

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI

“FEDERICO II”



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA IN

**METODOLOGIE DI CARATTERIZZAZIONE DEI SITI
CONTAMINATI**

Relatore:

Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi

Candidata:

Barbara Villani matr.324/228

Anno Accademico 2013 / 2014

ABSTRACT

La presente tesi ha ad oggetto le metodologie di caratterizzazione dei siti contaminati, dove per caratterizzazione dei siti contaminati s'intende l'insieme delle attività che permettono di ricostruire i fenomeni di contaminazione a carico delle matrici ambientali, in modo da ottenere le informazioni di base su cui prendere decisioni realizzabili e sostenibili per la messa in sicurezza e/o bonifica del sito.

Con il termine "sito contaminato" ci si riferisce a tutte quelle aree nelle quali, in seguito ad attività umane svolte o in corso, è stata accertata un'alterazione delle caratteristiche qualitative dei terreni, delle acque superficiali e sotterranee, le cui concentrazioni superano quelle imposte dalla normativa. La contaminazione delle matrici ambientali (suolo, acque sotterranee e superficiali) è generalmente determinata da eventi verificatisi in aree industriali attive o dismesse o a seguito di sversamenti incidentali in ambiente nonché come conseguenza di smaltimenti abusivi di rifiuti o di una non corretta gestione degli stessi. Attualmente, la caratterizzazione ed il recupero di aree contaminate costituiscono uno dei settori di attività di tutela ambientale di maggiore interesse.

Infatti l'Italia vede la presenza di una molteplicità sia di siti locali che, anche se in genere meno rilevanti, concorrono a determinare una compromissione delle matrici ambientali, sia a livello nazionale.

I Siti d'Interesse Nazionale, sono aree definite in relazione alle caratteristiche del sito, alla concentrazione e alla pericolosità degli inquinanti. Con il decreto 2013 del MATTM sono stati trasferiti 18 dei 57 siti classificati come SIN, oggi, pertanto il numero complessivo è pari a 39.

Il principale riferimento normativo si è avuto con il D.Lgs. 471/1999 in cui vengono finalmente fissati i criteri, le procedure e le modalità per la gestione dei siti contaminati, e si viene quindi a colmare quel vuoto legislativo che si era venuto a creare dopo l'emanazione del Decreto Ronchi, derivante dalla mancanza di quei limiti di riferimento in assenza dei quali non era possibile stabilire quali siti fossero effettivamente inquinati e far scattare pertanto le procedure previste dall'art. 17 del D.Lgs. 22/97.

Attualmente l'intera materia, già normata con il DM 471/99, si ritrova nel **D.Lgs. 152/2006** "Norme in materia ambientale", più precisamente nella **Parte Quarta** "Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati". La parte di interesse costituisce il **Titolo V**.

Un aggiornamento si è avuto con il **D.Lgs. 4/2008** "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 152/06, recante norme in materia ambientale". Definisce e determina le procedure per **VIA e VAS**.

L'iter tecnico-amministrativo per la valutazione dei fenomeni di contaminazione di un sito "potenzialmente" inquinato ha il suo inizio con la redazione del "Piano di Caratterizzazione", se

l'indagine preliminare accerti l'avvenuto superamento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione, anche per un solo parametro oggetto dell'inquinamento.

Lo scopo del Piano di Caratterizzazione è quello di definire l'assetto geologico e idrogeologico, verificare la presenza o meno di contaminazione nei suoli e nelle acque e sviluppare un modello concettuale del sito.

In generale il Piano si articola nelle sezioni:

1. **raccolta e sistematizzazione dei dati esistenti**- in cui sono organizzati i dati raccolti sia sulla base d'informazioni bibliografiche, sia di ricerche sul sito, sia d'interviste con i tecnici e più in generale con le persone coinvolte nella gestione

2. **caratterizzazione del sito e formulazione preliminare del modello concettuale**- questa sezione descrive l'assetto fisico dell'area, definendo un modello concettuale finalizzato a definire i principali rapporti tra le fonti inquinanti (sorgenti), le possibili vie di trasporto e migrazione e i possibili bersagli esposti all' inquinamento.

3. **piano di investigazione iniziale** – (indagini, campionamento, ed analisi) questa fase è fondamentale in quanto permette di inquadrare da un punto di vista quali-quantitativo l'eventuale contaminazione conducendo analisi del suolo, sottosuolo, acque sotterranee e superficiali e delle componenti ambientali che possono essere state interessate dalla migrazione delle sostanze presenti nella sorgente di contaminazione.

In particolare, il campionamento e le successive analisi chimiche di terreni e acque sotterranee rivestono un ruolo fondamentale per la caratterizzazione di un sito.

L'indagine ambientale sul suolo e sottosuolo è mirata alla conoscenza diretta del loro stato qualitativo tramite l'analisi chimica di campioni appositamente raccolti. Le scelte che sarà necessario fare sulla base delle conoscenze del sito da indagare riguardano essenzialmente:

- composti da ricercare: sono tutti quelli correlati alla fonte di contaminazione ipotizzata o accertata nelle diverse matrici;
- i punti di campionamento: la distribuzione preliminare di tali punti può avvenire in modo casuale, sistematico o a griglia, sistematico-casuale, stratificato;
- la profondità di campionamento: la contaminazione può variare notevolmente in funzione della profondità;
- il metodo di scavo/perforazione.

Il campione deve rappresentare la matrice da cui proviene in modo tale da poter offrire, mediante l'analisi chimica, un quadro esaustivo dello stato qualitativo di quest'ultima.

Il campionamento dei gas del suolo (*soil gas survey*) è utilizzato generalmente come metodo preliminare per la mappatura della contaminazione (non ci sono limiti normativi per i gas

interstiziali) . Questo tipo di analisi può essere di ausilio nella definizione preliminare di aree ad elevata concentrazione di sostanze volatili.

L'applicabilità di questi metodi viene determinata dalla volatilità dei composti, dalla presenza di acqua nel suolo (grado di saturazione <80%), permeabilità del suolo.

I metodi di indagine nel caso di acque sotterranee consistono principalmente in rilievi piezometrici, prove idrauliche e prove di portata da pozzi. Il campionamento delle acque sotterranee deve fornire informazioni sullo stato di contaminazione delle falde acquifere in relazione alla qualità delle stesse immediatamente a monte, all' interno e a valle del sito.

L'uso di piezometri consente di ricostruire la superficie piezometrica della falda, ossia la superficie lungo la quale la pressione dell'acqua è pari a quella atmosferica. Inoltre, i piezometri, offrono la possibilità di effettuare misure e rilevazioni dirette della falda e di prelevare campioni d'acqua a diverse profondità. Vengono detti completi o incompleti a seconda che intercettano o meno una porzione dell'acquifero. L'esigenza di avere un piezometro completo o incompleto è strettamente legato al tipo di contaminanti. I piezometri dovranno essere realizzati in materiali compatibili con gli inquinanti presenti nel sito e dovranno essere installati in numero sufficiente a caratterizzare gli acquiferi indagati.

Prima di prelevare un campione di acqua è necessario assicurarsi che esso rappresenti effettivamente la falda nell'intorno del piezometro.

Infatti, ogni operazione di campionamento è preceduta da una corretta fase di spurgo, che ha come scopo quello di migliorare le caratteristiche fisiche dell'acquifero nell'intorno del piezometro eliminando il volume d'acqua che staziona all'interno dello stesso, in quanto sottoposto ad equilibri chimici e fisici differenti da quelli presenti nell'acqua della falda. Tale eliminazione consente quindi il prelievo di un campione rappresentativo di acqua di falda.

La strategia di campionamento delle acque superficiali, invece, è funzione di numerosi aspetti quali gli obiettivi della campagna, la conformazione fisica del corpo idrico in esame, la disponibilità di risorse economiche e di tempo. E' necessario predisporre un campionamento che tenga conto delle possibili "stratificazioni", verticali e/o orizzontali, cui il corpo idrico può essere soggetto.

I sedimenti, derivati dalla disgregazione delle rocce, depositati sul fondo dei corsi d'acqua dei laghi e del mare possono essere un deposito di contaminanti in forma adsorbita o precipitata.

Laghi e bacini artificiali sono solitamente caratterizzati da una stratificazione verticale legata a variazioni della densità dell'acqua che si registrano in presenza di gradienti di temperatura e salinità. Alle diverse masse d'acqua lungo la colonna corrispondono differenti caratteristiche chimico-fisiche e biologiche. I campioni saranno prelevati in corrispondenza dei punti di presa per l'utilizzo delle acque o dei maggiori immissari del lago. Normalmente in un fiume la scelta del

punto di campionamento è strettamente vincolata all'obiettivo prefissato ed anche agli aspetti logistici e di accessibilità. Le tecniche di prelievo e di conservazione del campione fino al conferimento nei laboratori per le analisi devono garantirne la rappresentatività e l'integrità.

Per il prelievo dei campioni di acqua di superficie è sufficiente immergere il contenitore appena al di sotto della superficie dell'acqua.

Per quanto riguarda i sedimenti depositati sul fondo dei corsi d'acqua, dei laghi e del mare che possono essere un deposito di contaminanti in forma adsorbita o precipitata, il campionamento può avvenire sia con benna o con box corer.

Il prodotto finale del Piano di caratterizzazione è il modello concettuale definitivo, indispensabile punto di partenza per la progettazione degli interventi di risanamento, il cui obiettivo è di raccogliere tutti gli elementi che servono a definire l'estensione dell'area da bonificare, i volumi di suolo contaminato, le caratteristiche rilevanti dell'ambiente naturale e costruito, il grado d'inquinamento delle diverse matrici ambientali, le vie d'esposizione e le caratteristiche della popolazione su cui possono manifestarsi gli effetti dell'inquinamento.

Un esempio di sito contaminato nella nostra Regione è quello di Bagnoli-Coroglio, collocato nel contesto dei Campi Flegrei, istituito dalla legge n.388 del 23/12/2000, e perimetrato con Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) del 31 agosto 2001. Successivamente all'istituzione, furono effettuate, in molte aree, indagini di caratterizzazione dei terreni e delle acque di falda. Le indagini furono particolarmente intense nell'area ex ILVA-ETERNIT, mentre in altre aree, sia ex industriali (CEMENTIR, Città della Scienza) che esterne, fu condotta un'unica campagna di caratterizzazione. Nell'esecuzione delle indagini non sempre furono adottate le stesse modalità operative, anche, ma non solo, per effetto degli intervenuti cambiamenti, *in corso d'opera*, delle disposizioni normative vigenti. Inoltre, differenze significative tra le diverse indagini che furono eseguite riguardano: le profondità alle quali furono estesi i sondaggi (per la raccolta dei terreni) ed i piezometri (per il prelievo dell'acqua); le quote alle quali fu operato il campionamento; i parametri misurati, che non sempre furono gli stessi; i limiti di rilevabilità degli strumenti utilizzati per le determinazioni analitiche.

Nonostante tali differenze, la messe di dati complessivamente acquisiti, costituisce un patrimonio ponderoso di informazioni, idoneo a valutare la congruità degli attuali confini del sito in relazione al suo stato di contaminazione, considerando, in particolare, che esso comprende amplissime zone esterne alle aree in passato sede di importanti insediamenti industriali e da queste stesse spesso anche molto lontane. Infatti, l'esame comparato di tutti i dati disponibili può essere di ausilio a fare chiarezza sulle azioni antropiche che hanno provocato fenomeni di inquinamento e sulle zone ove tali azioni fanno risentire i propri effetti, consentendo, quindi, di individuare le aree ove la presenza

di situazioni di contaminazione diffusa può essere attendibilmente esclusa, separandole sia da quelle in cui la contaminazione di origine antropica è conclamata che da quelle ove sarebbe necessario condurre ulteriori indagini. Le informazioni prese in esame nonché i dati e le relative elaborazioni presentati, permettono di ritenere che nelle *aree esterne* a quelle *ex industriali* il grado di contaminazione globale sia di gran lunga più contenuto rispetto a quello riscontrato nelle stesse *aree ex industriali* precedentemente all'avvio degli interventi di bonifica e di messa in sicurezza. Più precisamente, per i terreni di ampie zone di tali *aree esterne* i superamenti delle *CSC* fissate dal D.Lgs. 152/2006 sono dovuti solo ai metalli, i cui tenori, tuttavia, sono molto spesso inferiori ai *VFNt* stabiliti per le *aree ex industriali* da parte del *MATTM*. Contrariamente, nelle *aree ex industriali* si denotano superamenti sia di metalli che di composti organici. D'altra parte, la tesi dell'origine naturale di gran parte dei metalli è sostenuta anche nei rapporti conclusivi delle campagne di indagini eseguite. Per di più, la presenza in misura significativa di composti organici nelle *aree esterne* è stata osservata quasi esclusivamente negli *Ambiti Coroglio* (soprattutto) e *Bagnoli*, in sondaggi o piezometri ubicati nelle immediate vicinanze delle *aree industriali ex ILVA-ETERNIT* e di *Città della Scienza* ovvero di *aree militari* o di servizio di Società operanti nel campo dei trasporti pubblici (Ferrovie, ANM). Ulteriori superamenti dei limiti normativi, contenuti in termini sia di concentrazione che, soprattutto, di numero di parametri, sono stati rilevati in zone residenziali, senza ravvisare, tuttavia, alcuna continuità areale, per cui possono essere attribuiti a situazioni puntuali e circoscritte, non desuete in ambiti urbanizzati.

In conclusione, possiamo affermare che se da un lato le indagini di caratterizzazione di un sito devono avere come prerogativa la definizione qualitativa e quantitativa dell'eventuale contaminazione con minore approssimazione possibile, dall'altro la progettazione del Piano di caratterizzazione non può prescindere dal considerare i costi connessi alla sua realizzazione. Questo implica che lo sforzo del progettista e degli enti preposti all'approvazione del Piano si debba indirizzare alla progettazione delle indagini in modo tale da avere il maggior numero d'informazioni possibili sull'assetto geologico e idrogeologico del sito e sull'eventuale contaminazione a costi ragionevoli.