presenti abitazioni.

Zona	Criterio di selezione	Numero dei selezionati
entro 1.400 m	tutti	359
fra 1.400 m e 2.700 m		
aree a bassa densita' abitativa	tutti	158
aree ad alta densita' abitativa	1 su 5	206
fra 2.700 m e 4.000 m		

aree a bassa densita' abitativa	tutti	180
aree ad alta densita' abitativa	1 su 20	536
aree di controllo:		
1) Coltano	tutti	84
2) S. Piero a Grado	1 su 10	196
Totale soggetti selezionati		1719

Tabella 2: selezione dei soggetti da sottoporre all' indagine campionaria

Indagine sulle caratteristiche del suolo

Per l' analisi chimico-fisica del suolo l' assunto iniziale era di prelevare un campione di terreno da analizzare per ognuno dei 100 settori circolari stabiliti, ma e' stato deciso di modificare tale schema perche' dall' analisi esplorativa effettuata con lo strumento GIS e' emerso non solo che i campioni sarebbero stati concentrati in massima parte nelle zone molto vicine all' inceneritore, ma anche che solo pochi campioni sarebbero stati prelevati in prossimita' delle zone abitate, cioe' di quelle zone per le quali e' possibile ottenere informazione anche sullo stato di salute della popolazione; secondo lo schema iniziale quindi i risultati dell' indagine epidemiologica e di quella ambientale sarebbero stati poco confrontabili fra loro. Pertanto e' stato deciso di avere una distribuzione piu' uniforme sul territorio dei punti di prelievo dei campioni di terreno, privilegiando le aree abitate, senza tuttavia trascurare di fare prelievi anche nelle zone a piu' scarsa concentrazione antropica. Allo scopo e' stata ricavata, tramite il GIS, un' area poligonale contigua contenente tutte le abitazioni del sito di indagine e tale che il bordo dell' area si trovi ad una distanza pari ad almeno 200 m da una qualsiasi abitazione; quindi e' stata disegnata sul sito una griglia di punti a maglia quadrata regolare di 500 metri e sono stati selezionati tutti i punti ricompresi nell' area poligonale; infine e' stato scelto un punto per ognuno dei cento settori iniziali non compreso nell' area delle abitazioni. In tal modo sono stati riassegnati tutti i cento punti-guida per effettuare i prelievi di campione di terreno.

Supporto GIS durante la raccolta e la preparazione dei dati

Indagine epidemiologica

Per le analisi di mortalita' e morbosita' l' intera popolazione residente nell' area di indagine e nelle zone di controllo e' stata georeferenziata secondo lo schema predetto, associando ad ogni persona le coordinate della propria residenza.

Per quanto riguarda l' indagine epidemiologica campionaria, la campagna di raccolta di informazioni sui sintomi e malattie e' stata effettuata con la consegna a domicilio del questionario a tutti i soggetti selezionati per l' indagine. In questa fase gli intervistatori hanno provveduto anche alla validazione degli indirizzi delle abitazioni ai fini della successiva analisi spaziale. Per facilitare il compito degli intervistatori sono state preparate le mappe di dettaglio delle zone di residenza dei soggetti da intervistare con indicazione della via e del numero civico associati al disegno del perimetro dell' abitazione. Gli intervistatori hanno utilizzato tali mappe per verificare l' effettiva corrispondenza degli indirizzi, segnalando sopra le mappe stesse le eventuali discrepanze.

Indagine sulle caratteristiche del suolo

Ovviamente i punti in cui e' stata realmente eseguita la raccolta dei campioni di terreno da analizzare non coincidono con i punti-guida calcolati come detto in precedenza, in quanto e' necessario che il punto in cui viene fatto il prelievo risponda a caratteristiche che solo l' esperto puo' valutare sul campo. La griglia teorica predetta e' servita al rilevatore come indicazione dei punti ottimali di prelievo. A tale scopo, oltre alla preparazione di mappe di dettaglio delle zone di prelievo, le coordinate dei punti-guida sono state inserite in un' apparecchio GPS che e' stato utilizzato dai tecnici del campionamento per recarsi sulle zone di prelievo (funzione 'go to' del GPS).

I punti corrispondenti ai prelievi effettivi sono stati quindi rilevati tramite il GPS stesso e successivamente integrati nel sistema GIS.

Indagini sull' aria e sull' acqua

La concentrazione di Sostanze Organiche Volatili nell' aria del sito di indagine e' stata determinata mediante campionatori posizionati principalmente lungo le strade e quindi in posizioni facilmente identificabili sulla mappa cartografica. Anche in questo caso dunque si hanno dati di tipo puntuale ed il rilievo dei punti e' stato fatto

direttamente sulla mappa stessa, in collaborazione con i tecnici incaricati della campagna di raccolta. Analogamente e' stata fatta una mappatura per i campioni di acqua di superficie raccolti nei fossi principali in corrispondenza, per lo piu', di attraversamenti di strade, come tali facilmente identificabili in cartografia.

Supporto GIS per la valutazione dei risultati

Le campagne di raccolta dei dati, sia per l' indagine ambientale che per quella epidemiologica, sono terminate da poco tempo al momento della stesura di questa relazione e l' elaborazione dei risultati e' tuttora in corso da parte degli esperti disciplinari. Il GIS sara' utilizzato anche nella fase di valutazione dei risultati, soprattutto per quanto riguarda l' analisi esplorativa spaziale, con ricorso ad analisi geostatistica per i diversi temi trattati e, possibilmente per la valutazione comparata dei diversi fenomeni. Al presente e' stato fatto ricorso al GIS per la visualizzazione dei singoli fenomeni con produzione di mappe di rischio tentative e confronti fra le distribuzioni sul territorio dei dati raccolti per i diversi livelli informativi.

Conclusioni

La metodologia introdotta in questo studio per il coordinamento delle attivita' di progetto con ricorso a tecnologia GIS ha permesso di svolgere le indagini nei diversi settori disciplinari in maniera coordinata e produttiva, ponendo anche le basi per un piu' significativo confronto fra i risultati di settori diversi. L' approccio GIS ha reso possibile l' analisi preventiva delle caratteristiche geografico-spaziali del territorio e della pressione antropica su di esso. I dati di interesse per lo studio, molto eterogenei per quanto riguarda la loro natura, sono accomunati dal fatto di essere tutti riferiti allo stesso territorio. Cio' costituisce il legame implicito che li unisce e che trova nello strumento GIS il supporto ideale per la valorizzazione delle attivita' speculative condotte nei diversi settori disciplinari. Le capacita' avanzate di visualizzazione dei dati offerte dal GIS giocano un ruolo importante per capire la dinamica dei fenomeni sul territorio e per suggerire e studiare confronti fra tematismi diversi.

Bibliografia

1. Vine MF, Degnan D, Hanchette C. Geographic Information Systems: their use in environmental epidemiologic research. *Environ Health Perspect* 1997; 105: 598-605.
2. Gatrell AC, Löytönen M. *Gis And Health Research: An Introduction*. *Gis And Health, GISDATA Series no. 6*: pp. 3-16 ; Taylor & Francis Inc., 1998; ISBN 0-7484-07790.
3. MM Fischer, Scholten HJ, Unwin D. *Geographic information systems, spatial data analysis and spatial modelling: an introduction*. *Spatial Analytical perspectives on GIS, GISDATA Series no. 4*: pp. 3-19; Taylor & Francis Inc., 1996; ISBN 0-7484-0339-6.
4. Haining R. *Designing a health needs GIS with spatial analysis capability*. *Spatial Analytical perspectives on GIS, GISDATA 4*, Taylor & Francis 1996, ISBN 0-7484-0339-6.
5. Löytönen M. *GIS, time geography and health*. *GIS and Health, GISDATA 6*, Taylor & Francis 1998, ISBN 0-7484-07790.
6. Lovett A et al. *Improving health needs assessment using patient register information in a GIS*. *GIS and Health, GISDATA6*, Taylor & Francis 1998, ISBN 0-7484-07790.
7. Smans M, Esteve J. *Practical approaches to disease mapping*. *Geographical and Environmental Epidemiology, Methods for Small area studies*, Oxford University Press 1997, ISBN 0-19-262235-8: 140-150.
8. Van Den Berg N. *The development of an epidemiological spatial Information system in the region of Western Pomerania, Germany*. *GIS and Health, GISDATA6*, Taylor & Francis 1998, ISBN 0-7484-07790: 153-165.

9. della Maggiore R, Mammini U, Baldacci S et al. Spatial featuring of epidemiological data of a general population sample living in Central Italy, First International Health Geographics Conference, Baltimore, Maryland, USA, October 16-18, 1998, <http://www.jhsph.edu/ihgc>
10. della Maggiore R, Mammini U. Applicazione di tecnologia GIS all' epidemiologia 2^a Conferenza Nazionale ASITA "Rilevamento, rappresentazione e gestione dei dati territoriali e ambientali", Bolzano, Italy, november 24-27, 1998 Conference Proceedings, pp 561-562
11. della Maggiore R, Bottai M, Mammini U. Valenza geografica nei dati epidemiologici 3^a Conferenza Nazionale ASITA "Informazioni territoriali e rischi ambientali", Napoli, Italy, november 9-12, 1999 Conference Proceedings, pp 701-702
12. della Maggiore R, Bottai M, Mammini U, Mura E, Fresco R. Technical Report "L' uso di tecnologie informatiche per l' analisi spaziale applicata al monitoraggio dell' inquinamento atmosferico", CNR (CNUCE) / Cascina Municipality, Italy, may 31, 2000
13. della Maggiore R., Fresco R. Man as biomarker: Conference Abstracts of Geographic Information Sciences in Public Health – 2001, First European Conference 19-20 September, 2001 Sheffield, UK, p.26.
14. Bottai M. Bootstrap Confidence Bands for Assessing Environmental Pollution: Conference Abstracts of Geographic Information Sciences in Public Health – 2001, First European Conference 19-20 September, 2001 Sheffield, UK, p.24.
15. Bianchi F, Baldacci S, Chiaverini F, Linzalone N, Vigotti MA, Viegi G, Bottai M, Della Maggiore R, Fresco R, Mammini U, Petruzzelli GA, Perco M, Virgone E, Ciacchini G, Balocchi L, Giaconi V. Epidemiological and enviromental study by GIS in Pisa suburbs (Italy): Conference Abstracts of Geographic Information Sciences in Public Health – 2001, First European Conference 19-20 September, 2001 Sheffield, UK, p.73.
16. della Maggiore R., Fresco R., Perotto E. Mapping health and environmental data: Conference Abstracts of Geographic Information Sciences in Public Health – 2001, First European Conference 19-20 September, 2001 Sheffield, UK, p.75.
17. Bianchi F., Baldacci S., Chiaverini F., Linzalone N., Viegi G., Bottai M., Della Maggiore R., Fresco R., Mammini U., Petruzzelli G. A., Perco M., Virgone E., Ciacchini G., Balocchi L., Giaconi V. , Vigotti M. A. Indagine epidemiologica sulla popolazione e l'ambiente nell'area sud-est di Pisa, caratterizzata da inquinamento di diversa origine: Epidemiologia e Ambiente: dalla identificazione al controllo dei rischi ambientali, atti della XXV Riunione Annuale della Associazione Italiana di Epidemiologia, Venezia, 3-6 ottobre 2001.