

## **PIANO GENERALE DI INDAGINE E MONITORAGGIO DEI SUOLI E DELLE FALDE DELL'AREA DI PORTO MARGHERA**

Oggetto del presente Piano è la definizione di dettaglio dello stato qualitativo ambientale dell'area di Porto Marghera, interessata dall'accordo, al fine di poter programmare, progettare e realizzare tutti gli interventi necessari a contenere il movimento e la diffusione degli inquinanti e/o ridurne la presenza a valori che non determinano rischi per la salute umana e per l'ambiente.

Restano fermi gli obblighi comunque derivanti ai soggetti privati e pubblici a norma dell'art. 17 del D.Lgs. 22/97 e sue successive modifiche ed integrazioni ed in particolare la certificazione ambientale dei singoli siti che deve essere predisposta sulla base dell'allegato modello.

Per il raggiungimento degli obiettivi indicati, le attività operative ed i processi decisionali relativi all'ambito territoriale di Porto Marghera dovranno seguire un approccio basato su fasi conseguenti di lavoro, così schematizzabili:

- a) pianificazione ed esecuzione di studi preliminari
- b) definizione, implementazione e gestione di un sistema informatizzato dedicato;
- c) pianificazione ed esecuzione di indagini di campo;
- d) pianificazione ed esecuzione di analisi di laboratorio;
- e) definizione e gestione di una rete di monitoraggio per le diverse componenti ambientali di interesse (acqua, terreni, biota, ecc.);
- f) elaborazione ed interpretazione dei dati e definizione dello stato di qualità dei siti;
- g) definizione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica necessari;
- h) progettazione e realizzazione degli interventi.

### a) Indagini preliminari

Tali indagini consistono nella raccolta di informazioni dettagliate e disponibili riguardanti l'area, ed hanno come obiettivo fondamentale il riconoscimento di una situazione potenziale di inquinamento mediante:

- identificazione di tutte le attività antropiche che hanno, o hanno avuto luogo nell'area; come potenziali fonti di inquinamento;
- identificazione delle vie di migrazione degli inquinanti dirette ed indirette;
- l'individuazione dei bersagli potenziali dell'inquinamento.

### Metodologia di lavoro

Le indagini relative alla fase preliminare di indagine dell'area in oggetto saranno realizzate mediante:

- a) raccolta ed analisi dei dati esistenti e disponibili relativi alle caratteristiche geografiche, territoriali, catastali, storico-evolutive ed ambientali dell'area in questione (cartografia geografica, topografica, catastale, morfologica, geologica, ambientale e tematica in genere, studi pregressi, bibliografia disponibile, ecc.);
- b) raccolta ed analisi delle fotografie aeree, o comunque di supporti fotografici realizzati per via remota (anche da satellite) eseguite sull'area;
- c) definizione del contesto litostratigrafico, idrogeologico ed idraulico dell'area;
- d) raccolta e valutazione delle informazioni relative alle attività antropiche svolte sull'area (tipo, e durata delle attività) e della loro evoluzione storica e territoriale;

- e) identificazione delle sostanze inquinanti connesse con le attività svolte e loro prevedibile localizzazione, come aree di lavorazione, stoccaggio, scarico.

Come attività immediatamente conseguente la raccolta dei dati pregressi, si dovrà procedere alla sovrapposizione cartografica di informazioni "omogenee", in modo da poter definire al meglio le successive fasi di indagine diretta.

In particolare, dopo l'uniformazione delle scale cartografiche, dovranno essere eseguite:

- sovrapposizione delle cartografie storiche disponibili relative alla struttura del tessuto urbano, residenziale ed industriale, finalizzata ad evidenziare le aree in cui l'utilizzo sia sempre ed esclusivamente stato a fini residenziali;
- sovrapposizione di cartografie tematiche relative all'idrologia superficiale, finalizzata ad evidenziare l'evoluzione della rete di canali dell'area lagunare, per cause antropiche o naturali;
- sovrapposizione di cartografie topografiche e/o geomorfologiche, finalizzate ad evidenziare aree di colmata o di scarico di materiali di diversa origine.

Per tale attività si dovranno utilizzare anche foto aeree o altri supporti cartografici o visivi.

Mediante la sovrapposizione delle informazioni cartografiche storiche sopra elencate, sarà possibile delineare delle sub-aree "omogenee" per cui definire ed eseguire le successive attività di indagine diretta.

## b) Sistema informativo dedicato

Contemporaneamente all'esecuzione delle indagini preliminari dovrà essere sviluppato:

- una Banca Dati informatizzata in cui riversare tutte le informazioni ed i dati raccolti o ricavati nell'area. Tale Banca Dati, di tipo numerico, dovrà consentire l'immagazzinamento, l'interrogazione e la visualizzazione delle informazioni, contenute in forma di schede, riguardanti ciascuna area o punto di indagine o di misura di pertinenza del sito e del suo immediato intorno, sia per quanto riguarda le caratteristiche fisiche (area, tipo di punto di indagine, caratteristiche realizzative, stratigrafia, ecc.) che chimiche (dati analitici dei terreni, delle acque, di misure e prove in campo eseguite). Naturalmente i dati analitici e le misure vanno riportate in modo da consentire l'inserimento e la rappresentazione di serie successive di dati (dal monitoraggio), in modo da permettere la visualizzazione dell'andamento temporale del caso.
- Tutti i punti riportati nella Banca Dati dovranno essere georeferenziati, al fine di permettere la realizzazione di un GIS dedicato al sito, con cui poter ricostruire in modo automatico carte tematiche di interesse (insediamenti produttivi e loro evoluzione storica, ubicazione dei punti di indagine, piezometrie, distribuzione ed andamento di inquinanti nei terreni e nelle acque, ecc.). Il sistema informativo geografico dovrà permettere l'interrogazione diretta della Banca Dati per singolo punto (scheda del punto) o per zone caratteristiche (mediante zoom) del sito in oggetto, e dovrà costituire la base del sistema di controllo degli interventi, in opera e post-opera. Per la costruzione del GIS si utilizzeranno le basi cartografiche esistenti ed ufficiali a scale adeguate per la successiva rappresentazione dei tematismi di interesse.
- A partire dalla Banca Dati e dal GIS si valuterà inoltre la necessità di sviluppare modelli matematici adeguati al caso, in grado di visualizzare i fenomeni in atto e simularne gli andamenti nel tempo, sia come progressione naturale del caso (situazione senza interventi) che per la definizione ed il controllo degli interventi di messa in sicurezza o bonifica previsti/realizzati nell'area. Tutti i modelli matematici utilizzati commerciali o sviluppati ad hoc, dovranno essere validati ed approvati da organismi ed Enti riconosciuti (es. ANPA).

## c) Indagini di campo

Obiettivi fondamentali delle indagini di campo sono:

- la localizzazione, definizione e caratterizzazione delle sorgenti dell'inquinamento;
- la definizione dell'estensione e dei livelli dell'inquinamento nei ricettori ambientali (suolo, sedimenti, acque superficiali e sotterranee, aria);
- l'identificazione e la caratterizzazione delle possibili vie di migrazione degli inquinanti nonché i bersagli potenziali.

Ubicazione dei punti di indagine diretta

La griglia di indagine deve essere a maglia quadrata avente 100 m di lato. I punti di campionamento e/o misura, sono localizzati in corrispondenza dei nodi (ubicazione sistematica). In considerazione della possibile presenza di infrastrutture o ostacoli eventualmente presenti, è ammessa una tolleranza di 15-20 m nell'ubicazione di un punto di indagine, nell'intorno del punto definito dalla griglia, salvo situazioni particolari che saranno definite di volta in volta.

Una volta definite e tracciate secondo i criteri esposti la griglia di indagine, dovranno essere riportati su di essa mediante opportuna simbologia identificativa, tutti i punti di indagine già realizzati, a cui saranno associate, tramite la Banca dati del sistema informativo realizzato, tutte le informazioni di pertinenza, costruttive, fisiche e chimiche.

Tale attività è particolarmente importante, perché permetterà di definire le esigenze analitiche relative alle diverse matrici da analizzare. Infatti qualora in un nodo o punto predefinito di campionamento della griglia di indagine, sia già presente un punto in cui sono state eseguite indagini fisico-chimiche, si dovrà valutare la loro consistenza ed aderenza al protocollo analitico predefinito (lista delle sostanze da analizzare); in corrispondenza di tale punto andrà pertanto realizzato un sondaggio, il campionamento delle matrici interessate (terreni, acque o sedimenti), soltanto per integrare, dal punto di vista analitico, le sostanze che non siano state ricercate, ma che sono presenti nella lista predefinita.

Prelievo di terreni e di acque sotterranee

I metodi di campionamento possono essere suddivisi secondo le categorie di seguito elencate legate allo stato fisico del materiale da esaminare:

- 1) tecniche di prelievo di campioni di terreno e di materiali interrati;
- 2) tecniche di prelievo di campioni di acque sotterranee;
- 3) tecniche di prelievo di campioni di sostanze organiche volatili compresa aria interstiziale e particolato disperso in aria;

Le operazioni di indagine del sottosuolo dovranno essere sempre precedute da verifiche mirate all'accertamento dell'assenza di ordigni bellici inesplosi.

I metodi di perforazione relativi a ciascun punto di prelievo, possono essere:

- a carotaggio continuo (a rotazione con carotiere, ad elica, ecc.), anche mediante mezzi montati su pontoni galleggianti per quanto riguarda il prelievo di sedimenti;
- a distruzione di nucleo (in tal uso sono utilizzati per installare piezometri e non per campionare terreni);
- con mezzi manuali (martello roto-percussore, ecc.);

La scelta del tipo di perforazione deve essere guidata dalle necessità conoscitive richieste dal singolo caso tenendo conto del tipo di terreno da perforare nonché dalla necessità di conoscere con esattezza la litologia e la sua successione nel sottosuolo, di effettuare il prelievo di campioni

indisturbati o rimaneggiati di terreno o di sedimenti, considerando anche l'eventuale presenza di inquinanti volatili, dell'installazione di piezometri.

In ogni caso dovranno sempre essere adottati tutti gli accorgimenti necessari ad evitare fenomeni di "cross contamination" o contaminazione indotta (perforazione di fusti interrati, ecc.).

La profondità a cui si dovrà spingere il campionamento del suolo, rifiuti e materiali inerti dipende dalle caratteristiche degli acquiferi (tipologia, trasmissività, soggiacenza ...), dalle caratteristiche litologiche del sito e dai tipi di contaminanti. In ogni caso la profondità del prelievo deve permettere di ispezionare le acque del primo acquifero e di tutti gli altri acquiferi potenzialmente inquinati. In generale nell'area di Porto Marghera si ritiene che la contaminazione interessi fondamentalmente la prima falda presente nei primissimi metri di sottosuolo, tuttavia l'eventuale propagazione di inquinanti nelle falde sottostanti andrà verificata con alcuni punti di sondaggio e la ricostruzione di profili idrogeologici.

Ogni ditta incaricata della realizzazione dei sondaggi dovrà comunicare prima dell'inizio dei lavori il nominativo del Geologo responsabile della perforazione, che dovrà redigere i rapporti di campagna comprensivi di tutti i dati raccolti (litostratigrafie, piezometrie, parametri idrogeologici e geotecnici ...) secondo gli standards in uso specificati nell'allegato regolamento sulle modalità di esecuzione delle prove geognostiche ed idrogeologiche.

Il Geologo responsabile della perforazione dovrà garantire presenza costante durante tutte le fasi di esecuzione dei sondaggi. Gli Enti pubblici di controllo, al fine di garantire i necessari standards di qualità a questa fase del lavoro, che funge da base a tutte le successive fasi di indagine e di progetto, possono inoltre incaricare una Direzione Lavori Geologici esterna che funga da supervisione alle indagini geologiche di campo.

Successivamente alla fase di analisi di laboratorio, sulla base dei risultati da essa ottenuti, si dovrà valutare la necessità di richiedere ai titolari delle aree, ai sensi dell'art. 17 del D. Lgs. 22/97, l'esecuzione di indagini integrative finalizzate alla predisposizione di un progetto di bonifica o di messa in sicurezza.

Le indagini integrative si baseranno anche su prospezioni geofisiche (in particolare: metodo magnetometrico).

Per ciascun punto di sondaggio dovranno essere registrate almeno le seguenti informazioni:

- Denominazione (nome o numero del sondaggio)
- Localizzazione
- Data inizio e fine lavori
- Ditta di perforazione
- Tipo di impianto di perforazione
- Profondità
- Diametro utensile di perforazione
- Diametro piezometro
- Posizione e tipologia delle fessurazioni (filtri)
- Materiale di costruzione
- Isolamenti e drenaggi
- Quota del bocca pozzo, ricavata da apposita livellazione
- Proprietario
- Potenza e caratteristiche della pompa (se installata)
- Quote delle falde
- Campioni prelevati
- Percentuale recupero

- Stratigrafia e schema costruttivo del pozzo redatti e sottoscritti
- Osservazioni (difficoltà incontrate, stabilità perforo, deviazione perforo ...)

I punti di indagine diretta (sondaggi), possono essere completati a piezometro per l'acquifero considerato, per il campionamento e la misura delle acque sotterranee, in modo da caratterizzarle dal punto di vista chimico, fisico ed idraulico.

I piezometri, che devono essere costituiti da materiali compatibili con gli inquinanti presenti nel sito (devono cioè essere inerti, come l'HDPE in caso di sostanze organiche o il PVC per sostanze inorganiche), devono avere filtri di apertura adeguata in corrispondenza dell'acquifero da controllare della relativa granulometria.

Le bocche di pozzo dei piezometri verranno quotate e la piezometria della falda verrà periodicamente misurata.

In tal modo sarà possibile ricostruire il campo di moto della falda e verificare eventuali variazioni e/o inversioni stagionali della direzione di deflusso, definendo quindi le aree idrogeologicamente a monte e a valle dei siti contaminati.

Andranno inoltre verificati i rapporti di interconnessione tra le differenti falde, tra le falde e le acque superficiali e lagunari. A tale fine dovranno essere realizzati sondaggi, completi di piezometri, anche in laguna.

Alcuni dei piezometri realizzati verranno selezionati per la realizzazione di una rete di monitoraggio quantitativa e qualitativa delle acque sotterranee i cui criteri di progettazione idrogeologica sono illustrati dall'allegato regolamento sulle modalità di esecuzione delle prove geologiche ed idrogeologiche.

In alcuni punti di sondaggio dovranno essere determinati, mediante prove in sito ed in laboratorio, i parametri idrogeologici degli acquiferi. I parametri da definire, secondo le modalità dell'allegato regolamento, devono essere almeno:

T = Trasmissività ( $m^2/s$ )

k = permeabilità (m/s)

h = spessore dell'acquifero

s = coefficiente di immagazzinamento

v = velocità effettiva (m/s)

i = gradiente idraulico

$n_e$  = porosità efficace

Per i livelli impermeabili e semimpermeabili (acquiclide ed aquitards) verrà definito il valore di permeabilità e per i livelli semipermeabili il fattore di fuga.

Verranno inoltre eseguite prove per la determinazione dei parametri idrodispersivi.

Nel caso che, per la previsione dell'evoluzione dello stato di inquinamento delle falde o per la redazione di progetti di bonifica, vengano utilizzati modelli matematici idrogeologici, i parametri idrogeologici in essi contenuti dovranno essere ricavati da un congruo e documentato numero di prove sperimentali.

### Modalità di campionamento

La validità dei risultati analitici relativi ad un sito potenzialmente inquinato, e quindi la definizione del suo stato quali-quantitativo e gli interventi da adottare, dipendono in massima parte da un corretto campionamento, stoccaggio e trasporto dei campioni di terreno ed acque, così come è di

fondamentale importanza provvedere alla pulizia degli strumenti ed attrezzi utilizzati tra il prelievo di un campione e l'altro, ed anche utilizzare contenitori rigorosamente nuovi ed adatti.

La pulizia delle attrezzature deve essere eseguita con mezzi o solventi compatibili con i materiali e le sostanze di interesse, in modo da evitare fenomeni di contaminazione incrociata o perdita di rappresentatività dei campioni.

Campioni singoli o composti

Terreni

Dal materiale estratto da ogni posizione di sondaggio devono essere prelevati campioni relativi a profondità prestabilite (generalmente 1 per ogni metro di perforazione), oppure relativi a medie di determinati intervalli di profondità; qualora venga prelevato un campione medio di intervalli stratigrafici superiori ad 1 metro, deve, comunque, essere conservato, per eventuali successive analisi, un campione per ogni metro di profondità. Nel primo caso (1 campione per ogni metro di profondità), il campionamento permette di ricostruire l'andamento della concentrazione degli inquinanti lungo tutto il profilo del sottosuolo in esame. Nel secondo caso, invece, si possono ottenere indicazioni sul contenuto medio di inquinanti nella massa, riducendo i costi di analisi ma con il rischio di perdere eventuali picchi di concentrazione e/o di diluire il composto analizzato, producendo un falso negativo.

In ogni caso, i campionamenti dovrebbero riguardare tutti i singoli strati omogenei, non trascurando quelli evidentemente anomali.

Tuttavia, in alcune situazioni può essere utile prelevare nei primi metri di profondità campioni ogni 0,5 m ed il "top-soil" (primi 20-30 cm); ciò al fine di definire più puntualmente la stratigrafia della contaminazione.

Quando sono oggetto di studio le masse di materiali interrati (discariche), in particolare quando sia prevista la loro rimozione e smaltimento come rifiuto, può essere valido procedere al prelievo e all'analisi di un campione medio di tutto il materiale estratto da ogni posizione di sondaggio.

Un apposito campione dovrà essere prelevato nel caso in cui si debba provvedere alla classificazione granulometrica del terreno, raccogliendo, senza manipolazioni del campione, parte del campione medesimo, ottenuto con il metodo delle quartature come indicato da IRSA-CNR, quaderno 64 del gennaio '85. L'aliquota del campione da sottoporre ad analisi al fine di determinare il contenuto di inquinanti, dovrà essere confezionata scartando in campo, dopo quartatura, i ciottoli ed il materiale grossolano di diametro maggiore a circa 3 cm.

I campioni che dovranno essere analizzati per la determinazione di inquinanti volatili, dovranno invece essere confezionati raccogliendo nel minor tempo possibile dal centro della carota o dall'interno del cumulo una quantità di terreno sufficiente per l'analisi, preferendo la parte fine e scartando il più possibile i ciottoli e materiale grossolano; in tale fase può essere conveniente eseguire in campo la determinazione delle sostanze organiche volatili mediante l'utilizzo di strumenti da campo (fotoionizzatori e/o gas-cromatografi).

Acque sotterranee

Per quanto riguarda le acque sotterranee, una volta installati ed opportunamente spurgati i piezometri perforati (fino ad ottenimento di acqua chiara), o altri punti d'acqua presenti, il campionamento, che deve essere svolto dopo aver estratto dal punto di prelievo un adeguato volume d'acqua, può realizzarsi attraverso:



- prelievo diretto con contenitore da inviare al laboratorio, in vetro o PE, con controtappo e tappo a tenuta;
- campionatori tipo bailers, a galleggiante, in Teflon o PE o PVC, con cui riempire poi il contenitore idoneo;
- campionatori pneumatici anche di tipo selettivo;
- pompe a vuoto o pompe sommerse, a seconda della profondità di prelievo.

La scelta del metodo di campionamento dipende da fattori come la profondità di prelievo e il tipo di sostanze da analizzare, ma è molto importante considerare che in un sito si devono usare lo stesso metodo, gli stessi strumenti e gli stessi tipi di contenitori in modo da poter garantire la rappresentatività ed il confronto dei dati analitici.

Per quanto riguarda i contenitori, anche in questo caso devono essere rigorosamente nuovi e devono garantire la tenuta del sistema; i metodi di conservazione e di spedizione al laboratorio sono gli stessi già indicati per i terreni, ma nel caso delle acque si devono aggiungere alcune operazioni mirate a permettere la conservazione della qualità “chimica” del campione stesso.

### Gas interstiziali

Il prelievo dei gas interstiziali, qualora previsto, finalizzato alla valutazione della presenza e del contenuto in sostanze volatili, può essere eseguito con sistemi di tipo attivo oppure di tipo passivo. Nel primo caso dopo aver opportunamente perforato ed installato dei punti di prelievo, si esegue direttamente la misura del contenuto di sostanze volatili mediante strumenti analitici portatili come fotoionizzatori o gascromatografi o fiale colorimetriche. Nel secondo caso nel punto di misura viene installata una opportuna “trappola” che è permeabile ai gas, e non all'acqua, e che permette, dopo l'estrazione, l'analisi del contenuto in laboratorio.

### Preparazione del campione da inviare ad analisi

La formazione dei campioni deve avvenire al momento del campionamento del materiale (terreno e acque) in modo da impedire la perdita di rappresentatività chimica del campione stesso: a questo proposito, la pratica di riporre, per i terreni, il materiale estratto in cassette regolatrici e procedere successivamente alla formazione del campione è da ritenersi attuabile solo per la determinazione di quei parametri con caratteristiche di stabilità, avendo comunque cura di operare sulla parte interna del materiale campionato.

Nella formazione del campione di terreno da inviare all'analisi occorre tenere presente alcuni accorgimenti:

- identificare e scartare materiali estranei che possono alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.), indicandoli opportunamente nel rapporto di campionamento;
- suddividere il campione in più parti omogenee adottando metodi di quartatura riportati nella normativa;
- suddividere infine il campione nelle due frazioni granulometriche <80 mesh e >80 mesh.

Nel caso in cui si renda necessaria l'analisi di composti organici volatili, tali procedure vanno evitate ed il campione prelevato dalla carota, senza alcuna manipolazione, va posto in idonei contenitori a tenuta.

Per quanto riguarda i campioni di acqua al momento della raccolta del campione, il contenitore ed il contro tappo vengono sciacquati alcune volte (almeno tre) con il fluido da campionare. La quantità di acqua da campionare è dipendente dal numero e dal tipo di parametri da analizzare, e comunque

è sempre opportuno prelevare non meno di 2 litri di acqua, in due contenitori diversi da 1 l di capacità cadauno.

Qualora si dovessero effettuare analisi batteriologiche, i contenitori debbono essere sterilizzati; allo scopo sono utilizzati i contenitori per analisi delle urine, o appositi contenitori di plastica (buste), in entrambi i casi, quando il campione è prelevato da una tubazione, questa va sfiammata con fornello da campo. Nel caso di contenitori sterili l'operazione di lavaggio non va effettuata.

All'atto della raccolta del campione va posta molta cura nell'eliminare le eventuali bolle d'aria presenti, il contenitore deve essere riempito in modo tale che tra il pelo libero e il controtappo resti intrappolata la minore quantità d'aria possibile.

### Scelta del contenitore, trasporto e conservazione

La scelta del contenitore in cui riporre il campione va effettuata in funzione delle caratteristiche dell'inquinante. Nei casi di inquinanti organici sono da utilizzarsi contenitori in vetro, scuro per i campioni d'acqua, a chiusura ermetica; per i campioni destinati alla ricerca di metalli sono più indicati contenitori in polietilene. I contenitori dovrebbero essere completamente riempiti di campione, sigillati, etichettati ed inoltrati subito al laboratorio di analisi, insieme con le note di prelevamento.

Ciascun campione prelevato in campo, sia di terreno che di acqua, va mantenuto al fresco (circa 4°C) e possibilmente al buio, anche mediante l'utilizzo di contenitori frigoriferi portatili e trasferito al laboratorio di analisi entro 48/72 h ore dal prelievo. In particolare per quanto riguarda i campioni di acqua, vanno eseguite in campo alcune operazioni di pretrattamento e stabilizzazione mirate ad una loro corretta conservazione per il mantenimento della rappresentatività "chimica"; sarà in tal caso da eseguire l'aggiunta di sostanze conservanti, non in grado comunque di interferire nelle analisi.

### Attrezzature di campionamento

Di seguito sono fornite alcune indicazioni generali relative a sistemi ed attrezzature di campionamento:

- prelievo con trivelle a mano: è un sistema assai economico e valido per indagini preliminari sullo stato di contaminazione degli strati superficiali del suolo. Non può essere utilizzato per terreni ghiaiosi;
- scavi di trincee o di pozzetti di ispezione: vengono effettuati utilizzando gli escavatori meccanici, normalmente impiegati in edilizia e nelle opere di terra: questa tecnica presenta i vantaggi dell'elevata velocità di esecuzione e facile ripetibilità delle attrezzature, possibilità di valutare direttamente le anomalie presenti nella stratigrafia del suolo; mancanza di alterazione del materiale prelevato direttamente dal profilo portato a vista; economicità degli interventi; possibilità di estrazione dei materiali interrati, eventualmente già individuati con le indagini geofisiche. Per contro, l'uso di escavatori per il prelievo di campioni nel sottosuolo è distruttivo e pertanto non applicabile in tutti i casi. Inoltre, non possono essere raggiunte profondità superiore a 4-5 metri dal piano campagna, sempre nello strato insaturo;
- sondaggi meccanici: sono effettuati mediante sistemi semoventi o trasportati, dotati di organi che penetrano nel sottosuolo per rotazione, percussione, pressione, vibrazione. Il prelievo dei campioni è effettuato tramite strumenti di vario genere (tubo carotiere, aste elicoidali, ecc.), che consentono di operare su terreni di ogni granulometria, sia saturi sia insaturi. Fra i sistemi di sondaggio meccanico vi sono quelli che consentono di prelevare campioni in ogni condizione operativa, anche a profondità elevate ed in configurazione indisturbata o quasi. I carotaggi



debbono preferibilmente essere effettuati a secco, senza ricorrere all'ausilio di fluidi o fanghi. Durante la perforazione, in particolare quando debbano essere ricercati contaminanti volatili o termodegradabili, il terreno non deve subire surriscaldamento; pertanto, la velocità di rotazione deve essere sempre moderata, in modo da ridurre l'attrito tra suolo ed attrezzo campionatore, ovvero ricorrere a sistemi di percussione se non si opera in ambienti contraddistinti da apprezzabili valori di esplosività. Prima di ogni prelievo gli strumenti di carotaggio devono essere lavati con acqua o con vapore d'acqueo, per evitare contaminazioni indotte.

Nell'esecuzione dei campionamenti di terreno e di materiali interrati occorre adottare cautele al fine di non provocare la diffusione di inquinanti, a seguito di eventi accidentali quali la rottura di fusti interrati o di diaframmi impermeabili.

Occorre inoltre porre molta attenzione, in fase di sondaggio, nell'evitare di attraversare strati impermeabili sottostanti o livelli di terreno inquinato. Il foro che verrebbe a crearsi, metterebbe in comunicazione la zona contaminata superiore con quella pulita sottostante in caso di dilavamento con acque meteoriche.

### Campioni di bianco di riferimento

Sono campioni prelevati in aree non inquinate circostanti l'area contaminata ed aventi analoghe caratteristiche geologiche/pedologiche, idrogeologiche o idrologiche. Tali campioni servono per verificare se la concentrazione di un contaminante differisce rispetto a quelle naturalmente presenti nel sito. Nel caso di campionamento di suoli, la profondità ed il tipo di terreno da campionare dovrebbero corrispondere a quelli degli altri campioni raccolti. Il numero dei campioni varierà in funzione delle caratteristiche dell'area (densità abitativa, presenza di attività industriali e/o agricole, presenza di strade, autostrade, ecc.) nonché delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area (presenza di differenziazioni litologiche, presenza di faglie, ecc.), ma non dovrà comunque essere inferiore a n. 3 campioni, prelevati nell'intorno del sito in questione. Tali campioni di bianco di riferimento andranno anch'essi suddivisi nelle due frazioni granulometriche: <80 mesh e >80 mesh. Inoltre, come sugli altri campioni di suolo prelevati, anche sui campioni di bianco di riferimento dovranno essere effettuate analisi di eluibilità.

### Criteri necessari per il controllo della qualità delle operazioni di campionamento

Ai fini di garantire il controllo e la qualità delle operazioni di campionamento è opportuno predisporre una appropriata documentazione delle attività di campionamento che consenta la rintracciabilità dei campioni prelevati dal sito e inviati presso il laboratorio di analisi; tale documentazione deve includere anche le azioni di controllo delle attività svolte in campo ed in laboratorio.

Di seguito si riporta una sintesi dei punti che entreranno a far parte della documentazione:

- registro per la raccolta organizzata delle informazioni di campo (localizzazione del sito, tempistica delle operazioni svolte, scopo delle attività e quant'altro serve a descrivere univocamente le operazioni svolte);
- misure di sicurezza per gli operatori (rischio di contatto con gli inquinanti, rischio di ingestione accidentale, rischio da inalazione, rischi dovuti alle attrezzature utilizzate, rischio dovuto a radiazioni, ecc.) ed equipaggiamento di sicurezza necessario; decontaminazione dell'attrezzatura di campionamento (modalità e sostanze utilizzate); quantità del campione da raccogliere commisurata al numero ed alla tipologia dei parametri da determinare (e quindi delle metodologie analitiche da adottare); identificazione univoca dei campioni (data, ora e luogo di prelievo, denominazione del campione, profondità e temperatura di campionamento, analisi richiesta) e dati relativi ai contenitori (materiale, capacità, sistema di chiusura, grado di pulizia);

- modalità di conservazione, trasporto e movimentazione dei campioni;
- etichettatura dei campioni, tramite apposizione di cartellini con diciture annotate con penna ad inchiostro indelebile, da riportare sul verbale di campionamento, che potrà essere redatto in analogia con quanto previsto dalla normativa in materia di rifiuti;
- protocollo di campionamento ed analisi (descrizione delle procedure di campionamento e di analisi);
- modalità di presentazione ed archiviazione dei dati.

#### d) Analisi di laboratorio

Le analisi di campioni di suolo andranno condotte, in special modo per la ricerca dei microinquinanti metallici, sia sulla frazione di suolo di granulometria <80 mesh sia su quella a granulometria >80 mesh. E' inoltre sempre necessario effettuare, in special modo nel caso di contaminazione inorganica, un test atto a valutare il rilascio/disponibilità ambientale dei parametri d'interesse. Salve diverse disposizioni, si potrà utilizzare come soluzione estraente acqua deionizzata satura di CO<sub>2</sub>; il tempo di contatto solido/liquido non potrà essere inferiore alle 24 ore ed il rapporto liquido/solido dovrà essere compreso tra 5 e 10 in peso.

Nell'esecuzione: delle analisi dovranno essere comunque rispettate le seguenti prescrizioni:

- le analisi di laboratorio devono essere effettuate nel più breve tempo possibile dal momento del prelievo;
- deve essere redatta una relazione indicando, per ogni parametro analizzato, i metodi usati ed i relativi limiti di rilevabilità (i limiti di rilevabilità dovranno essere almeno 1 ordine di grandezza inferiori ai limiti tabellari);
- i metodi di analisi dovranno essere metodi ufficiali riconosciuti a livello internazionale;
- devono essere sempre effettuate analisi di controllo di campioni a concentrazione nota (campioni di riferimento standard) individuando le percentuali di recupero;
- i laboratori di analisi devono essere accreditati o avere la pratica di accreditamento in corso ai sensi delle norme UNI CEI 45001, per tutte le matrici da analizzare e per tutta la catena analitica (dal prelievo alla restituzione dei dati analitici);
- un numero di campioni pari ad almeno il 10% dei campioni analizzati dovrà essere validato in laboratori di riferimento.

Per ciascun punto di indagine dovranno essere analizzati i seguenti composti:

#### TERRENI

##### Analisi preliminari

Per qualsiasi tipologia di area:

- As, Cd, Hg, Pb, Cr tot, Cr [VI], Cu, Se, Zn, V
- Benzene
- Idrocarburi < C12
- Idrocarburi totali > C12
- Idrocarburi alogenati totali
- IPA totali

In aggiunta a tali determinazioni, secondo il tipo di produzioni, dovranno essere determinati:

Raffinazione, deposito e distribuzione idrocarburi, cokerie

- Cianuri
- Toluene, Etilbenzene, Xileni

- IPA più tossici [Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b,k,j)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Dibenzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-a,b)pirene]
- IPA meno tossici [Crisene, Antracene, Acenaftene, Fenantrene, fluorene, Fluorantene, Naftalene]
- Fenoli
- PCB

#### Industria chimica con produzioni a base inorganica

- Ni, Sb, Se, Tl
- Fenoli, Nitrofenoli, Clorofenoli
- Cianuri
- Fluoruri
- Nitrobenzene

#### Industria chimica con produzioni a base organica

Toluene, Etilbenzene, Xileni

- IPA più tossici [Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b,k,j)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Dibenzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-a,b)pirene]
- IPA meno tossici [Crisene, Antracene, Acenaftene, Fenantrene, fluorene, Fluorantene, Naftalene]
- Organo alogenati totali
- Azotati totali (Ammine + nitroderivati organici)
- Fenoli totali
- Clorofenoli, Nitrofenoli
- PCB

#### Produzione pesticidi

- Fluoruri
- Cresolo
- Toluene, Etilbenzene, Xileni
- Organo alogenati totali
- Azotati totali
- Fenoli totali
- Clorofenoli, Nitrofenoli
- DDD, DDT, DDE
- Sommatoria PCDD e PCDF (espressi come TCDD equ.)

#### Analisi di dettaglio

Qualora:

- la sommatoria degli Organo alogenati totali fosse >250 mg/kg, dovrà essere fornita la speciazione completa;
- la sommatoria degli Azotati totali fosse >50 mg/kg, dovrà essere fornita la speciazione completa;
- la sommatoria dei Fenoli totali fosse >50 mg/kg, dovrà essere fornita la speciazione completa.

#### ACQUE

#### Analisi preliminari

Come per i terreni.

#### Analisi di dettaglio

Qualora:

- la sommatoria degli Organo alogenati totali fosse  $>0.03$  mg/l, dovrà essere fornita la speciazione completa;
- la sommatoria degli Azotati totali fosse  $>0.05$  mg/l, dovrà essere fornita la speciazione completa;
- la sommatoria dei Fenoli totali fosse  $>0.05$  mg/l, dovrà essere fornita la speciazione completa.

#### Elaborazione ed interpretazione dei dati analitici

I risultati delle determinazioni analitiche di laboratorio devono essere espressi sotto forma di tabelle di sintesi, distinte per ciascun campione analizzato, in cui oltre alla lista dei parametri ricercati ed ai relativi valori, vanno riportati:

- codice identificativo del campione;
- data di prelievo del campione;
- data di esecuzione delle analisi di laboratorio;
- unità di misura;
- valori normativi di riferimento per ciascuna sostanza analizzata;
- metodo di prelievo e conservazione campione;
- metodi di trattamento ed analitici utilizzati.

I risultati, espressi in forma tabellare, su supporto cartaceo e su dischetto, elaborati con foglio elettronico (Excel, Access) , dovranno essere trasmessi agli Enti preposti, per l'inserimento nel Sistema Informativo Generale.

#### e) Indagini di tipo indiretto o di integrazione

A completamento, o integrazione, delle indagini di tipo diretto. potranno essere eseguite, se necessario, indagini di tipo indiretto o di complemento. quali:

- Rilievi aerofotogrammetrici dedicati;
- Telerilevamento all'infrarosso;
- Rilievi geofisici;
- Utilizzo di traccianti.

#### f) Elaborazione ed interpretazione dei dati derivati dalle indagini di campo e di laboratorio

Al termine delle attività di indagine di campo e di laboratorio, deve essere redatto un rapporto di caratterizzazione ambientale del sito, in cui siano illustrati:

- i caratteri antropici, litologici ed idrogeologici dell'area e del suo immediato intorno;
- il modello concettuale litologico ed idrogeologico dell'area;
- lo stato di qualità del sito, in termini di presenza e distribuzione spaziale delle sostanze inquinanti presenti nei diversi comparti ambientali, in confronto ai valori di riferimento predefiniti, con la valutazione di situazioni di rischio per l'ambiente o per la salute umana.

I risultati delle attività di campo e di laboratorio devono essere espressi sotto forma di tabelle di sintesi e di rappresentazioni cartografiche, tra cui devono essere realizzate, come minimo:

- carta/e di ubicazione delle potenziali fonti di inquinamento;

- carta/e dell'ubicazione delle indagini svolte e dei punti di campionamento e/o misura, con distinzione tipologica;
- sezioni geologiche rappresentative del quadro litostratigrafico del sottosuolo;
- sezioni idrogeologiche rappresentative della geometria degli acquiferi e della distribuzione dei parametri idrogeologici;
- carte piezometriche, redatte nelle diverse fasi stagionali della falda (magra, morbida, piena), con ricostruzione del campo di moto della falda ed indicazione dei punti di misura che comprenderanno anche punti esterni all'area idrogeologicamente omogenei in numero congruo;
- carta/e di distribuzione degli inquinanti, sia in senso areale che verticale, secondo serie temporali diverse (omogenee), quando e dove possibile;
- carta/e di ubicazione dei potenziali bersagli dell'inquinamento.

Al fine di avere le migliori possibilità di definizione dello stato qualitativo dell'area, le rappresentazioni dei dati e delle elaborazioni relative dovranno essere eseguite, oltreché in forma cartografica bidimensionale, anche mediante ricostruzioni tridimensionali (stereogrammi) attraverso idonei software di contouring e di rappresentazione tridimensionale.

Tutti i risultati analitici ricavati nel corso dell'indagine costituiscono la base di dati a cui riferirsi per la ricostruzione della situazione qualitativa del sito in oggetto, e saranno inseriti nel Sistema Informativo predisposto. In considerazione della quantità significativa di dati che saranno raccolti o misurati, si ritiene necessario adottare metodi di analisi statistica in grado di evidenziare elementi/andamenti critici della situazione qualitativa rilevata in termini soprattutto, ma non solo, di:

- numero/percentuale di campioni in cui la concentrazione delle sostanze ricercate sia superiore al limite analitico;
- numero/percentuale di campioni in cui la concentrazione delle sostanze ricercate sia superiore al limite di accettabilità di riferimento;
- valori minimi, massimi e medi rilevati, deviazione standard;
- distribuzione percentuale delle concentrazioni osservate;
- concentrazione al 95° percentile, anche log-normale.

L'analisi statistica dei dati analitici è inoltre indispensabile nel caso in cui si applichi l'analisi di rischio sul sito, in quanto da essa dipendono le concentrazioni di partenza da utilizzare nei sistemi di calcolo/confronto, o quando sia necessario implementare modelli matematici di simulazione.

Le valutazioni statistiche verranno utilizzate anche per valutare l'efficacia della rete di pozzi spia in uso, e di qui definire i miglioramenti utili, tanto nella progettazione della rete quanto nella gestione dei controlli.

I dati raccolti verranno messi in relazione anche con quelli di eventuali reti di monitoraggio su scala provinciale e regionale esistenti.