

## **I vantaggi dell'impiego di un sistema GIS nella gestione dei dati e della cartografia in merito a monitoraggi in un SIN da bonificare**

S. Bellagamba (\*), F. Paglietti (\*\*), B. Conestabile Della Staffa (\*\*\*)

(\*) INAIL-ex ISPESL Dipartimento Installazioni di Produzione e Insedimenti Antropici,  
Via Urbana 167, 00184 Roma, Italia, Tel. 0697893012, Fax 0697893304, email s.bellagamba@inail.it

(\*\*) INAIL-ex ISPESL Dipartimento Installazioni di Produzione e Insedimenti Antropici,  
Via Urbana 167, 00184 Roma, Italia, Tel. 0697893601, Fax 0697893304, email f.paglietti@inail.it

(\*\*\*) INAIL-ex ISPESL Dipartimento Installazioni di Produzione e Insedimenti Antropici,  
Via Urbana 167, 00184 Roma, Italia, Tel. 0697893601, Fax 0697893304,  
email b.conestabiledellastaffa@inail.it

### **Riassunto**

L'INAIL- DIPIA svolge, in collaborazione con gli Enti locali e nazionali, attività di ricerca e consulenza nell'ambito della tutela della salute dei lavoratori e dell'ambiente. Il Dipartimento Installazioni di Produzione e Insedimenti Antropici (DIPIA) si occupa, tra l'altro, del risanamento delle aree altamente contaminate partecipando da anni alle attività di caratterizzazione delle matrici aria, acqua e suolo ed in particolare al monitoraggio ambientale e personale in tutti i Siti da bonificare di Interesse Nazionale (SIN) contaminati da amianto.

Obiettivo del presente lavoro è quello di illustrare, con riferimento al SIN di Biancavilla, i vantaggi derivanti dall'implementazione delle attività sopra menzionate con un sistema informativo territoriale (SIT) che possa illustrare efficacemente il rischio di diffusione delle fibre di amianto nelle aree interessate da interventi di Messa in Sicurezza di Emergenza (MISE) e di bonifica.

Ciò consentirà, alle Amministrazioni pubbliche Regionali e Locali ed agli organi di vigilanza competenti per il territorio, di intraprendere misure cautelative nei confronti dei lavoratori addetti agli interventi ed evitare la diffusione di polveri pericolose nell'ambiente cittadino.

### **Abstract**

Italian Workers' Compensation Authority (INAIL), in collaboration with local and national organisations, conducts research and consultancy in connection with the safeguarding of the health of workers and the environment. The Department of the Production Plants and Human Settlements (DIPIA) deals, among other things, with the remediation of seriously contaminate areas, and for many years has undertaken the survey of the atmospheric, water and soil environments, and in particular environmental and personal monitoring in all the Italian Superfunds contaminated by asbestos and requiring remediation.

The aim of this study is to illustrate, with regard to the Superfund Biancavilla, the advantages of implementing the activities mentioned above with a Geographic Information System (GIS) designed to provide an adequate picture of the risk of the spread of asbestos fibres in the areas where Emergency Safety Measures (ESM) and remediation measures are planned.

This will enable the regional and local authorities and the supervisory bodies having jurisdiction to undertake precautionary measures regarding the workers involved in these projects and prevent the dissemination of dangerous dust in the urban environment.

### **Introduzione**

Ai sensi del D.M. 468/01 e s.m.i. tra i più noti Siti da bonificare di Interesse Nazionale (SIN) vi è quello del Comune di Biancavilla (Catania), area urbana di circa 24.000 abitanti alle pendici

dell'Etna, dove è presente nelle matrici ambientali, un anfibolo fibroso vulcanico chiamato Fluoro-edenite, noto per la potenziale azione cancerogena. Poiché nell'area hanno operato per oltre 30 anni due attività estrattive con il cui materiale è stata costruita gran parte della città è ancora presente un inquinamento di tipo ambientale.

La pericolosità di tali fibre inquinanti, è stata dimostrata essere pari a quella della crocidolite, il più pericoloso dei minerali di amianto; pertanto in quest'area si è proceduto al blocco dell'attività estrattiva e sono stati avviati interventi di messa in sicurezza di emergenza per ridurre la dispersione di polveri pericolose.

Inoltre sono state attivate misure per l'abbattimento delle polveri nell'abitato cittadino, anch'esso contaminato dalla presenza di fibre di Fluoro-edenite nel suolo, ed individuata, all'interno dell'area di cava, un'allocazione per ricevere i materiali di risulta degli interventi di MISE.

L'INAIL-DIPIA partecipa da anni alle attività di caratterizzazione delle matrici ambientali ed in particolare al monitoraggio dell'aria in tutto il SIN, al fine di valutare la variabilità della concentrazione di polveri pericolose in considerazione della stagionalità, delle condizioni meteoriche e degli interventi di bonifica attuati.

Obiettivo del presente lavoro è quello di illustrare i vantaggi derivanti dall'implementazione delle attività sopra menzionate con un Sistema Informativo Territoriale (SIT) che possa mostrare efficacemente il rischio di diffusione della Fluoro-edenite nell'area urbana nelle seguenti fasi:

- *pre-operam;*
- *in-operam;*
- *post-operam.*

#### **Inquadramento area SIN di Biancavilla**

Nel Comune di Biancavilla (Catania), paese di 24.000 abitanti alle pendici dell'Etna, si sono registrati negli ultimi 20 anni circa 40 decessi per mesotelioma pleurico, malattia asbeto correlata un numero 10 volte maggiore rispetto alla media nazionale.

L'agente contaminante è la Fluoro-edenite, un minerale fibroso di colore giallo intenso composto da fibre molto sottili (in alcuni casi di 1 micron di diametro) e relativamente lunghe (fino a 50-80 micron).

Esso è stato rilevato in centinaia di analisi, di carotaggi del suolo e migliaia di monitoraggi dell'aerodisperso, per valutare l'estensione della contaminazione e determinare i valori di concentrazione di dette fibre nell'aria. Anche nell'acqua ne è stata accertata la presenza, ma con concentrazione al di sotto della soglia di rischio.

Le analisi effettuate hanno dimostrato che un'elevata quantità di campioni prelevati, erano in alcuni casi superiori ai limiti consentiti.

Dal 2001, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) avvalendosi del supporto tecnico-scientifico degli Enti Scientifici Nazionali, tra cui l'INAIL DIPIA, gestisce le procedure per la messa in sicurezza di emergenza e di bonifica.

La fase di messa in sicurezza, attualmente in corso nella città di Biancavilla, riguarda principalmente opere che possano ridurre la dispersione di fibre e la relativa contaminazione dell'area soggetta a rischio.

Tali operazioni sono iniziate con l'asfaltatura delle strade cittadine, previa realizzazione della rete elettrica e fognaria conclusa nel 2010, e sono proseguite nel 2011 con le seguenti attività:

- regimazione delle acque meteoriche e copertura dei cumuli di materiale contaminato già estratto con uno strato di terreno di riporto, derivante dall'attività di MISE presente all'interno dell'area di cava;
- copertura giornaliera del materiale contaminato nella discarica realizzata all'interno dell'area di cava con uno strato di terreno di riporto;
- applicazione di malta cementizia fibrorinforzata (spritz-beton) per il consolidamento del parete rocciosa all'interno dell'area di cava;

- rimozione di intonaci ed applicazione di incapsulanti in edifici pubblici con elevata presenza di soggetti a rischio, quali :
  - l'area perimetrale del cimitero comunale;
  - una scuola materna;
  - il centro sportivo;
  - il centro congressi di proprietà comunale.

Nel lavoro vengono presentati i risultati delle analisi dei monitoraggi delle sopra descritte fasi di MISE, la valutazione del rischio di esposizione per la popolazione con gli strumenti Geographic Information System (GIS) e la verifica dell'efficacia dei mezzi di abbattimento delle polveri durante le attività operative.

### **Materiali e metodi**

Dall'anno 2000 al 2012 nel sito, sono stati individuati 260 punti di campionamento ambientale e sono stati effettuati più di 1900 prelievi di aerodisperso per il monitoraggio ambientale e personale. Detti prelievi sono stati eseguiti dall'INAIL- DIPIA, dall'Università di Catania, dall' Arpa Sicilia, dai Laboratori privati per conto del Comune e della Ferrovia Circum-Etna.

I dati acquisiti sono stati archiviati e gestiti dall'INAIL- DIPIA grazie ad un SIT appositamente dedicato e riguardano:

- data di campionamento;
- luogo di campionamento;
- volume prelevato;
- condizioni meteorologiche;
- metodologia di analisi;
- valore della concentrazione espressa in f/l riscontrata;
- limiti fiduciari inferiore e superiore;
- metodologie analitiche (SEM o MOCF).

I campioni sono stati prelevati, sia per il monitoraggio personale che per quello ambientale (indoor e outdoor), seguendo le modalità riportate nelle Linee Guida scritte dall'INAIL-DIPIA per i Siti da bonificare di Interesse Nazionale.

Lo strumento indispensabile per la gestione di una mole di dati così rilevante relativa ai numerosi monitoraggi, risulta essere una banca dati informatizzata associata ad un SIT. La banca dati permette la raccolta, l'organizzazione, la gestione, l'aggiornamento e la facile consultazione dei medesimi, mentre il SIT consente il loro inserimento nel contesto territoriale, ossia su base geografica.

Detto SIT, può essere interrogato tramite query, consentendo di descrivere l'evoluzione temporale dei fenomeni di inquinamento/disinquinamento e di evidenziare le situazioni a rischio.

Le peculiarità del SIT sono la strutturazione topologica dei dati (gestione delle informazioni sulle mutue relazioni spaziali degli elementi), la possibilità di effettuare un'analisi sugli attributi e la possibilità di elaborare i dati geografici attraverso algoritmi matematici. Gli algoritmi consentono di combinare i diversi livelli informativi mediante operatori semplici, come l'*overlay* o complessi come il *buffering* che permettono di creare nuovi livelli informativi associando i dati in modo da identificare relazioni, altrimenti non facilmente visibili.

Il software utilizzato per la gestione della banca dati cartografica è ArcGis 10 della Esri, mentre per la banca dati alfanumerica è stato utilizzato il software Access della Microsoft.

Nello specifico caso del Comune di Biancavilla sono stati raccolti in un apposito database i risultati dei campionamenti; sono state costruite apposite tabelle tra loro relazionate; create due maschere specifiche, una per l'archiviazione dei campionamenti ambientali (Fig. 1), l'altra per i campionamenti personali (Fig. 2), per facilitare il data entry.

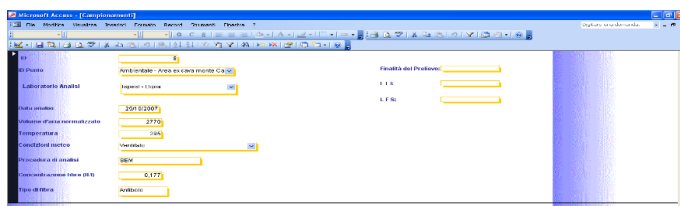


Figura 1. Maschera delle informazioni dei campionamenti ambientali.

Si riporta, per completezza di informazione, che nel database sono stati memorizzati 380 records relativi a 37 soggetti sottoposti a monitoraggio personale nel periodo 2008-2010, arco temporale nel quale sono state standardizzate le misure.

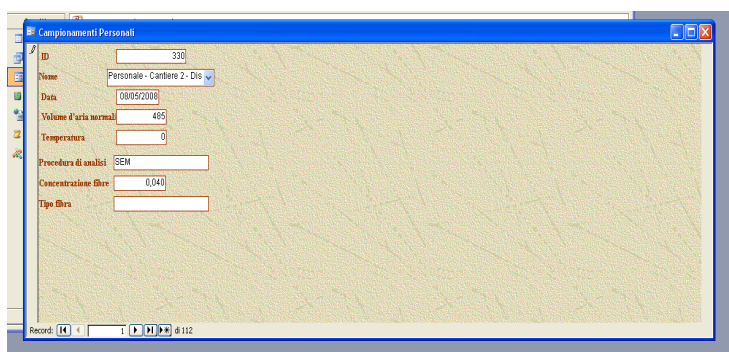


Figura 2. Maschera delle informazioni dei campionamenti personali.

Nel SIT sono stati inseriti inoltre shapefiles georiferiti con i seguenti layers vettoriali:

- punti di prelievo;
- reticolo comunale;
- reticolo provinciale;
- reticolo regionale;
- reticolo stradale e ferroviario ricavato dal grafo Teletlas;
- mappa della densità di popolazione ottenuta con i dati Istat del censimento della popolazione (2001);
- recettori sensibili (scuole, ospedale, etc.).

Sono inoltre contenuti layers georiferiti in formato raster quali:

- immagini satellitari IKONOS ad alta risoluzione;
- ortofoto.

Per essere inseriti nel SIT, i layers sono state georeferenziati nel sistema di riferimento cartografico WGS84 UTM 32.

Il sistema consente, di interrogare il data base alfanumerico e di visualizzare i valori analitici ottenuti dai campionamenti sulla mappa rendendo graficamente visibili i vari livelli di esposizione.

In figura 3, si riportano i punti in cui sono stati effettuati i campionamenti ambientali.

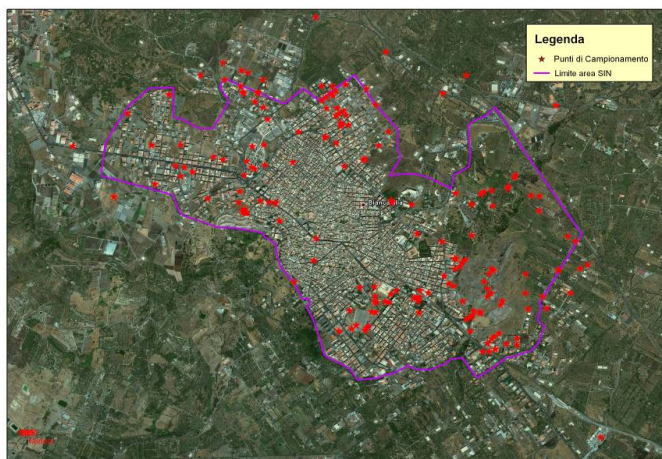


Figura 3. Localizzazione dei punti di campionamento ambientale nel SIT di Biancavilla.

### Discussione

Dal SIT sono stati estratti ed elaborati i dati analitici relativi ai monitoraggi ambientali sia all'interno che all'esterno del perimetro dell'area del SIN, prodotti dal 2010 fino al mese di Marzo 2012 nella città di Biancavilla. Inoltre, si sono analizzati i risultati dei monitoraggi effettuati nelle fasi *pre-operam*, *in-operam*, *post-operam* dei lavori eseguiti nelle aree di cantiere. (Fig. 4).



Figura 4. Aree di intervento per la Messa in Sicurezza di Emergenza.

Per quanto riguarda i campionamenti ambientali sono stati analizzati i dati dei monitoraggi in cui è stato superato il valore limite di esposizione stabilito dalle Linee Guida per i SIN pari a 1 f/l in ambiente cittadino, come indicato dal documento Air Quality Guidelines for Europe (WHO, 2000). Dall'elaborazione dei dati e dalla loro restituzione grafica (Fig. 5), risultano 26 superamenti nel periodo compreso tra Marzo 2010 - 2012.



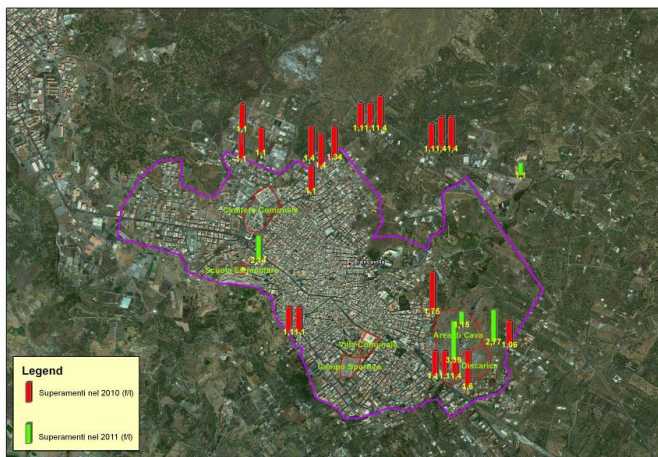


Figura 5. Mappa dei superamenti nel biennio 2010-2011 nel Comune di Biancavilla.

In particolare, nel 2010 si evidenziano 21 superamenti del Threshold Limit Value (TLV) nel periodo primavera/estate, caratterizzati da concentrazioni di fibre inferiori a 2 f/l. Nel 2011, invece, sono stati registrati nello stesso periodo (primavera/estate) 5 superamenti con valori che superano le 3 f/l.

Da quanto sopra esposto si evidenzia un costante incremento del rischio nel periodo secco. Ciò è conforme ai dati meteorologici accertati che evidenziano nelle stagioni più calde condizioni tali da facilitare l'aerodispersione di fibre (elevata ventosità e clima asciutto).

In entrambe le annualità una parte consistente dei superamenti sono stati registrati nell'area nord del sito, all'esterno dell'area perimetrata del SIN, poiché in tale area non tutte le strade erano state asfaltate.

Un'ulteriore elaborazione dei dati, ha riguardato l'analisi dei risultati dei monitoraggi e le fasi operative dei lavori di MISE.

In tabella 1 sono riportati i valori percentuali calcolati sul numero totale delle analisi ambientali svolte nelle aree di intervento nelle tre fasi operative (2010-2011).

Fase	Analisi Ambientali Svolte (%)
<i>Ante-Operam</i>	17
<i>In-Operam</i>	52
<i>Post-Operam</i>	31

Tabella 1. Percentuale di analisi ambientali svolte

Le analisi ambientali svolte in fase *Ante-Operam* hanno lo scopo di verificare lo stato di contaminazione del sito e di stabilire il valore di fondo ambientale. Le analisi effettuate *In-Operam*, invece, hanno la funzione di verificare la sicurezza ambientale nel corso di MISE. Infine, nel *Post-Operam*, le analisi ambientali vengono effettuate per controllare che alla fine dei lavori non ci sia il superamento dei valori registrati in fase *Ante-Operam* e del valore limite stabilito per i SIN. Appare evidente come il valore percentuale *In-Operam* è di gran lunga superiore a quello delle altre due fasi. Questo è dovuto al maggior rischio di dispersione delle fibre a causa dell'attività lavorativa. Nel grafico di Fig.6 sono rappresentate le concentrazioni superiori a 0 f/l su ventuno analisi condotte rilevate prima di iniziare le attività di cantiere nelle aree da sottoporre ad intervento; in tali aree il livello di concentrazione delle fibre considerato valore di fondo è compreso tra 0 e 0.5 f/l.

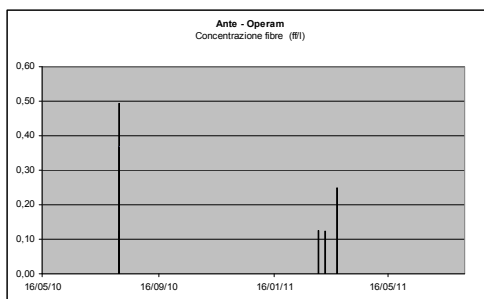


Figura 6. Grafico delle concentrazioni Ante-operam.

Durante l'esecuzione dei lavori, su settanta analisi condotte si sono avuti superamenti del valore limite stabilito per i SIN pari a 1 f/l con valori anche maggiori di 3 f/l (Fig.7). Tali concentrazioni sono dovute alla rimozione di suolo e di cumuli di materiale estratto contaminato da Fluoro-edenite ancora presenti nella cava, nonostante fossero attivate procedure atte al contenimento della diffusione delle polveri (nebulizzazione, fog cannon, etc.).

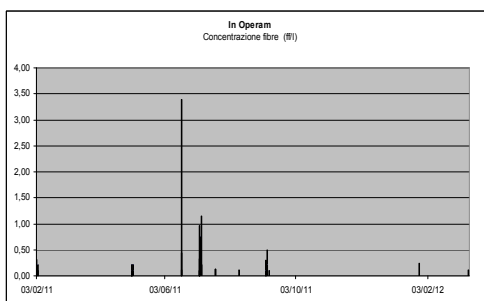


Figura 7. Grafico delle concentrazioni In-operam.

I valori riscontrati nella fase *Post-Operam* su quaranta analisi effettuate risultano essere al di sotto del limite di riferimento nella maggior parte delle aree di cantiere. Fanno eccezione i superamenti rilevati nell'area di cava, dove a causa delle attività collaterali ancora presenti nel cantiere e nella discarica (attività di ricopertura con suolo inerte del terreno contaminato, spriz-beton delle superfici acclivi, etc.), vi è ancora una consistente dispersione di polveri (Fig. 8).

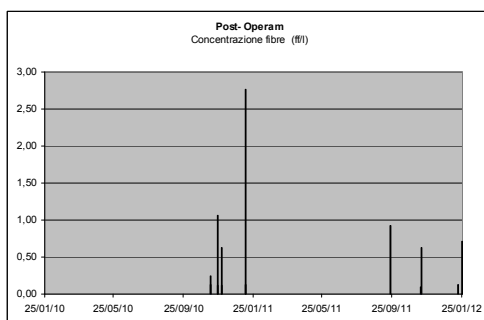


Figura 8. Grafico delle concentrazioni Post-operam.

Dall'analisi di tutti i risultati dei campionamenti ambientali eseguiti nel comune di Biancavilla dal 2000 al 2011 si evince una riduzione repentina di concentrazione di fibre nei primi anni (blocco dell'attività di estrazione nella cava e asfaltatura delle strade) e successivamente stabilizzazione sia pure con qualche eccezione in casi particolari (scavi per opere pubbliche, rete idrica e fognaria). Negli ultimi anni, come evidenziato in figura 9, si è riscontrato un significativo incremento delle concentrazioni in alcuni casi dei lavori di MISE. Tali incrementi, non sono stati rilevati solo nell'area di cava, ove gli interventi di movimentazione di materiale contaminato erano più significativi, ma hanno avuto ripercussioni nell'intero areale cittadino. Ciò in considerazione delle condizioni climatiche favorevoli all'aerodispersione delle fibre ed al loro trasporto anche a grandi distanze.

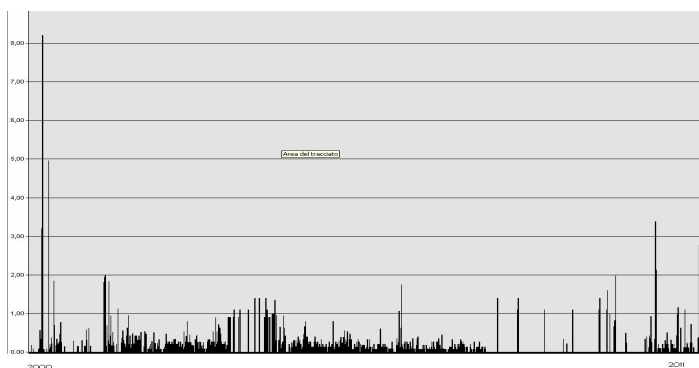


Figura 9. Risultati dei campionamenti eseguiti nel Comune di Biancavilla (2000 – 2011).

## Conclusioni

La sperimentazione in campo ha permesso di illustrare i vantaggi dell'utilizzo della tecnologia GIS quale valido strumento per la corretta catalogazione di numerosi dati e l'evidenziazione delle situazioni di maggior pericolo ambientale a supporto delle decisioni precauzionali da adottare.

Ha permesso altresì, una facile consultazione dei dati da parte delle autorità preposte alla tutela dei lavoratori e della popolazione esposta, grazie a procedure di implementazione e di analisi automatizzata.

Il sistema informativo territoriale appositamente realizzato per il Comune di Biancavilla, può essere quindi considerato un valido sistema di riferimento per il controllo e verifica degli interventi di risanamento di territori contaminati.

I risultati ottenuti hanno evidenziato inoltre:

- una contaminazione delle matrici ambientali non più corrispondente perimetrazione del SIN pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 231 del 2 Ottobre 2002 in quanto la contaminazione si estende anche nelle aree urbane localizzate a nord del centro cittadino;
- il superamento in alcuni casi dei limiti imposti nei SIN è dovuto a condizioni meteo climatiche favorevoli all'aerodispersione e al trasporto delle fibre congiuntamente ad insufficienti sistemi di abbattimento polveri adottati dalle ditte durante le attività di cantiere;
- la necessità di migliorare la classificazione delle diverse fasi operative di cantiere considerando la fase post-operam quella in assenza di attività lavorativa.



### **Bibliografia**

- S. Bellagamba, F. Paglietti, V. Di Molfetta, F. Damiani & P. De Simone "GIS for data management of environmental surveys, carried out in Biancavilla (CT) superfund experience." *Wessex Institute Of Technology 19th International Conference on Air Pollution 2011* 19-21 September 2011
- F. Paglietti, V. Di Molfetta, S. Malinconico, M. Giangrasso, S. Bellagamba, F. Damiani. Italian Asbestos Mapping. *World Asbestos Conference* October 1-3 2009.
- F. Paglietti, S. Bellagamba, S. Malinconico, V. Di Molfetta, P. De Simone, M. Giangrasso "Asbestos presence on the Italian National Territory: Progress Report on Mapping and Remediation Activity" *ASTM Johnson Conference: Critical Issues in Monitoring Asbestos*, (Vermont, USA), 2008
- F. Paglietti, S. Malinconico, F. Damiani, P. De Simone - "Natural Asbestos Contamination: Biancavilla's Case" - *ASTM 2008 Johnson Conference: Critical Issues in Monitoring Asbestos*, (Vermont, USA)
- F. Paglietti, S. Malinconico, F. Damiani, P. De Simone "Natural Asbestos Contamination: Biancavilla's Case" - *ASTM 2008 Johnson Conference: Critical Issues in Monitoring Asbestos*, (Vermont, USA)
- Soffritti M, Minardi F, Bua L, Degli Esposti D, Belpoggi F - "First experimental evidence of peritoneal and pleural mesotheliomas induced by fluoro-edenite fibres present in Etnean volcanic material from Biancavilla (Sicily, Italy)". *Eur J Oncol* 2004 , 9:169-175.
- Gianfagna A., Oberti R., "Fluoro-edenite from Biancavilla (Catania, Sicily, Italy): crystal chemistry of a new amphibole end-member", (2001). *American Mineralogist*. vol. 86, pp. 1489-1493..