

**Università degli studi di Bologna  
Polo didattico di Rimini  
Tesi di Master Universitario di I livello in  
“Tecnologie e controllo ambientale nel ciclo dei rifiuti”**

**APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA  
SEMPLIFICATA AI SENSI  
DELL’ART.13 DEL D.M. 471/99:  
LA RIMOZIONE DEI SERBATOI INTERRATI  
PRESSO I PUNTI VENDITA CARBURANTE IN  
EMILIA ROMAGNA**

*Cimmino Walter*

Direttore del Master:  
Prof. Luciano Morselli

Tutor aziendale  
Dott. Geol. Francesco Gulli  
Petroltecnica S.r.l.

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
<b>1 QUADRO NORMATIVO .....</b>	<b>4</b>
1.1 NORMATIVA COMUNITARIA .....	4
1.2 LEGGI NAZIONALI.....	4
1.3 LEGGI REGIONALI .....	6
<b>2 D.M. 471/99: ASPETTI PROCEDURALI E METODOLOGICI.....</b>	<b>7</b>
2.1 FINALITÀ E PRINCIPI GENERALI .....	7
2.2. LIVELLI DI APPROFONDIMENTO TECNICI.....	10
2.2.1 Piano della caratterizzazione.....	10
2.2.2 Progetto Preliminare .....	12
2.2.3 Progetto definitivo.....	13
2.3 LA PROCEDURA SEMPLIFICATA .....	16
2.4 PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO .....	17
2.4.1. Campionamento di terreno.....	17
2.4.2. Campionamento di acqua di falda.....	18
2.4.3 Localizzazione dei punti di campionamento.....	19
<b>3 LA DISMISSIONE DEI PUNTI VENDITA CARBURANTE .....</b>	<b>20</b>
3.1 GENERALITÀ E RIFERIMENTI NORMATIVI.....	20
3.2 I SERBATOI INTERRATI .....	21
3.2.1 Definizioni.....	21
3.2.2 Competenze.....	22
3.2.3 Risanamento.....	23
3.2.5 Rimozione e smaltimento .....	24
3.3 ELEMENTI DI RISCHIO DA INQUINAMENTO NEI PUNTI VENDITA CARBURANTI .....	25
<b>4 LA DISMISSIONE DEI PUNTI VENDITA CARBURANTI IN EMILIA ROMAGNA.....</b>	<b>26</b>
4.1 PREMESSA .....	26
4.2 DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 28 LUGLIO 2003 N.1562 .....	26
4.2.1 Ambito di applicazione e finalità.....	26
4.2.2 La procedura prevista.....	27
4.2.3 Descrizione della procedura semplificata.....	32
4.2.4 Rimozione dei serbatoi interrati in caso di procedura semplificata.....	33
<b>5 APPLICAZIONE DEL METODO: CASO STUDIO.....</b>	<b>35</b>
5.1 PROGRAMMA TECNICO DI ACCERTAMENTO PRELIMINARE DELLO STATO DI QUALITÀ DEL SOTTOSUOLO AI SENSI DELLA DELIB. G.R. EMILIA-ROMAGNA N° 1562/2003 .....	35
5.1.1 Introduzione .....	35
5.1.2 Raccolta dati.....	35
5.1.3 Valutazione preliminare del rischio.....	38
5.1.4 Analisi dei gas interstiziali (Soil Gas Survey).....	39
5.1.5 Conclusioni e scelta della procedura.....	46
Elenco del tipo e quantità dei rifiuti da dismettere e destinazione finale.....	46
5.2 RELAZIONE FINALE PER LA CHIUSURA DELLA PROCEDURA : ACCERTAMENTO DELLA QUALITÀ AMBIENTALE .....	48
5.2.1 Stato del sito.....	48
5.2.2 Normative di riferimento e limiti ammessi per le sostanze contaminanti.....	48
5.2.3 Descrizione dell'intervento.....	49

5.2.4 Conclusioni.....	52
<b>7 CONCLUSIONI.....</b>	<b>53</b>
<b>8 BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>54</b>
<b>APPENDICI.....</b>	<b>55</b>
APPENDICE 1 .....	55
<i>Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2003 n.1562.....</i>	<i>55</i>
<i>Allegato 1 – Indici e Pesi-.....</i>	<i>55</i>
APPENDICE 2 .....	57
<i>Il suolo e il sottosuolo.....</i>	<i>57</i>
A.21 Generalità.....	57
A.2.2 Proprietà fisiche e chimiche.....	57
A.2.3 Componente organica .....	59
A.2.4 Inquinanti.....	60
<i>Fertilizzanti e pesticidi.....</i>	<i>60</i>
<i>Idrocarburi.....</i>	<i>61</i>
<i>Metalli pesanti.....</i>	<i>65</i>

## Introduzione

Fino agli inizi degli anni '80 la percezione della contaminazione dell'ambiente e del territorio nei paesi maggiormente industrializzati era generalmente associata ad incidenti relativamente rari, con conseguenze difficilmente valutabili, ma potenzialmente catastrofiche per la salute e per l'ambiente. La risposta politica che ne è derivata è stata rivolta ad ottenere il massimo controllo dei rischi. Secondo tale approccio, la contaminazione doveva essere rimossa totalmente o completamente confinata. Oggigiorno i siti contaminati, il cui numero nei paesi più industrializzati è cresciuto esponenzialmente nell'ultimo decennio, non sono più percepiti in termini di pochi e severi incidenti, ma piuttosto come un problema infrastrutturale e produttivo di varia intensità ed importanza e soprattutto molto più diffuso di quanto si potesse inizialmente stimare. Il problema della contaminazione dei terreni e delle falde idriche è stato in tal modo recepito a livello istituzionale in tutta la sua gravità anche in Italia, dove a partire dal 1997, in notevole ritardo rispetto agli altri paesi membri dell'Unione Europea, è stata emanata una serie di provvedimenti legislativi, tra cui il D.L.vo. n. 22/97, il D. L.vo n. 152/99, il D.M. n. 471/99, che hanno fornito degli strumenti normativi omogenei sul territorio nazionale per fronteggiare il problema della gestione dei rifiuti, della tutela delle risorse idriche e quello, ad essi connesso, della bonifica dei siti contaminati. Come è possibile rilevare dalla figura seguente cause rilevanti di contaminazione(23%) sono attribuibili a perdite di serbatoi interrati nei punti vendita carburanti mentre buona parte dei casi di contaminazione avviene in aree industriali, siano esse attive (26%) o dismesse (15%). Il 14% dei casi di contaminazione è connessa alle attività di smaltimento-recupero rifiuti e il 10% al fenomeno dello smaltimento abusivo di rifiuti. Fenomeno di minore entità ma da tenere in considerazione, infine, quello degli sversamenti successivi ad incidenti stradali, ferroviari o aerei (6%) che richiamano alla necessità di una maggiore sicurezza nel trasporto delle sostanze.

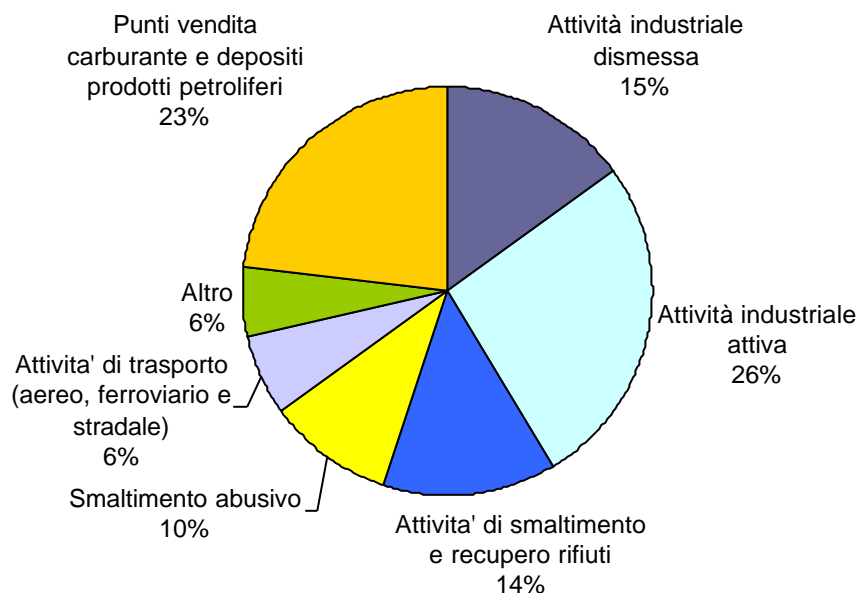
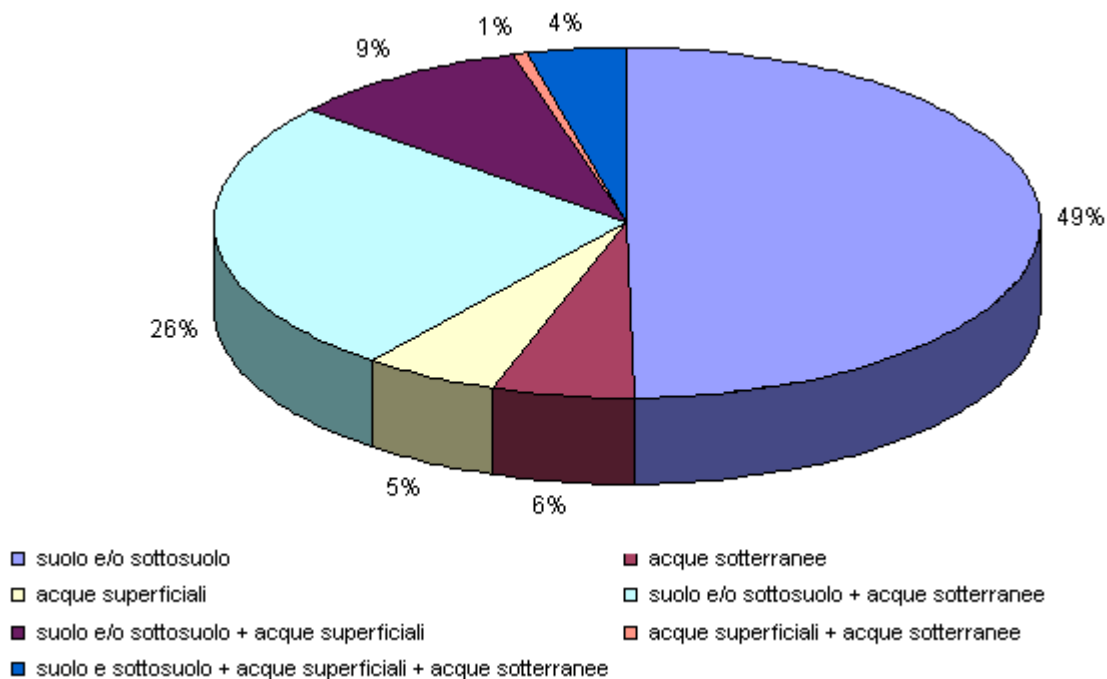
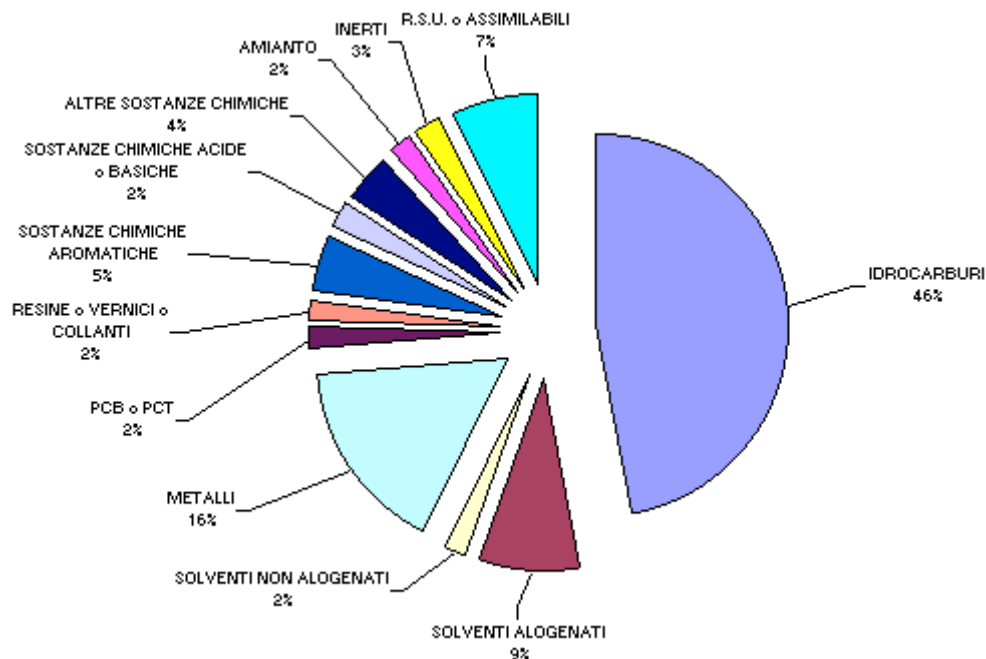


Figura 1: Distribuzioni delle principali attività fonte di inquinamento in Italia [Fonte: ARPA Piemonte, 2002]

Le figure che seguono mostrano inoltre le matrici ambientali maggiormente colpite da fenomeni di inquinamento e le più comuni tipologie di inquinanti :



**Figura 2: Matrici ambientali maggiormente coinvolte da fenomeni di inquinamento [Fonte: ARPA Piemonte, 2002]**



**Figura 3: Suddivisione della contaminazione in base alle principali tipologie di inquinanti [Fonte: ARPA Piemonte, 2002]**

Dalle figure riportate e dall'analisi del Rapporto sullo Stato dell'Ambiente dello scorso anno, si evidenzia che gli idrocarburi hanno un ruolo assolutamente predominante nella contaminazione dei siti, del resto l'utilizzo di tali sostanze sia finalizzate all'autotrazione che al riscaldamento è diffuso su tutto il territorio e molti sono i casi di contaminazione dovuti sia ad incidenti in fase di movimentazione e di trasporto, sia a perdite da serbatoi.

Rilevando un elevato numero di bonifiche legate proprio alla perdita da serbatoi interrati e constatando che frequentemente tali bonifiche interessano solo la matrice suolo e sottosuolo con limitate volumetrie di terreno contaminato il Decreto Ministeriale n° 471 del 25/10/1999, che definisce i criteri, le procedure e le modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati in ambito Nazionale e di cui se ne parlerà in dettaglio in seguito, prevede una procedura semplificata che snellisce la gestione della bonifica eliminando l'obbligo di preventiva approvazione del progetto. Tale procedura semplificata, risulta vantaggiosa sia per il proponente che per gli Enti di controllo, permettendo peraltro a questi ultimi di dedicare maggiori energie a situazioni di contaminazione più gravi. Contestualmente, in seguito all'emanazione del D.Lgs 32/98 che prevede la razionalizzazione degli interventi di messa a norma e la conseguente eliminazione degli impianti dichiarati non più compatibili ai piani urbanistici e alle normative di sicurezza sanitaria, ambientale, stradale, le compagnie petrolifere hanno riprogettato la rete di punti vendita carburante. Trattandosi di siti potenzialmente contaminati il DM 471/99 impone la pianificazione del progetto di smantellamento dei PVC (Punti Vendita Carburanti) secondo fasi procedurali prestabilite per la verifica di superamento dei limiti, e la completa bonifica del suolo. Obiettivo di tale studio è l'analisi delle procedure e criticità tecniche-amministrative relative alla dismissione dei punti vendita carburanti e alla conseguente bonifica considerando come caso studio la dismissione di un PVC (Punto Vendita Carburanti) in Emilia Romagna.

# 1 Quadro normativo

## *1.1 Normativa comunitaria*

Decisione Quadro CEE del 2003/01/27

Relativa alla protezione ambientale attraverso il diritto penale. I danni provocati all'ambiente vengono considerati da tutti gli Stati Membri reati pertanto devono essere affrontati dal diritto penale.

Decisione CEE n. 573 del 2001/07/23.

Modifica dell'elenco dei rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE della Commissione.

Direttiva CEE n. 31 del 1999/04/26.

Direttiva relativa alle discariche di rifiuti nella quale sono previste misure, procedure in grado di ridurre al minimo l'impatto negativo della discarica durante il suo intero ciclo di vita.

Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 4 /04/2001.

Il Consiglio ed il Parlamento Europeo sollecitano gli Stati Membri ad effettuare le ispezioni ambientali di tutti gli impianti industriali e strutture le cui emissioni atmosferiche e/o in ambiente idrico e/o le cui attività di smaltimento o riciclaggio dei rifiuti sono soggette ad autorizzazione.

## *1.2 Leggi Nazionali*

Legge 31/07/2002 n.179

“Disposizioni in materia ambientale”

D.M. 18 settembre 2001, n. 468

Regolamento recante: “Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale”. In questo D.M. è approvato l'art.1, comma 3, della Legge 9 Dicembre 1998 n.426.

Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152.

"Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole."

D.M. 471/99 del 25 ottobre 1999

Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni.

D.M. 20 agosto 1999

Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della L. 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Il Decreto Ministeriale 24/05/1999 n.246

“Regolamento recante norme concernenti i requisiti tecnici per la costruzione, l’installazione e l’esercizio dei serbatoi interrati“ (ABROGATO)

D.P.C.M. 29 aprile 1999

Schema generale di riferimento per la predisposizione della carta del servizio idrico integrato.

Legge 9 Dicembre 1998, n. 426.

" Nuovi interventi in campo ambientale" Definisce i siti inquinati nelle quali devono essere realizzati interventi di bonifica e di ripristino ambientale

D.M. 8 ottobre 1998

Promozione di programmi innovativi in ambito urbano denominati «Programmi di riqualificazione urbana e di sviluppo sostenibile del territorio».

Decreto legislativo 11 febbraio 1998, n. 32

Razionalizzazione del sistema di distribuzione dei carburanti, a norma dell'art. 4, comma 4, lettera c), della legge 15 marzo 1997, n. 59.

D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22

Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.

D.M. 14 maggio 1996

Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto"

L. 5 gennaio 1994, n. 36

Disposizioni in materia di risorse idriche

D.M. 23 dicembre 1991

Disciplina concernente le deroghe alle caratteristiche di qualità delle acque destinate al consumo umano

L. 18 maggio 1989, n. 183

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo. Questa legge ha lo scopo di assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico.

D.M. 16 maggio 1989

Criteri e linee guida per l'elaborazione e la predisposizione, con modalità uniformi da parte di tutte le Regioni e Province autonome, dei piani di bonifica, nonché definizione delle modalità per l'erogazione delle risorse finanziarie, di cui alla legge 29 ottobre 1987, n. 441, di conversione del decreto legge 31 agosto 1987, n. 361, come modificata dalla legge 9 novembre 1988, n. 475, di conversione del decreto legge 9 settembre 1988, n. 397.

L. 29 ottobre 1987, n. 441

Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 31 agosto 1987, n. 361, recante disposizioni urgenti in materia di smaltimento dei rifiuti

D.L. 31 agosto 1987, n. 361

Disposizioni urgenti in materia di rifiuti Reitera il D.L. 31 dicembre 1986, n. 924; il D.L. 28 febbraio 1987, n. 54; il D.L. il 2 maggio 1987, n.168 e il D.L. 30 giugno 1987, n. 258, convertito in legge con L. 29 ottobre 1987, n. 441. - Con i D.M. 10 gennaio 1996 (in G.U. 29 febbraio 1996, n.

50) sono state ridefinite le procedure per l'accertamento della regolare realizzazione degli interventi ammessi a contributo ai sensi dell'art. 14, commi 3 e 6, del presente decreto.

L. 8 luglio 1986, n. 349

Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale

D.P.R. 10 settembre 1982, n. 915

Attuazione delle direttive CEE n. 75/442 relativa ai rifiuti, n. 76/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili e n. 78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi - Abrogato dall'art. 56 del D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22.

### ***1.3 Leggi Regionali***

Deliberazione della giunta regionale Emilia Romagna n°1562 28 luglio '03

“approvazione delle modalità e dei criteri relativi agli interventi di bonifica e ripristino ambientale di cui all'art.13 del d.m.471/99. Approvazione della metodologia di analisi comparata del rischio ARGIA ”

## **2 D.M. 471/99: Aspetti procedurali e metodologici**

### ***2.1 Finalità e principi generali***

Fin dalla fine degli anni '80 la normativa Nazionale con la legge 441/87 si è interessata alla complessa materia della bonifica dei siti contaminati ma è con l'emanazione del D.M. 471/99, applicazione dell'art. 17 del D.Lgs 22/99, che si è data una definizione organica delle procedure tecniche e amministrative per la gestione dei siti contaminati.

La bonifica dei suoli contaminati sorge come disciplina complementare e funzionale della gestione integrata dei rifiuti; infatti il suolo contaminato, ai fini della catalogazione europea (CER), rientra nel capitolo 17 ' Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione ( compreso il terreno proveniente da siti contaminati)' sottogruppo 05 " *terra (compreso quello proveniente da siti contaminati), rocce e fanghi di dragaggio*".

L'art. 17 del succitato D.Lgs 22/97 esprime chiaramente un concetto basilare per la normativa ambientale chiunque cagiona, anche in maniera accidentale, una situazione di inquinamento o di pericolo concreto ed attuale di inquinamento di un sito ha l'obbligo di procedere a proprie spese alla bonifica ed al ripristino ambientale. L'obbligo di avviare il procedimento è posto a carico di colui che ha provocato il danno al suolo; il responsabile è tenuto a darne comunicazione al Comune, alla Provincia e alla Regione nonché agli organi di controllo sanitario e ambientale entro le 48 ore dall'evento, precisando il nome del proprietario del sito, l'ubicazione e le dimensioni stimate dell'area contaminata o a rischio di inquinamento, i fattori che hanno determinato l'inquinamento o il pericolo di inquinamento, le tipologie e le quantità dei contaminanti immessi o che rischiano di essere immessi nell'ambiente, le componenti ambientali interessate, come suolo, corpi idrici, flora, fauna ed una stima dell'entità della popolazione a rischio o, se ciò non è possibile, le caratteristiche urbanistiche e territoriali dell'area circostante a quella potenzialmente interessata all'inquinamento. Contestualmente deve provvedere all'esecuzione dei necessari interventi di messa in sicurezza d'emergenza per rimuovere le fonti inquinanti e contenere la diffusione dei contaminanti. Queste iniziative devono essere comunicate al Comune, alla Provincia e alla Regione entro 96 ore dall'evento, allegando idonea documentazione tecnica dalla quale risulteranno le caratteristiche degli interventi. In tal modo il Comune, o la Regione se l'inquinamento interessa più Comuni, è messo in grado di verificare entro i successivi 30 giorni l'efficacia degli interventi di messa in sicurezza d'emergenza adottati e può fissare prescrizioni e interventi integrativi, con particolare riferimento alle misure di monitoraggio da attuare per accertare le condizioni di inquinamento. Quando il responsabile dell'inquinamento non provvede oppure non è individuabile, gli interventi di messa in sicurezza, di bonifica e di ripristino ambientale sono realizzati d'ufficio dal Comune territorialmente competente e, se questo non provvede, dalla Regione secondo l'ordine di priorità stabilito nel Piano regionale per la bonifica delle aree inquinate, che costituisce parte integrante dei Piani regionali di gestione integrata dei rifiuti; l'ordine di priorità è definito sulla base di criteri di valutazione del rischio, definiti dall'APAT. Se, a seguito di accertamenti effettuati da soggetti ed organi pubblici nell'esercizio delle loro funzioni istituzionali di controllo, vengono riscontrati livelli di inquinamento superiori ai limiti previsti, verrà data dai soggetti stessi tempestiva notizia alla Regione, alla Provincia e al Comune territorialmente competente al fine di avviare le procedure per la bonifica. Prima di entrare nel merito delle procedure e metodologie di applicazione del D.M. 471/99 è necessario introdurre alcune nozioni fondamentali per meglio comprendere di chi e cosa stiamo parlando.

*Sito:* Un sito è un'area o porzione di territorio, geograficamente definita e delimitata, presa in considerazione nelle diverse matrici ambientali e nelle eventuali strutture edilizie ed impiantistiche presenti.

*Sito inquinato*: sito che presenta livelli di contaminazione o alterazioni chimiche, fisiche e biologiche del suolo o sottosuolo o delle acque superficiali o delle acque sotterranee tali da determinare un pericolo per la salute pubblica, per l'ambiente e il costruito. Ai fini del regolamento l'inquinamento è rilevante quando anche *uno solo* dei valori di concentrazione delle sostanze inquinanti nel suolo o nel sottosuolo o nelle acque sotterranee o superficiali risulta superiore ai valori di *Concentrazione Limiti Accettabili* CLA ( Allegato 1), riferiti alla specifica destinazione d'uso "Verde pubblico e residenziale" , "Commerciale e industriale".

Il concetto generale di bonifica abbraccia tutta quella serie di attività che vanno dal contenimento di una fonte inquinante alla fase di recupero definitivo di un sito alla sua effettiva fruibilità distinguendo le diverse fasi in messa in sicurezza d'emergenza, bonifica e ripristino ambientale o con misure di sicurezza e la messa in sicurezza permanente.

*La messa in sicurezza d'emergenza*: ogni intervento necessario ed urgente per rimuovere le fonti inquinanti, contenere la diffusione degli inquinanti e impedire il contatto con le fonti inquinanti presenti nel sito, in attesa degli interventi di bonifica e ripristino ambientale, o della bonifica con misure di sicurezza o gli interventi di messa in sicurezza permanente.

*La bonifica e il ripristino ambientale*: fase centrale delle azione di recupero ambientale e consiste in tutti gli interventi di rimozione della fonte inquinante e di quanto dalla stessa contaminato, fino a raggiungere i valori di Concentrazione Limiti Accettabile tabellati dal Regolamento con riferimento alla specifica destinazione d'uso; alla fase della bonifica può seguire il ripristino ambientale, costituisce il momento ulteriore e finale di bonifica: sono gli interventi di riqualificazione ambientale e paesaggistica, che consentono di recuperare il sito alla sua effettiva fruibilità per la destinazione d'uso conforme agli strumenti urbanistici in vigore, assicurando la qualità delle matrici naturali.

I limiti definiti nell'Allegato 1 sono parametri di riferimento per stabilire qual è il livello massimo di concentrazione di inquinanti compatibile con le esigenze di tutela della salute e dell'ambiente, ma non costituiscono il fine ultimo del procedimento di bonifica.

Il regolamento prevede queste quattro modalità di bonifica :

1. *riduzione delle concentrazioni di inquinanti ai valori limite accettabili tabellati* ;
2. *riduzione delle concentrazioni di inquinanti ai valori del fondo naturale presenti nell'intorno non influenzato dalla contaminazione*: se i valori del fondo naturale nell'intorno non contaminato sono più alti dei Valori Limite previsti e tabellati, gli interventi di bonifica dovranno garantire la riduzione delle concentrazioni di inquinanti ai valori del fondo naturale non contaminato; però, la naturale presenza di inquinanti in concentrazioni superiori ai valori limite deve essere dimostrata nell'ambito dei prelievi e l'analisi preliminari dei campioni;
3. *riduzione delle concentrazioni di inquinanti a valori più restrittivi di quelli previsti per la specifica destinazione d'uso*: quando nel sito risulti compreso, anche in modo parziale, un corpo idrico ricettore classificato sensibile dalla normativa sulla tutela delle acque, ovvero sia necessario tutelare la qualità delle acque destinate all'uso potabile;
4. *riduzione delle concentrazioni di inquinanti a valori limite diversi e meno restrittivi dei valori limiti accettabili previsti*: la bonifica con misure di sicurezza.

*La bonifica con misure di sicurezza*: i valori di concentrazione limite accettabili non possono essere raggiunti nemmeno con l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili sul mercato per la specifica tipologia di intervento a costi sopportabili. In tali casi per l'uso del sito devono essere previsti piani di monitoraggio e controllo ed eventuali limitazioni rispetto alle previsioni degli

strumenti urbanistici; sulla base di un'analisi di rischio deve essere dimostrato che la permanenza delle concentrazioni residue nel sito sono in ogni caso compatibili con le esigenze di tutela della salute e dell'ambiente.

*La messa in sicurezza permanente:* è consentita solo in presenza di una situazione di inquinamento provocata dallo stoccaggio di rifiuti che non è possibile risolvere con interventi di "bonifica con ripristino ambientale" o di "bonifica con misure di sicurezza", e presenta perciò una deroga all'obbligo stesso di bonifica. Si concretizza nell'isolamento definitivo delle fonti inquinanti presenti nel sito rispetto alle matrici circostanti influenzate dall'inquinamento;. Deve essere dimostrato, nell'ambito del procedimento di elaborazione e approvazione del progetto di bonifica, che non è possibile rimuovere i rifiuti stoccati neppure con le migliori tecnologie disponibili. Questa procedura deve privilegiare le tecnologie, dove possibile, di trattamento dei rifiuti e riduzione dei volumi degli stessi al fine di limitare la superficie e il volume complessivi del sito interessato. Possono dunque restare stoccati solo i rifiuti che costituiscono la fonte d'inquinamento e che già si trovano nel sito, insieme ai residui originati dal loro trattamento; perciò non è consentito depositare ulteriori quantitativi di rifiuti, seppure della stessa tipologia e natura di quelli già stoccati. I siti sottoposti a questa procedura sono equiparati alle discariche dopo la chiusura, e sottostanno ai regimi di controlli e gestione amministrativa, finanziaria e alle tecniche di garanzia di tutela ambientale. Il provvedimento che approva l'intervento stabilisce misure di monitoraggio e controlli ed eventuali limitazioni d'uso rispetto alle previsioni urbanistiche dell'Ente locale del territorio dove è ubicato il sito inquinato. Però, la messa in sicurezza permanente non ha carattere di sicura e indeterminata stabilità nel tempo: in relazione all'evoluzione del progresso scientifico ed alla individuazione di ulteriori nessi di causalità tra situazione di inquinamento in atto e rischi per la salute pubblica e per l'ambiente, il regolamento può far sottoporre il sito a un radicale e definitivo intervento di bonifica, anche se tale intervento era stato inizialmente escluso in base ad un giudizio comparativo tra migliore tecnologia disponibile e sostenibilità dei costi.

I valori di CLA sono riferiti a suolo, sottosuolo e materiali di riporto del sito e influenzati dalla contaminazione del sito, i sopra citati valori per il suolo e sottosuolo si applicano per tutta la profondità che si ritiene necessario campionare ed analizzare per definire l'estensione dell'inquinamento e per progettare interventi di bonifica; i risultati delle analisi effettuate sulla frazione granulometrica passante al vaglio 2 mm sono riferiti alla totalità della sostanza secca. Per valori fuori tabella si adottano valori di CLA riferiti alla sostanza più affine in senso tossico. Le analisi non vengono eseguite sulla totalità delle sostanze indicate in elenco; basandosi sulle attività pregresse, sulla caratterizzazione specifica e su altre fonti d'informazione che l'Autorità competente vorrà usare, quest'ultima seleziona, tra le sostanze elencate, quelle *indicatrici* che permettono di definire l'estensione, il tipo d'inquinante e il rischio posto per la salute pubblica e l'ambiente in modo con rigorosa precisione.

Gli elaborati progettuali si articolano su tre livelli di approfondimenti tecnici progressivi costituiti da :

- *PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE*
- *PROGETTO PRELIMINARE*
- *PROGETTO DEFINITIVO*

Il *Piano di caratterizzazione* dovrà essere presentato entro 30 gg. dall'accertamento del superamento dei valori di Concentrazione Limite Accettabile al Comune e alla Regione; ed il *Progetto definitivo* entro un anno dalla scadenza dei trenta giorni al Comune, o alla Regione se l'intervento riguarda un'area compresa nel territorio di più Comuni, che lo approva entro 90 gg. dalla presentazione, sentita a riguardo una Conferenza dei Servizi, alla quale sono chiamati a partecipare gli Enti locali interessati, l'ARPA competente per territorio e le amministrazioni competenti per le autorizzazioni,

le intese e i pareri. Se il progetto prevede la realizzazione di opere sottoposte alla procedura di Valutazione d'Impatto Ambientale (studio d'impatto del proponente l'opera e il giudizio di compatibilità ambientale dell'Amministrazione pubblica competente), l'approvazione del progetto medesimo è subordinata all'acquisizione della relativa pronuncia di compatibilità.

I controlli sulla conformità degli interventi di bonifica e ripristino ambientale o di messa in sicurezza d'emergenza sono effettuati dalla Provincia, che ne deve attestare il completamento e la conformità al progetto con apposita certificazione; a tal fine deve essere trasmessa alla Provincia la documentazione relativa al Piano di caratterizzazione, ai Progetti preliminare e definitivo contenente le misure di sicurezza, i monitoraggi da effettuare, le limitazioni d'uso dell'area. Il completamento degli interventi di sicurezza permanente e la conformità degli stessi al progetto approvato non può comunque essere accertato se non decorsi cinque anni dall'effettuazione del piano di controllo: la Provincia è tenuta ad eseguire controlli e verifiche periodiche sull'efficacia delle misure di sicurezza adottate e degli interventi di messa in sicurezza permanente, anche allo scopo di accertare, con cadenza biennale, che le caratteristiche del sito siano corrispondenti alla destinazione d'uso prevista e non comportino rischi per la salute e per l'ambiente, tenuto anche conto delle conoscenze tecniche e scientifiche nel frattempo sviluppatesi.

## ***2.2. Livelli di approfondimento tecnici***

Come in precedenza accennato il D.M. 471 definisce le modalità di elaborazione dei progetti in base alla criticità dell' inquinamento e alle modalità di gestione di rifiuti stoccati, per cui possiamo avere tre differenti tipologie di progetti:

1. *PROGETTO DI BONIFICA E RIPRISTINO AMBIERNTALE*
2. *PROGETTO DI BONIFICA CON MISURE DI SICUREZZA E RIPRISTINO AMBIENTALE*
3. *PROGETTO DELLA MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E RIPRISTINO AMBIENTALE*

Ogni elaborato sarà strutturato secondo tre livelli successivi di approfondimento tecnici :

*1° liv ) PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE*

*2° liv ) PIANO PRELIMINARE*

*3° liv ) PIANO DEFINITIVO*

Ciascuno di questi livelli di approfondimento si conclude con una presentazione all'autorità competente di una Relazione tecnica Descrittiva, contenente i relativi elaborati tecnici.

Andiamo a descrivere in dettaglio e singolarmente i tre livelli di approfondimento tecnici

### **2.2.1 Piano della caratterizzazione**

Descrive in modo dettagliato il sito e tutte le attività che si sono svolte o che ancora si svolgono, individuando le correlazioni tra le attività svolte e le localizzazioni ed estensione della possibile contaminazione; descrive le componenti ambientali presenti all'interno e quelle esterne al sito da esso influenzate e le articolate condizioni per la protezione della salute pubblica, presentandone le indagini da attuare per definire il grado e l'estensione della contaminazione.

È strutturato in tre *SEZIONI* :

1. *Raccolta e sistemazione dei dati esistenti ,*
2. *Caratterizzazione del sito e formulazione preliminare del Modello Concettuale*
3. *Piano di investigazione iniziale*

### *Raccolta e sistemazione dei dati esistenti*

Prevede la raccolta di documenti, ispezioni sul sito e sull'area esterna interessata dalla contaminazione. In particolare vengono riportate le seguenti informazioni:

- ✓ atti amministrativi e giudiziari riguardanti il sito ; la tipologia del sito, ad esempio area industriale dismessa, discarica illegale, area industriale in attività ; mappatura dell'area e localizzazione del sito;
- ✓ cartografia storica, uso del sito attuale e destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici ;
- ✓ planimetria degli edifici, impianti produttivi e infrastrutture, sia presenti sia smantellati, con i tempi di dismissione dei singoli impianti e/o fabbricati presenti ; dettagli di tutte le attività svolte sull'area e degli impianti annessi ; descrizione e mappatura di eventuali accumuli di rifiuti in discariche presenti nell'area, con dettagli su tipo e volumi degli stessi, condizione di impermeabilizzazione e ricoprimento, emissioni gassose e danni alla vegetazione, vie di migrazione nell'ambiente e di esposizione per la popolazione degli agenti contaminanti ;
- ✓ tipologia ed elenco dei materiali e sostanze utilizzate per le lavorazioni, riferite al periodo completo delle attività avute luogo nel sito, con la loro classificazione di pericolosità e tossicità ; impianti ed infrastrutture sotterranee ( reti di drenaggio, condotte d'adduzione e di distribuzione ), zone di accumulo dei materiali ( liquidi o solidi ) sia superficiali sia interrati, per formulare ipotesi sulle localizzazioni di possibili rotture, perdite e sversamenti che possono aver causato l'accumulo sul e nel suolo di sostanze contaminanti ;
- ✓ elenco del tipo e quantità dei rifiuti e materiali da dismettere, valutandone la produzione di rifiuti pericolosi ; consultazione di letteratura scientifica riguardante lo specifico problema di contaminazione ipotizzato e materiale integrativo relativo all'area circostante al sito .

Alle informazioni precedenti si allegano le descrizioni del territorio mediante :

- ✓ analisi cartografiche storiche e analisi di rilievi fotogrammetrici, analisi della distribuzione della popolazione residente e di altre attività antropiche ; descrizioni delle reti viarie con le principali vie di trasporto e reti ferroviarie ;
- ✓ caratterizzazione geologico-stratigrafica e idrogeologico del sito e dell'area influenzata dal sito stesso ; descrizione dei corpi idrici superficiali e prelievi, presenza di pozzi e prelievi di acque sotterranee e relativa cartografia ;
- ✓ risultati delle analisi chimico-fisiche svolte sulle acque superficiali e sotterranee, sugli ecosistemi dell'area influenzata dalle caratteristiche del sito.

Successivamente agli accertamenti del superamento dei valori delle C.L.A., in riferimento alle analisi dei campionamenti svolti dall'azienda incaricata per la bonifica e dall'Autorità competente, risulta rilevante fornire le seguenti informazioni :

- ✓ descrizione dei campionamenti, localizzazione dei punti di prelievo e loro mappatura e le concentrazioni rilevate.

### *Caratterizzazione del sito e formulazione preliminare del Modello Concettuale*

Il Modello Concettuale del sito descrive in modo dettagliato le possibili fonti della contaminazione, presenti o passate, il grado e l'estensione della contaminazione del suolo, del sottosuolo, delle acque superficiali e sotterranee del sito e del territorio influenzato, i percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai recettori umani e ambientali. Il Modello ha lo scopo di individuare le

caratteristiche degli impianti e delle strutture presenti sul sito, le caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze presenti e la loro tossicità, le modalità di stoccaggio, per definire, in secondo luogo, la misura in cui possono aver causato l'inquinamento di suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee e materiali inerti. Questo schema per il sito è la base per definire gli obiettivi di bonifica, per formulare la valutazione del rischio e la selezione di eventuali misure di sicurezza permanente.

### *Piano di investigazione iniziale*

L'area oggetto dell'investigazione comprende il sito inquinato ed una porzione di territorio esterna definita sulla base del Modello Concettuale del sito, in funzione della mobilità degli inquinanti nelle matrici ambientali interessate, delle caratteristiche idrogeologiche e meteorologiche del territorio e delle possibili vie di esposizione per i bersagli della contaminazione. In questa ultima sezione si conducono le analisi del suolo, sottosuolo, delle acque sotterranee e superficiali interessate dalla migrazione delle sostanze presenti nella sorgente di contaminazione, al fine della valutazione del rischio d'inquinamento per l'ambiente naturale, il territorio urbanizzato e del danno per la salute pubblica. Si verifica, sulla base delle ipotesi formulate nelle due sezioni precedenti, l'effettiva estensione dell'inquinamento generato dai singoli impianti, dai rifiuti stoccati alle matrici ambientali; si individuano le fonti di ogni inquinamento (impianti dismessi, in attività, rifiuti stoccati); si confermano e si integrano i dati relativi alla geologia, all'idrogeologia, alla pedogenesi e all'idrologia del sito. Inoltre, si definisce la localizzazione dei punti di prelievo e i metodi di campionamenti di suolo, sottosuolo, materiali inerti e di riporto, le acque sotterranee e superficiali per l'area del sito e l'area circostante che si ritiene interessata dall'inquinamento; la lista delle sostanze da analizzare e i metodi chimico-fisici di analisi di laboratorio per caratterizzare la presenza e la diffusione dei contaminanti e il loro impatto sull'ambiente limitrofo e sulla popolazione; si identificano i punti di prelievo e le metodologie di campionamento per confermare la caratterizzazione ambientale (geologica, idrogeologica e idrologica) del sito e dell'area esterna interessata dalla contaminazione.

### 2.2.2 Progetto Preliminare

Valuta le investigazioni e le analisi svolte per caratterizzare il sito e l'ambiente influenzato da questo; definisce gli obiettivi per la bonifica e il ripristino ambientale, o per la messa in sicurezza permanente da raggiungere nella specifica situazione ambientale e territoriale, con riferimento ai vincoli e alla destinazione d'uso prevista per il sito dagli strumenti urbanistici locali. Le indagini, i prelievi e i sondaggi sono condotti ad un livello tale che consente i calcoli preliminari delle strutture e degli impianti e lo sviluppo del computo metrico estimativo. Dove previsto, contiene lo *Studio* per il giudizio di compatibilità ambientale. Analizza e seleziona le migliori tecnologie adatte per il sito in esame per affrontare :

- la bonifica per raggiungere i valori di concentrazione limiti accettabili, o le concentrazioni residue specifiche per il sito in funzione della destinazione d'uso previsto dai piani urbanistici locali;
- la messa in sicurezza permanente, e ne definisce i lavori per eseguire e garantire la manutenzione delle misure di sicurezza e degli strumenti di controllo ;

È strutturato nelle otto sezioni seguenti :

- 1) *Analisi dei livelli d'inquinamento ,*
- 2) *Eventuale investigazione di dettaglio ,*
- 3) *Possibili tecnologie adottabili e concentrazioni residue raggiungibili ,*
- 4) *Analisi del rischio specifica per il sito ,*

- 5) *Descrizione delle tecnologie di bonifica e ripristino ambientale o misure di sicurezza da adottare e dei relativi interventi ,*
- 6) *Test per verificare l'efficacia degli interventi di bonifica proposti ,*
- 7) *Compatibilità d'impatto ambientale ,*
- 8) *Progettazione per Fasi*

### 2.2.3 Progetto definitivo

Determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare ed il relativo costo preventivo, deve essere sviluppato con un livello di definizione tale da individuare ogni elemento in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzi unitari; è corredato da un *Piano Sicurezza* per i lavoratori e dai criteri di protezione della popolazione; è corredato da un *Piano di manutenzione* delle opere di bonifica, di messa in sicurezza permanente, di ripristino ambientale, *Piano di manutenzione* delle misure di sicurezza e degli strumenti di controllo. Definisce gli interventi necessari ad attuare le eventuali prescrizioni e limitazioni all'uso del sito richieste dall'Autorità competente.

È strutturato nelle tre sezioni seguenti :

1. *Descrizione di dettaglio della tecnologia scelta e degli interventi proposti ,*
2. *Interventi da realizzare per l'attuazione delle prescrizioni e delle limitazioni all'uso del sito ,*
3. *Piano dei controlli e monitoraggi post-operam.*

Figura 4: Schema semplificato delle procedure di bonifica così come definito dal D.M. 471/99

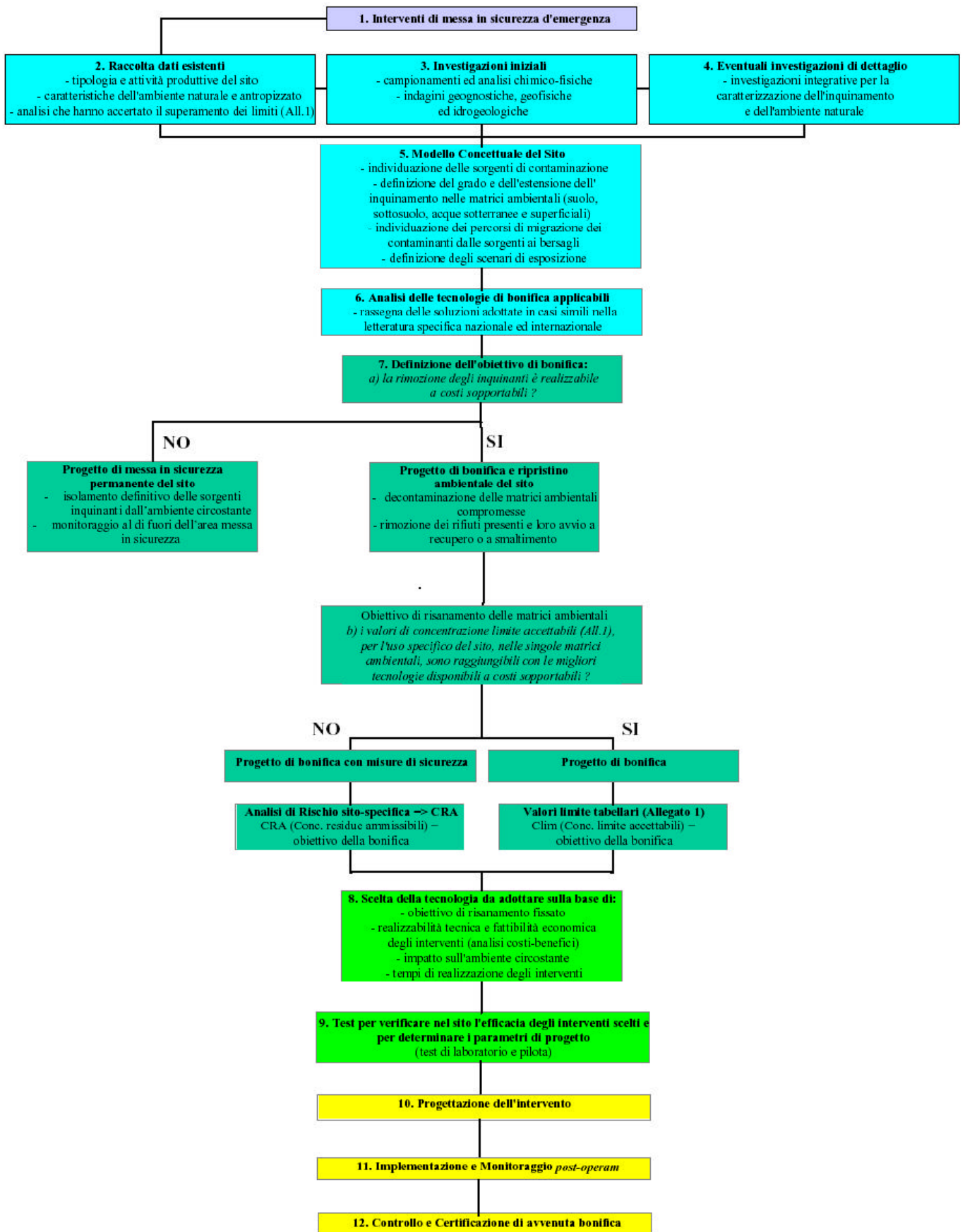


Figura 5: Notifica ai sensi dell'articolo 7: tempistica ed iter amministrativo

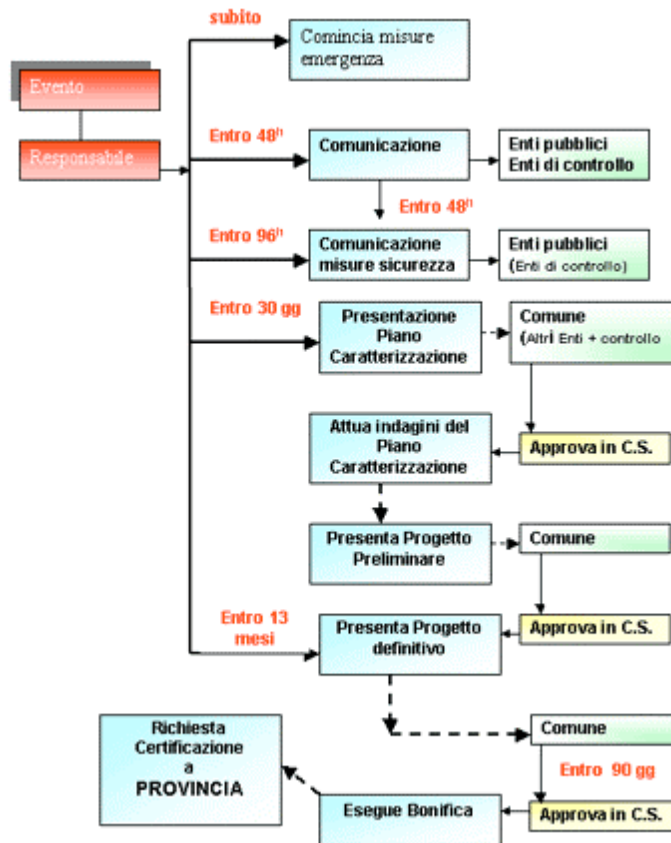


Figura 6: Ordinanza ai sensi dell'articolo 8: tempistica ed iter amministrativo

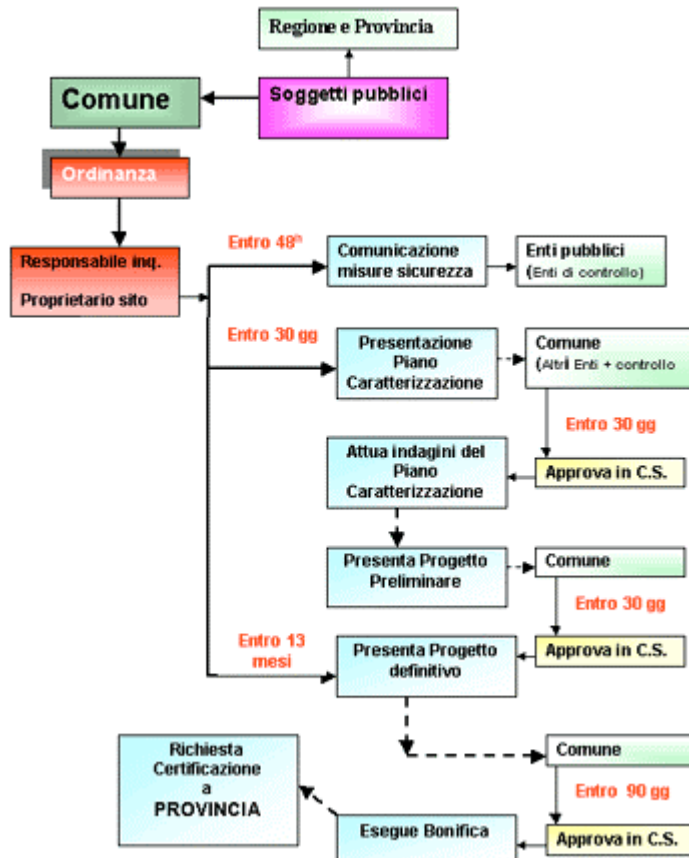
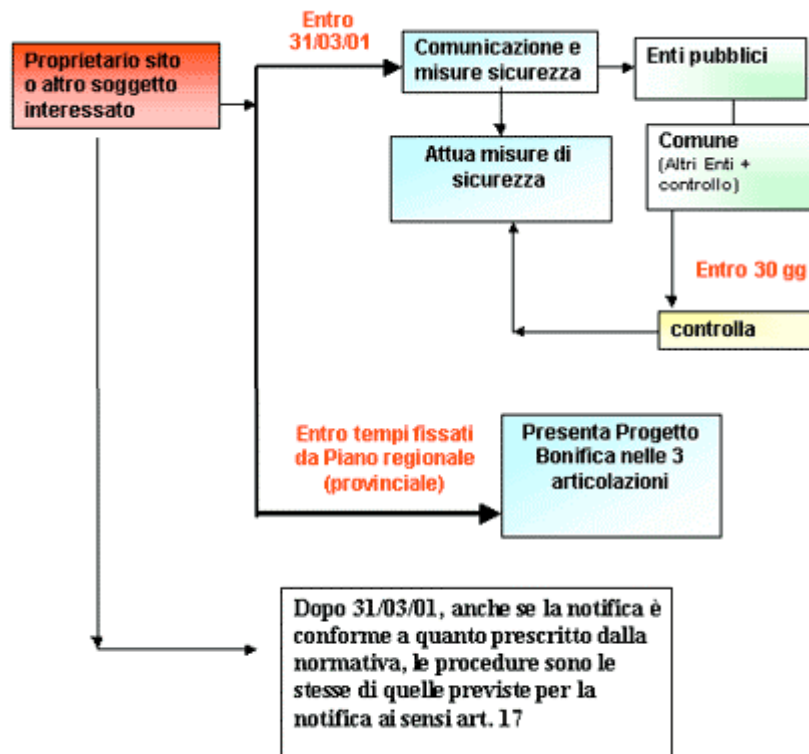


Figura 7: Interventi ad iniziativa degli interessati ai sensi dell'articolo 9: tempistica ed iter amministrativo



### 2.3 La procedura semplificata

La procedura semplificata è prevista dall'art.13 del D.M. 471/99 "Interventi di bonifica e ripristino ambientale che non richiedono autorizzazione" ed è la Regione che individua tali tipologie di interventi. L'applicazione di tale articolo presuppone la contemporanea presenza di tre condizioni che riporto testualmente dal già più volte citato D.M.:

- a) il volume del terreno contaminato non deve essere superiore a cento metri cubi;
- b) il progetto non deve riguardare interventi di bonifica e ripristino ambientale con misure di sicurezza di cui all'articolo 5 né interventi di messa in sicurezza permanente di cui all'articolo 6;
- c) il progetto non deve rientrare tra quelli che in base alla normativa vigente sono soggetti alla procedura di valutazione di impatto ambientale.

In ottemperanza ai principi di tutela della salute pubblica e della salvaguardia dell'ambiente, la Regione definisce le modalità ed i criteri che devono essere rispettati per l'esecuzione degli interventi di bonifica, di recupero e di smaltimento dei rifiuti che derivano da attività di cui al suddetto articolo ed al vincolo della limitazione della movimentazione dei rifiuti.

Il progetto esecutivo degli interventi deve essere presentato, sessanta giorni prima dell'inizio dei lavori, al Comune che può chiedere integrazioni e stabilire prescrizioni e modalità di esecuzione dei lavori o impedire l'esecuzione degli interventi che non rispettino i criteri stabiliti dalla Regione.

L'applicazione di tale procedura può essere sintetizzata nei seguenti principi di base:

- 1) L' inquinamento riscontrato in sito, attraverso indagini preliminari accurate, interessa una piccola porzione di territorio e prevalentemente di suolo e sottosuolo.

- 2) L'entità dell'inquinamento è tale per cui è possibile riportare entro i limiti di legge prestabiliti per la specifica destinazione d'uso del sito le sostanze inquinanti mediante l'applicazione di tecnologie sopportabili economicamente.
- 3) Per la tipologia e quantità di inquinanti si presume che il rischio di incidenza sui possibili bersagli ambientali e sulla popolazione coinvolta siano bassi.
- 4) La fonte della contaminazione deve essere allontanata.
- 5) Ogni singola Regione dovrà predisporre strumenti legislativi specifici di applicazione di tale articolo.

Altra condizione vincolante è che il sito in oggetto non deve essere sottoposto a procedure di Valutazione di Impatto Ambientale. Quest'ultima procedura interessa pochi siti nel territorio Nazionale e quindi diventa poco rilevante per l'applicazione del metodo ai numerosi e per la maggior parte siti non sottoposti a VIA. Dall'interpretazione dell'art. 13 emerge che i siti adibiti a stoccaggio di rifiuti non possono procedere a bonifica e ripristino ambientale secondo la procedura semplificata poichè non è possibile allontanare la fonte di contaminazione (rifiuti).

Come è facilmente intuibile da quanto finora esposto, la procedura semplificata è stata introdotta per snellire la procedura burocratica ordinaria, tuttavia ad oggi sono ancora pochi i soggetti che fanno ricorso alla procedura semplificata, e principalmente a causa delle seguenti motivazioni:

- ✓ In corso d'opera è possibile che vengano a mancare le condizioni di applicazione della procedura e in particolare che il terreno contaminato sia maggiore dei 100 mc previsti con la conseguente necessità di riavviare da capo l'intervento secondo la procedura ordinaria;
- ✓ Scarse informazioni relative all'attività pregressa del sito e conseguente difficile previsione del rischio ambientale ad esso associato;
- ✓ Solo alcune regioni (Lombardia, Veneto, Emilia Romagna,.....) hanno predisposto strumenti tecnici-legislativi di applicazione dell'art.13;
- ✓ Scarsa conoscenza dell'opportunità da parte dei soggetti obbligati.

## ***2.4 Procedure di campionamento***

Considerando che la fenomenologia dell'inquinamento dei siti coinvolge più matrici ambientali, si suddividono le procedure di campionamento a seconda che si prenda in considerazione il mezzo insaturo, comprendente terreno, acqua e gas interstiziale oppure il mezzo saturo comprendente le acque di falda.

### **2.4.1. Campionamento di terreno**

L'obiettivo primario consiste nel prelievo di un campione che sia il più rappresentativo possibile delle caratteristiche chimiche fisiche e biologiche degli orizzonti attraversati e che serva da indicatore dell'eventuale presenza di sostanze contaminanti; il carotaggio avviene con metodi di perforazione a secco senza fluidi di perforazione per prelevare campioni indisturbati.

I metodi si distinguono in:

- *perforazione con avanzamento a rotazione senza fluido;*
- *tecniche penetrometriche o direct-push;*
- *campionamenti per analisi di composti volatili.*

#### *Perforazione con avanzamento a rotazione senza fluido*

I campionatori sono a rotazione e a percussione e la perforazione a secco avviene a carotaggio continuo; tecnica questa che consiste nell'utilizzare aste cave che prevedono l'uso di un carotiere al posto dello scalpello distruttore di nucleo.

#### *Tecniche penetrometriche o direct-push*

Questi sistemi utilizzano strumenti a percussione con avanzamento a secco, che permettono il campionamento del terreno, dell'aria negli interstizi dello scheletro solido insaturo e dell'acqua di falda presente nel mezzo saturo. Il principio segue quello dei penetrometri geotecnici, in base al quale un martello spinge alla profondità voluta una serie di aste, al termine del quale è presente un campionatore per prelevare la matrice. Permette il recupero di carote con diametro inferiore a 5 cm, che vengono restituite all'interno di fustelle in materiale plastico trasparente, per consentire l'ispezione visiva, il contatto del campione con l'atmosfera e agenti esterni viene minimizzato grazie alla chiusura della fustella. Possono raggiungere profondità di 25-30 m e presentano i vantaggi quali velocità e qualità di campionamento nonché costi limitati rispetto ai precedenti sistemi, ma il loro limite è legato alla presenza di macigni.

#### *Campionamenti per analisi di composti volatili*

Si usano metodologie che recuperano il campione direttamente all'interno di fiala da laboratorio con tappo in teflon, contenenti metanolo o acqua, utilizzate per le analisi chimiche, a causa delle perdite imputabili all'elevata volatilità del contaminante. Si utilizza un sub-campionatore, costituito da una siringa in plastica privata della guarnizione in gomma con la quale si preleva una piccola aliquota di terreno dalla carota, subito dopo il recupero in superficie.

#### 2.4.2. Campionamento di acqua di falda

La distribuzione di un contaminante in falda dipende dalla natura del contaminante stesso (densità, idrosolubilità, viscosità dinamica), dalle caratteristiche dell'acquifero (permeabilità, porosità, tessitura), dalla natura del rilascio (geometria della sorgente o delle sorgenti inquinanti, immissione impulsiva o continua) e dall'instaurarsi di fenomeni di biodegradazione.

#### *Il campionamento lungo la verticale*

È utile per ricostruire tridimensionalmente il grado di contaminazione; è il caso di contaminazione imputabile a composti non miscibili con l'acqua quali i *NAPL* e gli approcci sono con i piezometri o con tecniche direct-push. La massima profondità da raggiungere interessa almeno la base del primo acquifero individuato e comunque non inferiore a due terzi dell'acquifero stesso.

#### *Spurgo*

Lo scopo è quello di permettere il prelievo di un campione rappresentativo di acqua di falda, creando il minor disturbo possibile alle condizioni naturali di deflusso; per raggiungere questo obiettivo, il volume di acqua che staziona all'interno del piezometro deve essere eliminato, in quanto sottoposto a equilibri chimici e fisici differenti da quelli presenti nell'acqua di falda, in quanto l'interazione con i materiali di rivestimento del pozzo e con l'aria atmosferica rende l'acqua accumulata nel piezometro non rappresentativa delle condizioni chimico-fisiche della falda.

I criteri per la scelta dei volumi e dei tempi di spurgo vengono definiti in base a :

- **VOLUME:** si ritiene sufficiente spurgare da 3 a 5 volumi di pozzo per garantire la significatività del campione; il vantaggio è legato alla semplicità di esecuzione, anche se, nel caso di piezometri di grosso diametro, i tempi e i volumi possono essere elevati;
- **STABILIZZAZIONE DEI PARAMETRI CHIMICO-FISICI:** questo approccio consiste nello spurgo del pozzo o del piezometro, monitorando parametri quali il pH, la temperatura, la conduttanza specifica, fino alla stabilizzazione, raggiunta la quale, la portata viene ridotta ulteriormente per permettere il campionamento ;
- **LOW-FLOW PURGING E STABILIZZAZIONE DEI PARAMETRI:** si fonda sul ritenere che solo il volume di acqua al di sopra delle finestrate sia stagnante, mentre quello in corrispondenza dei tratti finestrati sia comunicazione con la falda; si effettua lo spurgo con portate molto basse (< 0,5 litri/minuto) e generando abbassamenti piezometrici minimi (< 0,1 m), è possibile prelevare l'acqua direttamente dal sistema acquifero, senza che questa

si misceli con quella stagnante, minimizzando i volumi di spurgo, il disturbo al sistema acquifero e la mobilizzazione di solidi sospesi.

### 2.4.3 Localizzazione dei punti di campionamento

#### *Suolo, sottosuolo, atmosfera del suolo e materiali di riporto eventualmente presenti in sito*

Data la particolare eterogeneità delle matrici ambientali suolo, sottosuolo e acque sotterranee, il campionamento e le analisi sono eseguite per fornire un campione rappresentativo della reale concentrazione di una determinata sostanza nell'area e nel volume campionati e l'evoluzione della concentrazione nel tempo. Nella disposizione a griglia il lato di ogni maglia varia da 25 a 100 m a seconda del tipo e delle dimensioni del sito; i punti di indagine possono essere localizzati in corrispondenza dei nodi della griglia oppure posizionati all'interno di ogni maglia della griglia, a seconda dei dati conoscitivi ottenuti sulla base dell'indagine preliminare o sulla situazione logistica (presenza di infrastrutture, per esempio).

Sulla base delle dimensioni del sito da investigare il numero dei punti di sondaggio sono :

area < 10.000 mq.....	almeno 5
area compresa 10.000 - 50.000 mq.....	da 5 a 15
area compresa 50.000 - 250.000 mq.....	da 15 a 60
area compresa 250.000 - 500.000 mq.....	da 60 a 120
area > 500.000 mq.....	almeno 2 punti ogni 10.000 mq

#### *Acque sotterranee*

I punti di prelievo aiutano a definire la caratterizzazione idrogeologica dell'area e del modello concettuale del sito e delle caratteristiche dell'acquifero che s'intende campionare (permeabilità direzione del deflusso, per esempio) in modo da caratterizzare in modo univoco l'influenza del sito sulle caratteristiche complessive degli acquiferi in esame e la mobilità degli inquinanti nelle acque sotterranee. Almeno uno dei piezometri per ciascun acquifero considerato deve essere installato immediatamente a "monte" del sito (in senso idrogeologico) in modo da costituire il valore di riferimento delle acque sotterranee in *ingresso* all'area in oggetto ed almeno uno per ciascun acquifero considerato viene posizionato immediatamente a "valle" del sito, per verificare le caratteristiche in *uscita* dal sito dell'acqua di falda. I piezometri sono realizzati a carotaggio continuo e sono costituiti da materiali compatibili con gli inquinanti presenti nel sito, hanno filtri di apertura adeguata in corrispondenza degli acquiferi da campionare e la relativa granulometria; in base alle dimensioni del sito da investigare il numero di piezometri può essere aumentato sulla base dei risultati delle analisi fisico-chimiche e della definizione dei focolai di contaminazione, in modo da controllare nel tempo l'effetto dei singoli focolai, sono :

area . 50.000 mq.....	almeno 4
area compresa 50.000 e 100.000 mq.....	almeno 6
area compresa 100.000 e 250.000 mq.....	almeno 8
area > 250.000 mq.....	almeno 1 ogni 25.000 mq.

## 3 La dismissione dei Punti Vendita Carburante

### 3.1 Generalità e riferimenti normativi

A seguito dell'emanazione del Decreto Legislativo 32/98, norma che prevede che l'attività di distribuzione carburanti sia armonizzata con le disposizioni del PRG e valutata in termini di compatibilità con le normative sulla sicurezza sanitaria, ambientale e stradale, le compagnie petrolifere hanno predisposto un piano di razionalizzazione della rete di punti vendita carburante, che comprendeva l'eliminazione degli impianti dichiarati non più compatibili. Con la pubblicazione del DM 471/99, norma che stabilisce l'obbligo di bonifica in caso di superamento anche di un solo parametro per il suolo e le acque sotterranee, per le compagnie petrolifere la pianificazione degli smantellamenti è diventata di difficile gestione a causa di una elevata frequenza di casi in cui tali limiti venivano superati con conseguente avvio del complesso e articolato procedimento previsto dall'art. 10 del DM 471/99. Le aree adibite a punto vendita carburanti sono da considerare siti potenzialmente contaminati, data la tipologia di attività e le sostanze trattate e come è facile immaginare le criticità della bonifica sono da ricercarsi nella rimozione dei serbatoi interrati. Tale procedura era soggetta agli adempimenti del Decreto Ministeriale 24/05/1999 n.246 ("Regolamento recante norme concernenti i requisiti tecnici per la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei serbatoi interrati"). Essa conteneva, infatti, le specifiche di riferimento relative alla realizzazione, all'installazione ed all'utilizzo dei serbatoi ai fini della salvaguardia e della prevenzione dall'inquinamento del suolo, delle acque superficiali e sotterranee potenzialmente causato dal rilascio delle sostanze o preparati contenuti nei citati serbatoi. Questa legge definiva nuove funzioni di indirizzo, stabilendo che l'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente (oggi APAT), avvalendosi delle ARPA, realizzasse e gestisse un sistema informativo nazionale con i dati derivanti dal censimento e registrazione dei serbatoi interrati e delle sostanze in essi contenuti. Venivano inoltre definite le autorità competenti in materia e le procedure per il rilascio delle autorizzazioni relative alle nuove installazioni, alla conduzione degli impianti esistenti, nonché alla dismissione dei vecchi serbatoi interrati o all'adeguamento di serbatoi in utilizzo in funzione dell'età di esercizio ed alla durata massima di mantenimento in esercizio dei serbatoi stessi. Erano, infine, determinate le modalità di esecuzione dei controlli mediante prove di tenuta, sui serbatoi e sulle tubazioni in esercizio ed istituito l'obbligo di mantenimento di un libretto specifico per ciascun serbatoio contenente i dati relativi all'impianto ed alle verifiche eseguite. La Corte Costituzionale, su ricorso della Provincia autonoma di Trento, ha annullato il Decreto Ministeriale sopracitato, con sentenza n.266 del 19/07/2001, dichiarando che "...non spetta allo Stato, in assenza di base legislativa, emanare il decreto del Ministero dell'ambiente 24/05/1999 e conseguentemente annulla lo stesso decreto...".

La mancanza di procedure per il corretto approccio agli interventi di smantellamento ha determinato una situazione territoriale disomogenea, che risulta regolamentata dalle precedenti normative di carattere nazionale e/o regionale e che nei primi casi di demolizione dei PVC ha dato luogo a diverse problematiche di carattere sia ambientale che sanitario tra cui la diffusione di gas e vapori nell'ambiente, durante e dopo l'intervento di demolizione (BTEX e MTBE e idrocarburi) e lo smaltimento di terreni contaminati in discarica in contrasto con i principi del D.Lgs 22/97. Inoltre la scarsità delle informazioni acquisite sul sito, fra cui la prevista "prova di tenuta" risultata molto spesso inaffidabile, impediva un'adeguata previsione del modello concettuale del sito determinando invece una facile disposizione a un frequente abuso del concetto di messa in sicurezza d'emergenza. La tendenza era quindi, anche alla verifica di un grave stato di inquinamento, di mettere in atto un intervento finalizzato all'eliminazione totale del rischio, consistente sostanzialmente in un conferimento massiccio di terreno inquinato in discarica. La carenza di informazioni del contesto ambientale e delle possibili vie di diffusione dell'inquinante impediva comunque di avere sufficienti garanzie di avvenuta bonifica del sito.

Mediante la Legge 31/07/2002 n.179 (“Disposizioni in materia ambientale”), è stato poi stabilito (art.19) che spetta al Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio definire, con proprio decreto, i requisiti tecnici per la costruzione l’installazione e l’esercizio di serbatoi interrati al fine di prevenire l’inquinamento del suolo, delle acque superficiali e sotterranee.

Elementi di particolare rilevanza della sopra citata legge sono l’indicazione dei termini massimi entro cui devono avvenire le operazioni di risanamento o adeguamento dei serbatoi esistenti e la definizione delle procedure di dismissione e messa in sicurezza dei serbatoi non più operativi nel rispetto della normativa vigente in materia di bonifiche ambientali.

Infine ricordiamo il Decreto Ministeriale 29/11/2002 predisposto dal Ministero dell’Interno che stabilisce prescrizioni relativamente ai nuovi serbatoi interrati per impianti di distribuzione dei carburanti. Questa nuova disposizione tuttavia non risulta specificatamente formulata per fini di carattere ambientale ma per la determinazione dei criteri tecnico esecutivi di realizzazione e conduzione dei manufatti.

## ***3.2 I serbatoi interrati***

### **3.2.1 Definizioni**

Si riportano, di seguito, alcune fra le più comuni definizioni in materia di serbatoi interrati a cui si farà riferimento nella presente trattazione.

#### *Serbatoio interrato*

E’ un manufatto di produzione industriale, con esclusione di tutti quei contenitori realizzati in opera, quali ad esempio le vasche in calcestruzzo armato. Per quanto concerne l’aggettivo “*interrato*” si intende la contestuale presenza di due condizioni: l’installazione sotto il piano campagna e la mancanza della diretta e visiva ispezionabilità. In realtà, si ritiene che solo quest’ultima sia la caratteristica che vale a definire un serbatoio “*interrato*”: è questa, infatti, la condizione che, in caso di perdite, comporta un reale rischio per le matrici ambientali. Pertanto, ciò che rileva è la circostanza che una parte della parete esterna non sia direttamente visibile, intendendo tale espressione nel senso che tra la parete esterna del serbatoio ed il suolo, sia garantito uno spazio intermedio che consenta di rilevare eventuali fughe del liquido. Ne deriva che si deve qualificare interrato anche un serbatoio non completamente posto sotto il piano di campagna ovvero semplicemente appoggiato al suolo, venendo meno, in tali casi, la diretta visibilità nei termini sopra descritti.

#### *Dismissione definitiva*

Si ha “*dismissione*”, quando il serbatoio viene definitivamente escluso dal ciclo produttivo/commerciale perdendo in tal modo la sua funzione originaria. Essa è contraddistinta dalla disconnessione fisica del serbatoio dalle linee di erogazione/alimentazione; infatti, fino a quando tale situazione non si concretizza, il serbatoio è soggetto ai controlli ed alle prescrizioni previste per i serbatoi in esercizio. In tale circostanza sussiste l’obbligo di bonifica del serbatoio nonché l’obbligo di messa in sicurezza definitiva o temporanea (come definito in seguito), al fine di eliminare il rischio di sversamento di prodotti nel suolo o dell’instaurarsi di condizioni di infiammabilità del liquido o dei vapori all’interno del serbatoio.

#### *Dismissione temporanea*

Consiste nella messa fuori uso del serbatoio per un periodo limitato e presuppone la rimessa in esercizio del serbatoio con la precedente funzione. Anche in questo caso si ha l’obbligo di bonifica del serbatoio nonché l’obbligo di messa in sicurezza temporanea, al fine di eliminare il rischio di sversamento di prodotti nel suolo o dell’instaurarsi di condizioni di infiammabilità del liquido o dei vapori all’interno del serbatoio.

### *Messa in sicurezza*

Il serbatoio dismesso, oltre ad essere svuotato e bonificato, deve essere “*messo in sicurezza*” fino alla eventuale rimozione e smaltimento o all’eventuale diverso o originario riutilizzo. Innanzitutto, la messa in sicurezza deve sempre garantire dal rischio di contaminazione del terreno, e talora anche dal rischio di scoppio/incendio (che potrebbe essere determinato da vapori residui in concentrazioni superiori al limite inferiore di infiammabilità) e da quello di sfondamento (dovuto alla presenza di volumi vuoti sottostanti a zone di transito). La messa in sicurezza di un serbatoio interrato da dismettere può essere di due tipi:

*messa in sicurezza temporanea*: Si applica per il tempo intercorrente tra dismissione e successiva rimozione o eventuale diverso riutilizzo del serbatoio. L’operazione è contraddistinta dall’adozione di misure che, oltre ad assicurare le condizioni specificate in precedenza, possono essere facilmente rimosse al fine di ripristinare il serbatoio alla sua funzione originale.

*messa in sicurezza definitiva*: Si applica nel caso in cui il serbatoio dismesso venga mantenuto nel sottosuolo e la rimozione non sia tecnicamente e/o economicamente fattibile. Tale intervento è caratterizzato dall’effettuazione di opere che garantiscono in via permanente la staticità del sito e, soprattutto, la sicurezza ambientale, in particolare, questa operazione, consiste nel riempimento con materiali inerti.

### 3.2.2 Competenze

Ai fini di una schematizzazione delle competenze autorizzative relativamente all’installazione dei serbatoi interrati si riporta di seguito una tabella che esprime sinteticamente la natura degli atti autorizzativi, le autorità competenti ed i riferimenti di legge attualmente in vigore in relazione alle principali tipologie d’uso del serbatoio interrato.

**Tabella 1: Autorizzazioni all’installazione di serbatoi interrati**

<i>Tipo di serbatoio</i>	<i>Tipo di autorizzazione</i>	<i>Autorità competente</i>	<i>Riferimento di Legge</i>
Impianti di distribuzione carburanti su viabilità ordinaria e ad uso privato	Autorizzazione	Comune di installazione	D.Lgs. n.32/1998 Prescrizioni Regionali
Impianti di distribuzione carburanti su autostrade e raccordi autostradali	Autorizzazione	Comune di installazione	D.Lgs.n.112/1998, (art.105, co.2 lett.f) Prescrizioni Regionali

### 3.2.3 Risanamento

I serbatoi esistenti, di cui sia verificata l'idoneità strutturale, possono essere oggetto di interventi che ne aumentino il livello di sicurezza ambientale (risanamento). Al risanamento consegue, quindi, un prolungamento dell'utilizzo del serbatoio in condizioni di efficienza; qualora, invece, risulti palese l'inidoneità degli stessi, si rende necessario procedere alla dismissione.

Le tipologie di risanamento rientrano nelle seguenti due categorie principali:

- 1) *risanamento temporaneo* si intende l'applicazione di un rivestimento anticorrosione sulle pareti interne del serbatoio in materiale che sia compatibile con il liquido contenuto, con uno spessore minimo di 2,5 mm o sistemi equivalenti di riconosciuta idoneità.
- 2) *risanamento definitivo* si intende la realizzazione, all'interno del serbatoio esistente, di una parete in materiale composto compatibile con il liquido contenuto con intercapedine dotata di monitoraggio in continuo delle perdite e idoneo sistema di controllo dell'eventuale deformazione del materiale.

Gli interventi di risanamento possono essere costituiti da:

- Applicazione di un rivestimento anticorrosione sulle pareti interne del serbatoio in materiale che sia compatibile con il liquido contenuto, con uno spessore minimo di 2,5 mm (risanamento temporaneo);
- installazione di un sistema di protezione catodica la cui applicazione necessita di una valutazione accurata in quanto di non semplice esecuzione su manufatti vetusti;
- realizzazione di una cassa di contenimento in calcestruzzo rivestita internamente con materiale impermeabile e con monitoraggio in continuo delle perdite;
- inserimento all'interno del serbatoio di una parete in materiale composto compatibile con il liquido contenuto;

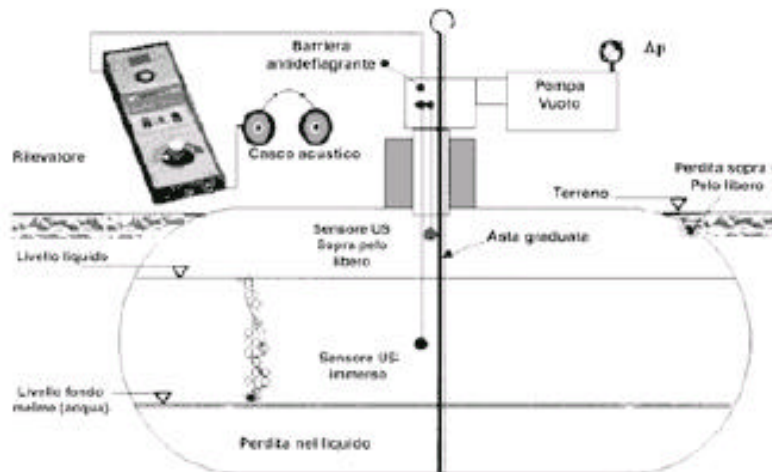
### 3.2.4 Prova di tenuta

Il sistema rileva la presenza della più piccola foratura od incrinatura, consentendo di valutare lo stato del serbatoio in modo efficiente ed affidabile. Il principio su cui si basa consiste nel sottoporre un serbatoio ad una leggera depressione (sufficiente a vincere la spinta idrostatica del prodotto contenuto) e nel rilevare gli ultrasuoni generati dalle eventuali forature o crepe presenti.

I principali vantaggi offerti possono essere così riassunti:

- ✓ Rapidità d'intervento: non richiede lo svuotamento del serbatoio, ciò consente di ridurre notevolmente i costi e i tempi per la sua esecuzione
- ✓ Assenza d'impatto ambientale: l'utilizzo di un sistema a depressione non permette la fuoriuscita di prodotto dai fori o crepe eventualmente presenti nel serbatoio
- ✓ Sicurezza: tutte le apparecchiature utilizzate operano in zona ad alto rischio ed in presenza di prodotti infiammabili.

Figura 8: Prova di tenuta attraverso metodo ad ultrasuoni



### 3.2.5 Rimozione e smaltimento

In caso di dismissione del serbatoio, il detentore è tenuto a procedere allo svuotamento e bonifica del medesimo, nonché alla messa in sicurezza fino alla rimozione e smaltimento. La rimozione viene vista come la naturale conseguenza della messa fuori uso del serbatoio. Tuttavia, a rigore, il quadro normativo vigente non consente di individuare in capo a chi dismette un vero e proprio obbligo giuridico in tal senso. La rimozione potrebbe essere oggetto di specifica prescrizione ad opera dell'autorità preposta al settore urbanistico-edilizio, nei casi in cui l'area su cui insiste il serbatoio debba essere restituita alla sua originale destinazione urbanistica. E' appunto il caso dei distributori di carburanti, per i quali l'autorizzazione edilizia allo smantellamento contempla, di norma, il ripristino dello stato dei luoghi, con rimozione di tutte le attrezzature costituenti l'impianto sopra e sotto il suolo. Anche in questo caso, tuttavia, non è da escludere che l'autorità competente si orienti diversamente e consenta che il serbatoio dismesso venga definitivamente mantenuto nel sottosuolo. In mancanza di elementi normativi certi e incontrovertibili che rendano cogente la rimozione, si conviene, che vada comunque effettuata, da parte del soggetto interessato, un'indagine ambientale con adeguata caratterizzazione del sito, mirata a rilevare l'eventuale presenza nel suolo circostante il serbatoio di sostanze che erano nel medesimo contenute. Qualora a seguito della dismissione dovessero evidenziarsi fenomeni di contaminazione si dovrà procedere alla bonifica del sito, ai sensi dell'articolo 17 del D.Lgs. 22/97.

Sul punto, è evidente che gli adempimenti prescritti in occasione della dismissione (lo svuotamento, la bonifica e la messa in sicurezza del serbatoio) non sono obiettivamente sufficienti a rilevare quei fenomeni di inquinamento che possono aver interessato la matrice ambientale a contatto con il serbatoio. Le stesse considerazioni possono valere anche per le prove di tenuta che siano state nel tempo eseguite sul serbatoio: tali verifiche, infatti, per le modalità e la periodicità di esecuzione, non consentono di escludere in via assoluta episodi di contaminazione del suolo, anteriori o in atto all'epoca della dismissione. Il problema delle perdite, inoltre, è solo in parte legato alla tenuta dei serbatoi, spesso è dovuto al sistema di carico, in particolare alla mancata impermeabilizzazione dei pozzetti di alloggiamento del boccaporto di carico, nel passato, spesso realizzati in muratura, da cui piccole perdite progressivamente possono diffondersi nel sottosuolo.

Pertanto, si ritiene opportuno - quanto meno qualora sussistessero condizioni di rischio, come sarà più oltre specificato - che alla eventuale notifica della dismissione, venga allegata apposita relazione tecnica, la quale, oltre a descrivere le modalità della messa in sicurezza (elenco delle operazioni eseguite), preveda l'esecuzione di indagini ambientali condotte sulle diverse matrici ambientali. Quest'ultima, in particolare, dovrà essere condotta in modo da evidenziare il rispetto dei limiti di cui al D.M. 471/99, relativamente alle sostanze stoccate nel serbatoio.

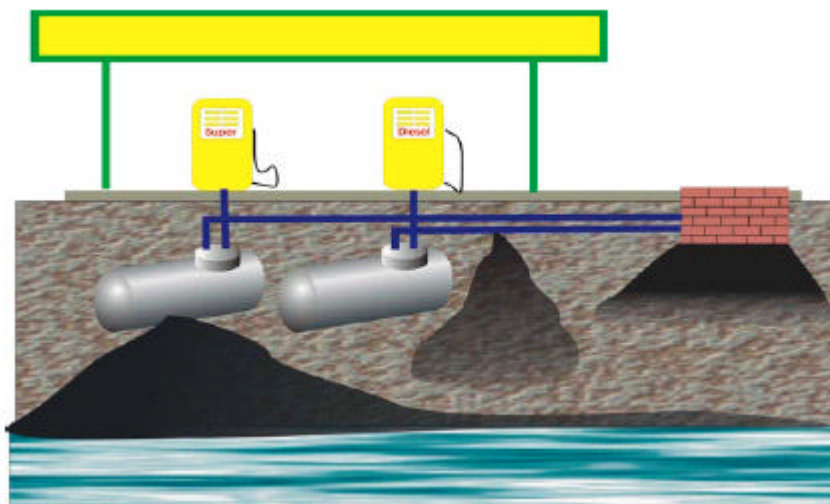
### **3.3 Elementi di rischio da inquinamento nei punti vendita carburanti**

Il rischio di contaminazione è particolarmente elevato negli impianti più vecchi, costruiti senza gli attuali accorgimenti, atti a prevenire perdite di prodotto: monitoraggio in continuo della pressione di intercapedine dei serbatoi, canalizzazione delle tubazioni, passo d'uomo a tenuta, carico concentrato, ecc.. Durante le attività di controllo si è evidenziato che il rischio di inquinamento, legato alla corrosione delle cisterne e delle tubazioni interrato, aumenta negli impianti localizzati su terreni a tessitura fine (limi e argille) e in prossimità di linee elettriche e ferroviarie a causa della presenza di correnti vaganti.

I punti critici di un impianto di distribuzione carburanti sono:

- serbatoi
- tubazioni e giunti
- passi d'uomo
- bocche di carico

**Figura 9: Schematizzazione delle possibili cause di inquinamento in un Punto Vendita Carburanti**



I bersagli più significativi, oggetto degli effetti della contaminazione, sono rappresentati da:

#### **Popolazione**

- inalazione gas e vapori in ambienti chiusi e all'aperto;
- contatto dermico;
- ingestione;
- cibi che hanno bioaccumulato sostanze inquinanti.

#### **Risorse ambientali**

- acque sotterranee;
- suolo e sottosuolo;
- ecosistemi.

## **4 La dismissione dei punti vendita carburanti in Emilia Romagna**

### **4.1 Premessa**

Come detto in precedenza i punti vendita carburanti sono classificati come siti potenzialmente contaminati. Tali siti rappresentano tutte quelle aree nelle quali si presuppone sia in atto un'alterazione puntuale delle caratteristiche naturali del suolo e delle acque, da parte di uno o più agenti inquinanti cioè che per la loro storia possono avere subito un inquinamento del suolo e/o delle acque sotterranee. Al fine di non ostacolare il piano di rinnovo e razionalizzazione degli impianti di distribuzione di carburanti mantenendo nello stesso tempo le necessarie garanzie per la bonifica e il ripristino delle aree e con l'obiettivo di individuare dei criteri per l'applicazione di procedure semplificate la Regione Emilia Romagna, con il supporto di ARPA, Comune di Bologna e, limitatamente ad una parte sperimentale, Petroltecnica s.r.l., ha predisposto la Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2003 n.1562 di applicazione dell'articolo 13 e per le modalità e i criteri per la rimozione di serbatoi interrati presso i punti vendita carburanti. L'obiettivo è quello di ottenere una suddivisione dei punti vendita carburanti in base al livello di rischio mediante un approccio simile a quello utilizzato per l'analisi di rischio relativa e di individuare, per ciascuna delle classi, procedure di smantellamento differenziate.

### **4.2 Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2003 n.1562**

#### **4.2.1 Ambito di applicazione e finalità**

I siti oggetto di tale Deliberazione dovranno rispondere ai requisiti dettati dall'art. 13 del DM 471/99:

- il volume di terreno contaminato non deve essere superiore a cento metri cubi;
- il progetto non deve riguardare interventi che prevedano il permanere nel sito del materiale inquinato, ai sensi dell' art.5 o dell'art.6 del DM 471/99;
- l'area non deve essere oggetto di procedura di valutazione di impatto ambientale.

Oltre alle condizioni imposte dall'art.13 la deliberazione impone che:

- non debba sussistere inquinamento delle acque superficiali o sotterranee;
- l'intervento deve essere l'unico previsto sul sito ai sensi dell'art.17 del Dlgs n. 22/97, cioè risolutivo dell'inquinamento riscontrato.

In sintonia con l'approccio metodologico del D.M. 471/99 e come specificato espressamente dalla deliberazione 1562/2003, le società petrolifere coinvolte o i proprietari degli impianti dovranno fornire a Regione e Provincia un elenco dei punti vendita in dismissione o comunque soggetti ad operazioni di bonifica con associato ad ogni sito la "valutazione del rischio relativo" effettuata dalla stessa società, tali punti saranno individuati su mappa a scala regionale, attraverso un sistema georeferenziato, in coordinate UTM. Verrà fornito inoltre un programma temporale di dismissione in modo da concordare con enti pubblici e di controllo i tempi di intervento in base al rischio ambientale connesso con i siti. Fine ultimo della deliberazione è la formulazione di un modello concettuale del sito per individuare le azioni di messa in sicurezza necessarie alla eliminazione o al contenimento della contaminazione.

#### 4.2.2 La procedura prevista

La procedura di applicazione della deliberazione è suddivisa in fasi:

- FASE I: Raccolta dati e valutazione preliminare del rischio;
- FASE II: Investigazione iniziale (rilievo dei gas interstiziali);
- FASE III: Esecuzione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale.

In base ai risultati dell'analisi di rischio comparata (fase 1) si procede al rilievo dei gas interstiziali, Soil Gas Survey (fase 2) e quindi all'intervento di bonifica e ripristino ambientale (fase 3) secondo il procedimento semplificato oggetto della direttiva ovvero la procedura autorizzatoria ordinaria (art. 10 DM 471/99).

#### ***FASE UNO - RACCOLTA DATI E VALUTAZIONE PRELIMINARE DEL RISCHIO***

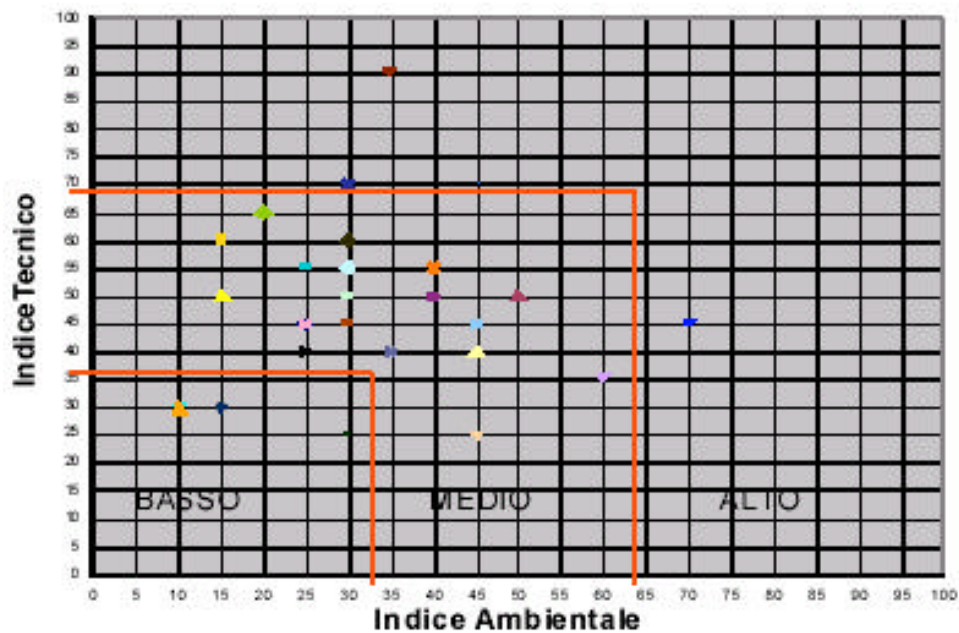
##### ***Raccolta dati***

L'allegato 1 della delibera così come riportato integralmente nell'appendice 1 del presente studio, definisce alcuni parametri fondamentali per la definizione preliminare del rischio chiamati indici ed associa ad ognuno di essi un peso relativamente alla criticità ambientale o tecnica riscontrata in sito. In questa fase, dunque, saranno raccolti i dati necessari per l'individuazione dei valori da assegnare agli indici. I parametri da utilizzare per la prima valutazione del rischio sono suddivisi in:

- *Cinque parametri ambientali*, descrittivi della situazione ambientale specifica del sito (litologia superficiale, presenza di falde, ecc.).
- *Otto parametri tecnici*, connessi alle caratteristiche strutturali e storiche dell'impianto (età, sostanze trattate, vetrificazione dei serbatoi, ecc.).

Per raccogliere i dati ambientali sarà opportuno effettuare sopralluoghi e sondaggi esplorativi, giustificando la fonte dei dati. In caso di dati incerti, dovranno essere scelti i valori più conservativi. Dopo aver associato a ciascun parametro il valore ricavato ed il corrispondente peso, si farà una sommatoria (S) dei pesi relativi ai dati ambientali ed una sommatoria (S) di quelli impiantistici, per la stima di un Indice Ambientale e di un Indice Tecnico. I due Indici saranno riportati su un diagramma cartesiano, con in ascissa i valori dell'Indice Ambientale (da 0 a 100) ed in ordinata i valori dell'indice Tecnico (da 0 a 100). Tale screening avrà come obiettivo la valutazione, per ogni sito, del potenziale di pericolosità connesso alla contaminazione e della complessità attesa per la programmazione degli interventi di bonifica e ripristino dell'area.

Figura 10: Analisi di rischio su P.V.C.



Per entrambi gli indici:

- valori inferiori a 35, corrisponderanno ad un RISCHI BASSO
- valori compresi tra 35 e 65, corrisponderanno RISCHIO MEDIO
- valori maggiori di 65, corrisponderanno ad un RISCHIO ALTO

Si individueranno così tre porzioni di diagramma come indicato alla Fig XXX Oltre al dato derivante dalla sommatoria degli indici ambientali e tecnici il progetto di smantellamento del sito dovrà essere corredato da una relazione tecnica, riportante le seguenti informazioni:

- a) localizzazione del sito in relazione ai potenziali bersagli per dispersione di VOC (Composti Organici Volatili) durante le fasi di intervento (residenti, scuole, ospedali, locali interrati...) entro un raggio di almeno 100 m;
- b) età dell'impianto;
- c) mappatura dei serbatoi, con allegate caratteristiche: numero, volume, età, profondità e composti commercializzati;
- d) caratteristiche idrogeologiche: profondità del primo acquifero (base e tetto) e valore di soggiacenza della prima falda idrica;
- e) utilizzo della prima falda idrica;
- f) caratteristiche dei terreni (litologia, porosità, permeabilità, etc.);
- g) valutazione ipotetica della quantità versata e dell'area di influenza della contaminazione (modello conservativo concettuale).

I dati relativi alla stratigrafia del terreno, possono essere desunti da studi condotti per aree vicine, eventualmente con un sondaggio e stratigrafia di controllo per la verifica dei principali parametri. È possibile valutare la stratigrafia qualitativa mediante prove indirette, "tarate" su indagini dirette eseguite in adiacenza al sito.

## ***Valutazione dei dati e scelta della procedura***

Sulla base dei risultati della valutazione del rischio relativa verrà individuata la procedura da seguire per le successive fasi di intervento cioè:

In caso di rischio Basso .....Procedura Semplificata.

In caso di rischio Medio o Alto.....Fase 2 – Analisi dei gas interstiziali.

### ***FASE 2 – ANALISI DEI GAS INTERSTIZIALI***

Questa fase, riguardante solo i punti vendita che rientrano nelle classi di rischio Medio e Alto, è costituita dal rilievo dei gas interstiziali del sottosuolo (Soil Gas Survey) in corrispondenza del parco serbatoi da rimuovere. Il Soil Gas Survey è una tecnica di indagine che viene svolta sul tratto di suolo insaturo, per rilevare la presenza di sostanze organiche volatili; queste possono essere presenti assorbite alle fasi solide del suolo, in fase aeriforme nei pori del suolo, in fase liquida in galleggiamento sulla falda o dissolte in soluzione. I composti organici volatili passano nella zona insatura, dove vengono rilevati in maniera semiquantitativa, esprimendo la concentrazione nel suolo. Considerato che le sostanze possono essere presenti anche in galleggiamento, è importante che le sonde di rilevamento si avvicinino il più possibile al livello della falda superficiale. L'ubicazione dei punti di prelievo in corrispondenza del parco serbatoi interrati sarà valutata come segue:

- 2 punti per ogni serbatoio, a profondità diverse, se il terreno è prevalentemente argilloso (permeabilità < 10 –5 cm/sec);
- in caso contrario si effettueranno analisi ad ogni metro, in base alla supposta stratigrafia, fino al raggiungimento di uno strato più compatto che costituisca una sorta di barriera naturale alla discesa del contaminante (o al raggiungimento della falda).

Per ogni serbatoio dovrà comunque effettuarsi un'analisi alla quota su cui appoggiano i serbatoi. I fori dovranno essere ubicati alla distanza di almeno 1,5 m dai pozzetti dei serbatoi stessi, allo scopo di evitare di riscontrare valori non rappresentativi della situazione generale al contorno, in quanto i pozzetti sono spesso sede di modeste infiltrazioni di idrocarburi che si adsorbono sulle pareti dei pozzetti stessi. Un prelievo verrà comunque effettuato in una zona distante dal parco serbatoi, in modo da ottenere un valore di fondo naturale della zona in esame.

La perforazione per il soil gas survey, può essere eseguita mediante una delle due tecniche seguenti:

- 1) *sondine cave in acciaio*, forate all'estremità inferiore, inserite con penetrometro, ad una profondità variabile, in dipendenza della profondità della falda. Il diametro potrà essere di 1/2, 3/4, o max 1 pollice. Tale metodologia di indagine risulta particolarmente valida nel caso di falda superficiale (max 3 metri di profondità) per identificare, in maniera speditiva ed a costi relativamente contenuti, eventuali focolai di contaminazione o l'estensione dei pennacchi di sostanze inquinate in galleggiamento sulla falda. L'applicazione della metodologia è legata alla natura dei materiali costituenti gli strati superficiali di terreno, sia per le difficoltà di penetrazione della sonda in terreni molto consistenti o in presenza di ghiaie, sia per la possibilità che lenti limose argillose possano costituire una barriera per la migrazione dei volatili in superficie.
- 2) *sondine cave d'acciaio o in PVC, da 20 o 25 mm*, forate all'estremità inferiore, installate mediante sonda a rotazione o percussore, su un foro di diametro 50 mm e cementate, fino a raggiungere il pelo libero della falda; affinché l'indagine soddisfi le esigenze di un campionamento speditivo non può essere superata la profondità di 5 m.

Il metodo di prelievo e campionamento deve prevedere le seguenti operazioni:

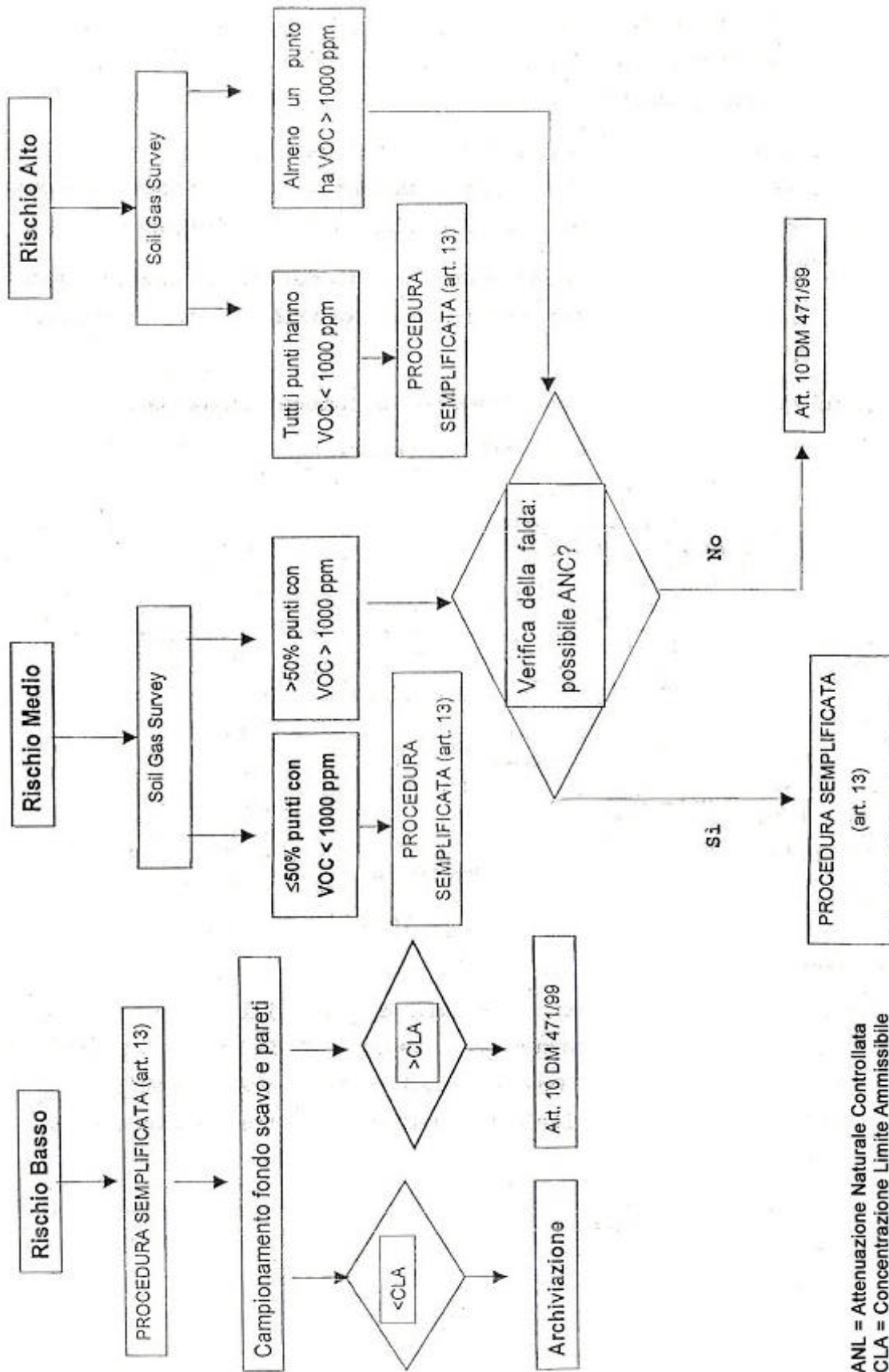
- 1) Sostituzione delle sonde ad ogni misura, ove non cementate, se sono rilevate concentrazioni di composti organici volatili.
- 2) Sigillatura temporanea dell'intercapedine perforo-sondina in corrispondenza del piano campagna, allo scopo di evitare diluizioni dei gas interstiziali con l'atmosfera.
- 3) Prelievo e misura dei campioni di gas interstiziali mediante le pompe di aspirazione in dotazione agli strumenti di misura.

In ogni punto verranno rilevate le concentrazioni di:

- a) Composti Organici Volatili totali,
- b) Metano,
- c) Idrogeno solforato,
- d) Ossigeno
- e) Anidride Carbonica.

Questi ultimi due parametri consentono di evidenziare, anche in assenza di composti volatili, indizi di attività di biodegradazione di composti organici potenzialmente connessi alla presenza di idrocarburi nel sottosuolo. I valori riscontrati con la misura dei gas interstiziali verranno elaborati per la costruzione delle *carte di isoconcentrazione* dei parametri rilevati. Si dovrà specificare la metodologia di acquisizione del dato, per la valutazione della sua rappresentatività. I dati relativi alla stratigrafia del terreno saranno verificati con almeno un sondaggio di controllo per la verifica dei principali parametri, se non eseguito precedentemente. Sulla base dei dati ottenuti verrà preparata una relazione tecnica, in cui saranno presentati ed elaborati i dati raccolti, e sarà fornita una loro interpretazione. I punti critici devono essere concordati con ARPA, e si eseguirà un'analisi ogni 4 serbatoi in cui sarà riscontrato un valore di VOC > 1000 ppm.

Figura 11: Schema di flusso delle attività per la rimozione di serbatoi interrati



ANL = Attenuazione Naturale Controllata  
 CLA = Concentrazione Limite Ammissibile

## VALUTAZIONE DATI E SCELTA DELLA PROCEDURA

Per la scelta della procedura semplificata si procederà secondo lo schema della figura della pagina precedente e cioè:

- In caso di **Rischio Medio**: se solo in un numero inferiore al 50% dei punti di valutazione del gas survey il valore dei VOC supera i 1000 ppm, si applica la PROCEDURA SEMPLIFICATA; in caso contrario, si verifica se la prima falda è contaminata e se le concentrazioni sono tali per cui si ha un risanamento attraverso una attenuazione naturale controllata si applica la procedura semplificata, in caso contrario si notifica ai sensi dell'art.9 e si presenta una relazione tecnica che potrà unificare il Progetto preliminare ed il progetto definitivo, per il risanamento delle acque. Per il terreno si procederà come nel caso del rischio basso fatte salve le condizioni di applicazione della presente deliberazione.
- In caso di **Rischio Alto**: se in tutti i punti di valutazione del gas survey il valore dei VOC risulta inferiore a 1000 ppm, si applica la PROCEDURA SEMPLIFICATA; se almeno in un punto il valore dei VOC supera i 1000 ppm, si procede come esplicitato nel caso del Rischio Medio nella verifica di contaminazione della prima falda e successive procedure. Per il terreno si procederà come nel caso del rischio basso fatte salve le condizioni di applicazione della presente deliberazione.

Eseguite la FASE UNO e la FASE DUE, in caso di impossibilità di procedere con la PROCEDURA SEMPLIFICATA, si seguirà quella prevista dall'art.10 del DM 471/99 con presentazione del Piano di Caratterizzazione, e successivamente del Progetto Preliminare e Definitivo di bonifica. In base alla semplicità del caso potrà essere presentato un unico elaborato, per l'approvazione del Comune, che emetterà l'atto di approvazione, sentito il parere della Conferenza dei Servizi.

### 4.2.3 Descrizione della procedura semplificata

Come richiesto dall'art.13, deve essere presentato un progetto degli interventi previsti, 60 giorni prima dell'inizio lavori; in tale periodo di tempo, il Comune può richiedere integrazioni o stabilire prescrizioni e modalità d'esecuzione o impedire l'esecuzione degli interventi che non rispettino i criteri stabiliti dalla Regione, individuati dalla procedura semplificata. La comunicazione del giorno previsto per la rimozione dei serbatoi, scavo e trasporto del terreno contaminato a trattamento dovrà essere concordato con Comune e ARPA; a conclusione dei lavori sarà presentata una relazione conclusiva agli enti competenti (Comune, Provincia, Regione ed ARPA). Le attività di bonifica e ripristino ambientale dovranno avere una durata non superiore ai 30 giorni. La relazione finale sarà presentata entro 60 giorni dall'inizio dei lavori. La procedura semplificata potrà essere adottata solo nel caso in cui siano rispettati i requisiti previsti al paragrafo "ambito di applicazione".

#### *Contenuti del progetto*

Il progetto dovrà contenere:

- 1) Elenco dei requisiti sopra richiamati per l'applicazione procedura semplificata e loro giustificazione. Per accertare l'assenza di contaminazione nelle acque superficiali e sotterranee, si chiede almeno una analisi in 2 piezometri (una a valle e uno a monte), se è nota la direzione di falda, in 3 se non nota, in punti prossimi all'area "sorgente", da concordare con Arpa. Per la acque superficiali si chiede di verificare l'assenza di contaminazione sempre in caso di distanza inferiore di 10 m, con prevalenza di terreni ghiaiosi, sabbiosi, sabbie limose;
- 2) Esito delle fasi 1 e 2;

- 3) Cartografia estratta dal PRG vigente con l'esatta indicazione dell'area oggetto dell'intervento;
- 4) Stima delle superfici e dei volumi contaminati e Piano delle indagini da effettuare per la verifica delle cubature di terreno contaminato, con l'indicazione dei principali contaminanti (idrocarburi (C<12, C>12); (BTEX) benzene, toluene, etilbenzene, xileni; MTBE; piombo);
- 5) Eventuali atti amministrativi o giudiziari inerenti le attività presenti o che sono state presenti nel sito (o in aree di confine col sito se d'interesse) o inerenti alla contaminazione;
- 6) Stima dei costi e valutazione delle alternative d'intervento, valutando come parametri, in ordine di priorità:
  - Esistenza di trattamenti in alternativa alla discarica; una società che ha più di un sito contaminato dalle stesse tipologie di sostanze, deve valutare la possibilità di affrontare il risanamento di tutti i siti sfruttando economie di scala;
  - Tempi di intervento, giustificati in base ad esigenze principalmente collettive;
  - Costi di intervento;
- 7) Destinazione finale dei rifiuti eventualmente prodotti;
- 8) Piano della sicurezza che valuti in modo particolare: movimentazione dei mezzi per il trasporto (limitare il più possibile l'ulteriore contaminazione provocata dalle ruote o dalla polverosità del terreno o dalla volatilità dei contaminanti); diversità di accessi in caso in cui siano presenti cantieri edili; adeguata copertura di eventuali cumuli in caso di stoccaggio temporaneo del terreno contaminato, adeguata cartellonistica in caso di buchi o stoccaggio di materiali pericolosi,...
- 9) Azioni per il ripristino dell'area;
- 10) Azioni tese alla verifica del raggiungimento degli obiettivi previsti.

Eseguite le operazioni di bonifica previste sarà redatta una **RELAZIONE FINALE** per la chiusura della procedura e per l'archiviazione del caso, nella quale saranno indicati:

- gli effettivi volumi trattati e/o smaltiti, con l'indicazione dei luoghi e le modalità di conferimento a trattamento o smaltimento,
- i costi effettivi sostenuti,
- le analisi tese alla verifica dell'esecuzione della bonifica e del raggiungimento degli obiettivi previsti.

#### 4.2.4 Rimozione dei serbatoi interrati in caso di procedura semplificata.

Al momento dell'estrazione dei serbatoi interrati si ritiene opportuno prelevare campioni di terreno, con i mezzi di scavo presenti in cantiere, per poter separare nello stoccaggio il terreno contaminato da quello riutilizzabile per il ripristino. Inoltre si chiede che:

Nel corso dei lavori di escavazione verrà continuamente monitorata la qualità dell'aria ambiente nelle immediate vicinanze dell'area di lavoro. Questo sarà effettuato utilizzando una strumentazione a lettura diretta (fotoionizzatore). In tal modo potrà essere verificato l'effettivo impatto delle operazioni di escavazione sulla qualità dell'aria nelle adiacenze della zona di lavoro. In ogni caso, qualora nel corso delle operazioni venissero superati i limiti massimi di accettabilità previsti dalle normative vigenti in materia di emissioni ed esposizione, verranno adottati tutti gli opportuni accorgimenti per minimizzarne l'impatto (sospensione dei lavori, copertura dell'area di scavo, etc.). Il materiale necessario all'eventuale copertura dell'area dovrà essere presente, pronto all'uso in caso di necessità, per evitare tempi lunghi per la sua reperibilità. Preventivamente alle operazioni di scavo andranno individuate e predisposte idonee aree per lo stoccaggio provvisorio dei terreni "non inquinati" e contaminati, dei rifiuti presenti e dei materiali di demolizione; successivamente saranno protetti con teli impermeabili, in funzione della destinazione finale.

Il terreno eventualmente risultato contaminato verrà separato da quello "non inquinato" e inviato immediatamente all'impianto di trattamento e/o smaltimento definitivo. Il terreno "non inquinato"

potrà essere riutilizzato per il ripristino dello scavo. Per terreno non inquinato si intende quello con concentrazioni inferiori alla tabella A del DM 471/99, o con le stesse caratteristiche del fondo naturale, o con concentrazioni superiori, in relazione alla qualità dell'acqua prevista per i corsi d'acqua sotterranei, ai sensi del Dlgs 152/99 (vedi PTCP delle Province, descritto nella L.R. n.20 del 2000) e dell'analisi di rischio del sito.

Al termine delle operazioni di escavazione, dalle pareti e dal fondo dello scavo di posa del serbatoio interrato verranno prelevati dei campioni di terreno per le analisi chimiche di laboratorio. Per ogni scavo di sbancamento, deve essere effettuato 1 campione sotto ogni serbatoio e uno quale sommatoria di 4 campioni, uno su ciascuna parete. I campioni saranno conservati a bassa temperatura fino al loro recapito al laboratorio, dove verranno analizzati per la determinazione dei seguenti parametri, così come previsto dal D.M. 471/99:

- ✓ idrocarburi (C<12, C>12);
- ✓ benzene, toluene, etilbenzene, xileni (BTEX);
- ✓ MTBE;
- ✓ piombo.

Le operazioni di campionamento e le metodiche analitiche di laboratorio dovranno essere concordate con ARPA, al fine di minimizzare le difformità tra risultati ottenuti con procedimenti differenti, fase conclusiva della procedura è il confronto dei dati analitici con le tabelle del D.M. 471/99.

## 5 Applicazione del Metodo: caso studio

La seguente documentazione è stata gentilmente fornita da Petroltecnica S.r.l.

La stessa azienda per motivi di privacy e per direttive aziendali, si riserva di omettere l'ubicazione del sito oggetto di studio e l'identità della committenza.

### ***5.1 Programma tecnico di accertamento preliminare dello stato di qualità del sottosuolo ai sensi della Delib. G.R. Emilia-Romagna n°1562/2003***

#### 5.1.1 Introduzione

La presente relazione tecnica illustra i risultati delle indagini di caratterizzazione dello stato di qualità del sottosuolo di cui al punto 4.2.3, preliminari alla programmata dismissione di un punto vendita carburanti ubicato in Emilia Romagna e sottoposto alle procedure semplificate della delibera 1562/2003.

L'indagine si è articolata in due distinte fasi:

- ✓ raccolta dati e valutazione preliminare del rischio;
- ✓ rilievo dei gas interstiziali.

Le attività svolte sono state finalizzate a caratterizzare preliminarmente lo stato di qualità del sottosuolo dell'area del punto vendita carburanti, relativamente alla presenza di idrocarburi.

#### 5.1.2 Raccolta dati

##### *Localizzazione del sito*

L'impianto di distribuzione carburanti oggetto della presente relazione tecnica, è situato nel Comune di (Omissis). L'area oggetto di studio copre una superficie complessiva pari a circa 1500 m<sup>2</sup> ed è ubicata al di fuori del centro del Comune, in una zona caratterizzata in parte da edifici ad uso abitativo e in parte da campi coltivati.

Come riportato in planimetria (Figura 12) alla pagina che segue, l'impianto ha un parco serbatoi costituito da 6 cisterne interrato per lo stoccaggio di carburanti così composto:

- ✓ n°2 serbatoi di benzina super senza piombo da 10 m<sup>3</sup>;
- ✓ n°1 serbatoio di benzina super da 10 m<sup>3</sup>;
- ✓ n°1 serbatoio di gasolio da 10 m<sup>3</sup>;
- ✓ n°1 serbatoio di olio da 3 m<sup>3</sup>;
- ✓ n°1 serbatoio di GPL da 15 m<sup>3</sup>.

Il P.V.C. risale al 1965; da informazioni fornite dalla Committente, l'impianto non è mai stato oggetto di interventi di ristrutturazione.



### *Strumenti urbanistici*

In questa sezione vengono riportati i riferimenti catastali (di cui si omettono gli estremi) e i riferimenti di identificazione della destinazione d'uso del sito come da Piano Regolatore Generale. Dalla consultazione della Carta di Destinazione d'Uso del Suolo del P.R.G. del Comune, l'area in esame ricade nell'ambito delle *zone extraurbane* ed è classificata come *zona omogenea EI, agricola normale*.

### *Inquadramento geologico*

Il Comune ha un'estensione di 137,13 km<sup>2</sup>. Dal punto di vista geologico, il territorio costituisce un grande bacino subsidente plio-quadernario; l'area è caratterizzata dalla presenza di terreni costituiti da depositi alluvionali di copertura, che poggiano su depositi sedimentari di origine marina di età compresa tra il Pleistocene inferiore ed il Miocene, potenti alcune migliaia di metri, costituiti prevalentemente da argille compatte e marne con intercalazioni sabbiose o arenacee.

La copertura alluvionale è costituita dalle sabbie depositate dal Fiume xx il cui spessore diminuisce sensibilmente da Nord verso Sud intercalate ai più potenti sedimenti per lo più argilloso-limosi dei Fiumi xxx e x. Il substrato, costituito da terreni marini, forma immediatamente a Nord del territorio una particolare struttura positiva (anticlinale), che continua verso W-SE e che condiziona fortemente la copertura alluvionale di questo settore per la presenza di dislocazioni (faglie). I movimenti connessi a tale dorsale e tuttora attivi, hanno condizionato in epoche passate la configurazione della rete idrografica naturale. La presenza di questa struttura determina particolari condizioni idrogeologiche nel sottosuolo. Al di sotto della copertura alluvionale si sviluppa una successione potente migliaia di metri di sedimenti marini.

### *Inquadramento geomorfologico e litologia di superficie*

Il territorio comunale da un punto di vista litologico è suddivisibile in due distinti settori:

- il settore a Sud caratterizzato da terreni permeabili (sabbie e limi), con un andamento delle varie lenti nel senso degli elementi morfologici e idrografici di provenienza appenninica (NS o SW-NE).
- il settore a Nord caratterizzata da terreni prevalentemente argillosi, con argille abbondantemente distribuite e con caratteristica disposizione delle lenti dei diversi litotipi.

Vi è subito da notare che i terreni prevalentemente sabbiosi-limosi corrispondono in genere alle zone topograficamente più rilevate e rappresentano, talvolta, paleoalvei dei corsi d'acqua sia principali che minori. Il territorio comunale è caratterizzato morfologicamente dalla presenza di due zone ribassate, una meridionale ed una settentrionale, le quali risultano separate da una zona topograficamente rilevata ed allungata in senso Est-Ovest.

### *Inquadramento idrologico ed idrogeologico*

Pur riscontrandosi in superficie vasti affioramenti di sabbie in corrispondenza di alcuni paleoalvei con valori massimi di infiltrazione efficace pari al 25%, l'alimentazione dipende in gran parte dal Fiume x, il cui alveo è in comunicazione con uno strato sabbioso arealmente molto esteso e che è generalmente ricoperto da uno strato argilloso-limoso di pochi metri di spessore vicino al Fiume x e potente fino a 18 m ad una ventina di chilometri di distanza presso il Comune.

Le modalità di alimentazione della falda risultano ancora più chiare se si fa riferimento agli andamenti topografici. La situazione strutturale del terreno e le quote topografiche fanno sì che la falda risulti in pressione ed in equilibrio con i livelli idrometrici del fiume stesso che la alimenta, pensile rispetto al piano campagna circostante. Il Comune è caratterizzato da una prima falda freatica disposta in generale a profondità modesta dal piano campagna, compresa tra 2 e 4 metri.

Tale falda, così detta libera, è caratterizzata da bassi valori di trasmissività, da una variabilità del proprio livello in stretta relazione con gli apporti meteorici e con la rete di canalizzazione, essendo alimentata prevalentemente per infiltrazione superficiale.

Ad oggi tale falda trova scarsa utilizzazione e viene captata con pozzi tradizionali per innaffiare orti e giardini o per rifornire modesti impianti di irrigazione, raramente per abbeverare il bestiame, in nessun caso si fa uso idropotabile.

L'idrografia superficiale dell'area risente fortemente delle opere di bonifica che sono state attuate negli ultimi due secoli; infatti è caratterizzata dalla presenza di canali per lo più artificiali e dall'andamento rettilineo, spesso arginati (da botte sottopassanti e da impianti di sollevamento) che hanno il compito di trasmettere l'acqua dalle zone ribassate alle zone più rilevate.

Le acque del Comune vengono condotte a sfociare nel Fiume x grazie ad un impianto di sollevamento. Per quanto riguarda l'esondabilità della zona studiata, se è vero che fisicamente il territorio comunale risulta esondabile, in realtà tali eventi alluvionali attualmente hanno scarse possibilità di verificarsi in relazione sia ai lavori di potenziamento ed innalzamento degli argini del Fiume xx lungo tutto il tratto in esame, sia alla costruzione a monte, delle casse di espansione. Come si può osservare dalla Carta della Vulnerabilità l'area in esame presenta un grado di vulnerabilità medio-basso. In prossimità del sito, la falda idrica dovrebbe avere una soggiacenza pari a circa 1,6 m dal piano campagna.

#### *Atti amministrativi e giudiziari riguardanti il sito*

La committenza ha ottenuto dal Comune l'autorizzazione per la rimozione dell'impianto carburante.

#### 5.1.3 Valutazione preliminare del rischio

Per la valutazione del rischio ambientale e del rischio tecnico connesso alla presenza di serbatoi interrati presso la stazione di servizio in oggetto, sono stati analizzati e valutati una serie di elementi finalizzati a definire il grado di sensibilità del sito stesso. In relazione a questa prima valutazione è stato possibile attribuire una classe di rischio al sito in esame.

Nelle tabelle che seguono si riportano gli indici e i pesi dei parametri ambientali e tecnici attribuiti in base ai dati riscontrati per il P.V.C. e in relazione all'Allegato 1 Indici e Pesi riportato in Appendice 1

**Tabella 2: Indice ambientale**

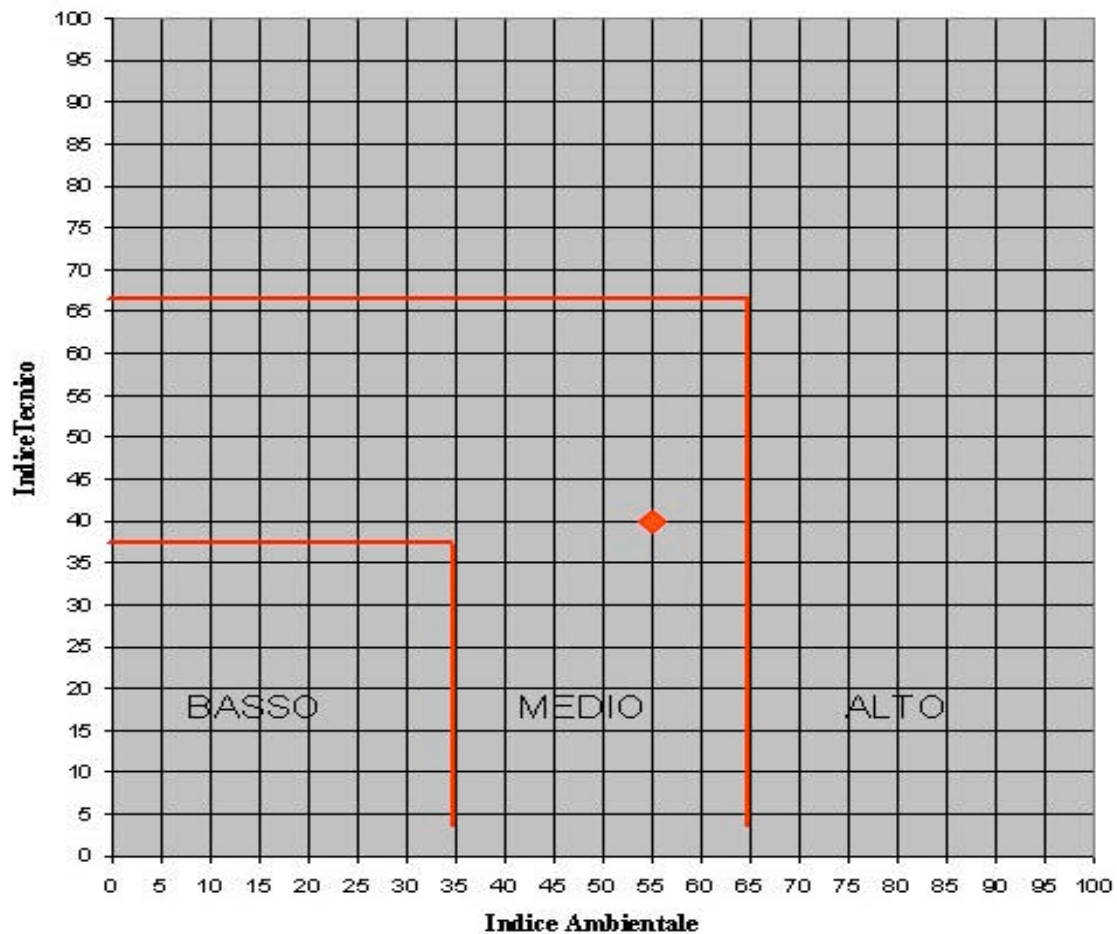
Parametri	Peso
Distanza da semi interrati	0
Profondità di falda	30
Distanza da Recettori (Laghi/Fiumi/Mare, ecc.)	10
Litologia superficiale	10
Pozzi acqua (uso industriale,irriguo,potabile)	5
<b>Totale</b>	<b>55</b>

**Tabella 3: Indice tecnico**

Parametri	Peso
Linee telefoniche/elettriche	5
Scarico centralizzato	10

Sostituzione serbatoi corrosi	0
Sostituzione tubazioni corrose	0
Tramvie e ferrovie	0
Età Impianto	20
Vetrificazioni negli ultimi 5 anni	0
Numero di serbatoi	5
<b>Totale</b>	<b>40</b>

**Figura 13: Matrice di rischio Ambientale**



Sulla base delle informazioni ottenute durante la fase di raccolta delle informazioni sia in termini tecnici (età e numero dei serbatoi, vetrificazioni, ecc.) sia ambientali (distanza da locali seminterrati, profondità di falda, ecc.), e dall'analisi della figura sopra riportata, l'area di distribuzione carburanti è classificata a medio rischio. Pertanto, si procede con l'esecuzione del *Rilievo dei gas interstiziali* secondo lo schema riportato in Figura 11

#### 5.1.4 Analisi dei gas interstiziali (Soil Gas Survey)

Il rilievo dei gas interstiziali del sottosuolo (*Soil Gas Survey*) è stato effettuato in corrispondenza del parco serbatoi da rimuovere e delle linee di distribuzione interrato. Questa tecnica di indagine viene svolta sul tratto di suolo insaturo, per ricavare la presenza di sostanze organiche volatili. Lo schema operativo di indagine è di seguito riassunto:

1. Ubicazione dei punti di prelievo in corrispondenza del parco serbatoi interrati: n° 2 misure per ogni serbatoio, a profondità diverse, se il terreno è prevalentemente argilloso (permeabilità  $<10^{-5}$  cm/sec); in caso contrario, si effettueranno misure ad ogni metro, in profondità, in base alla supposta stratigrafia, fino al raggiungimento di uno strato più compatto che costituisca una sorta di barriera naturale alla discesa del contaminante (o al raggiungimento della falda). E' stata cura ubicare i fori alla distanza di almeno 1,5 m dai pozzetti dei serbatoi stessi allo scopo di evitare di riscontrare valori quasi mai rappresentativi della situazione generale al contorno, in quanto i pozzetti sono spesso sede di modeste infiltrazioni di idrocarburi che si adsorbono sulle pareti dei pozzetti stessi. Un prelievo è stato comunque effettuato in una zona distante dal parco serbatoi, in modo da ottenere un valore di fondo naturale della zona in esame.
2. Infissione nel terreno, attraverso attrezzatura leggera di perforazione, di un'asta in acciaio del diametro di circa ½", con tecnica a percussione a secco (cioè senza uso di fluidi di perforazione).
3. Inserimento all'interno di ciascun foro di un tubicino di campionamento in materiale plastico collegato ad una pompa a vuoto (portata compresa tra 200 e 600 ml/min), ad un *infrared gas analyser*, ad un rilevatore multigas e ad un fotoionizzatore portatile (PID) Tale strumento, dotato di lampada da 10,6 eV, è in grado di misurare concentrazioni di Composti Organici Volatili totali (COV) comprese tra 1 e 2000 ppm; la durata di ogni singolo test è stata fissata in 2 minuti.
4. Il tubicino viene sostituito ad ogni misura se vengono rilevate concentrazioni di Composti Organici Volatili.
5. Sigillatura temporanea dell'intercapedine foro-tubicino in corrispondenza del piano campagna, allo scopo di evitare diluizioni dei gas interstiziali con l'aria ambiente.
6. Prelievo e misura dei campioni di gas interstiziali mediante le pompe di aspirazione in dotazione agli strumenti di misura. Sono state rilevate le concentrazioni di Composti Organici Volatili totali, Idrogeno solforato, Metano, Ossigeno e Anidride Carbonica. Questi ultimi due parametri consentono di evidenziare, anche in assenza di composti volatili, indizi di attività aerobica di biodegradazione di composti organici potenzialmente connessi alla presenza di idrocarburi nel sottosuolo.

La campagna di *Soil Gas Survey* è consistita nell'esecuzione di n°13 punti di misura (Figura 14) alla profondità di 1,5 m dal piano campagna. In particolare n° 12 misure sono state effettuate in corrispondenza delle cisterne interrate e delle linee di distribuzione, mentre n°1 misura è stata eseguita in una zona distante dal parco serbatoi, in modo da ottenere un valore di fondo naturale della zona in esame. In corrispondenza di quest'ultimo punto, alla profondità di 1,5 m dal p.c., è stato prelevato un campione di gas successivamente sottoposto ad analisi di laboratorio per la determinazione del suo contenuto in:

- ✓ COV (Composti Organici Volatili totali)



Nella Tabella seguente sono riportati i risultati del rilievo dei gas interstiziali eseguito nel sito in esame.

**Tabella 4: Rilievo dei gas interstiziali (*Soil Gas Survey*)**

punto (n°)	profondità	COV	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	idrogeno solforato	metano	strumenti
	(m)	(ppm)	(%)	(ppm)	(ppm)	(%)	
1	1,5	0,0	19,7	1180	0,0	0	Fotoionizzatore - Gas Analyser- Rilevatore multigas
2	1,5	0,0	19,6	560	0,0	0	
3	1,5	151	19,5	1320	0,0	0	
4	1,5	0,0	20,1	740	0,0	0	
5	1,5	0,0	19,5	1020	0,0	0	
6	1,5	0,0	19,8	1480	0,0	0	
7	1,5	28,2	19,5	2610	0,0	0	
8	1,5	0,7	19,8	2740	0,0	0	
9	1,5	0,0	18,8	5630	0,0	0	
10	1,5	0,0	19,6	1360	0,0	0	
11	1,5	0,0	19,8	570	0,0	0	
12	1,5	0,0	19,6	540	0,0	0	
13	1,5	0,0	19,5	630	0,0	0	

I dati raccolti in campo sono stati elaborati per la creazione di mappe delle isoconcentrazioni relative ai parametri COV, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>. Le misurazioni effettuate hanno evidenziato la generale assenza di composti organici volatili (COV) nel sottosuolo dell'area indagata, con un valore massimo di 151 ppm (Figura 15); anche le concentrazioni di ossigeno (Figure 16) e di anidride carbonica (Figure 17) rientrano in range compatibili con valori di fondo naturale in suoli con una certa presenza di sostanza organica. I valori di COV ottenuti non rendono necessario il monitoraggio preliminare della qualità della falda così come indicato nella schema di Figura 11.







### 5.1.5 Conclusioni e scelta della procedura

In base ai risultati ottenuti, si ritiene che, in fase di rimozione dei serbatoi interrati, il terreno potenzialmente contaminato da avviare a smaltimento sia di alcune decine di metri cubi (comunque inferiori a 100 metri cubi) e che le emissioni attese in fase di scavo siano (al piano campagna) sporadiche e nell'ordine di poche decine di ppm. In funzione dei risultati ottenuti, si propone di adottare la Procedura semplificata e procedere quindi alla rimozione dei serbatoi secondo le modalità operative descritte al punto 4.2.4

#### *Elenco del tipo e quantità dei rifiuti da dismettere e destinazione finale*

Il terreno che dovesse risultare contaminato da idrocarburi, classificato come “terreno di bonifica inquinato da oli minerali e/o idrocarburi”, codice CER 170504; sarà caricato su mezzi autorizzati per il trasporto di rifiuti speciali e verrà conferito all' impianto di recupero autorizzato di proprietà di Petroltecnica S.r.l. nel quale subirà un trattamento di ossidazione biologica (biopila) per poi essere assimilato a terre e rocce da scavo utilizzato come effettivo reinterro o rilevato.

Il formulario di identificazione del rifiuto sarà prodotto solo successivamente alla rimozione dei serbatoi interrati.

Gli interventi di dismissione del P.V. comporteranno quindi la produzione dei seguenti rifiuti:

- ❑ terreno di bonifica inquinato da oli minerali e/o idrocarburi;
- ❑ fondami prodotti dalla bonifica dei serbatoi.

Tutti i rifiuti prodotti nel corso dell'intervento di rimozione saranno gestiti nel pieno rispetto della normativa vigente in materia di recupero/smaltimento del rifiuto secondo la classificazione del catalogo europeo dei rifiuti (C.E.R.).

#### *Piano di sicurezza*

Tutte le attività descritte nel presente programma saranno eseguite nel rispetto della normativa vigente in materia di tutela ambientale e sicurezza degli operatori addetti. In particolare, saranno seguite le regole riportate nel “Piano Operativo di Sicurezza”.

#### *Ripristino dell'area*

Al termine degli interventi di dismissione di tutte le strutture interrate e fuori terra presenti nella stazione di distribuzione carburanti del P.V.C., sulla base delle indicazioni fornite dalla Committenza, si procederà al ripristino del piazzale avendo cura di realizzare opportune pendenze, necessarie a far defluire le acque reflue piovane.

#### *Azioni tese alla verifica del raggiungimento degli obiettivi previsti*

Le operazioni di certificazione della qualità ambientale prevedono:

- ❑ la caratterizzazione del sottosuolo nell'area di pertinenza dell'impianto di distribuzione carburanti in corrispondenza dello scavo effettuato per l'estrazione dei serbatoi;
- ❑ l'individuazione dell'eventuale presenza di sostanze inquinanti caratteristiche delle attività svolte sul sito.

Per la caratterizzazione del sottosuolo verranno eseguite le operazioni di seguito sintetizzate:

- analisi strumentali in campo (*Head Space Analysis: HSA*), per la determinazione dei vapori organici totali mediante fotoionizzatore portatile, effettuate sul terreno movimentato durante le operazioni di rimozione dei serbatoi interrati;
- prelievo di campioni di sottosuolo a fondo scavo e sulle pareti di scavo da sottoporre ad analisi chimica per la determinazione del contenuto in:
  - idrocarburi (C<12, C>12);
  - benzene, toluene, etilbenzene, xileni;
  - MTBE;
  - Piombo.

## 5.2 Relazione finale per la chiusura della procedura: accertamento della qualità ambientale

Tale documento riporta la certificazione della qualità ambientale in corrispondenza degli scavi effettuati per la rimozione dei serbatoi interrati del Punto Vendita carburanti secondo le modalità previste al punto 4.2.3. I lavori sono stati finalizzati alla verifica dello stato di qualità del sottosuolo, in relazione all'eventuale presenza di idrocarburi nell'intorno dei serbatoi interrati (fondo/piano di posa e pareti laterali degli scavi).

### 5.2.1 Stato del sito

Il P.V.C. è ubicato in corrispondenza di un'area extraurbana caratterizzata dalla presenza di campi ad uso agricolo. Nell'area in oggetto erano presenti n°6 serbatoi interrati per lo stoccaggio di prodotti petroliferi per autotrazione, come riportato in Figura 12 e riassunto nella seguente Tabella 5.

**Tabella 5: Capacità e contenuto dei serbatoi interrati presenti**

n° serbatoio	capacità (m <sup>3</sup> )	contenuto
1	10	benzina super senza piombo
2	10	benzina super senza piombo
3	10	benzina super senza piombo
4	10	gasolio
5	0,3	olio mix
6	15	gas propano liquido (GPL)

La stratigrafia tipo, redatta durante l'esecuzione degli scavi per la rimozione dei serbatoi, può essere schematizzata come segue:

**Tabella 6: Stratigrafia schematica del sito**

profondità	stratigrafia
da 0,0 a 0,1 m	pavimentazione in asfalto
da 0,1 a 0,4 m	materiale eterogeneo di riporto costituito da ghiaia e sabbia
da 0,4 a 2,6 m	limo argilloso di colore grigio verde, mediamente consistente, umido

Nel corso dello scavo per la rimozione dei serbatoi sono state intercettate locali venute d'acqua ad una profondità di circa 2,5 m dal piano campagna.

### 5.2.2 Normative di riferimento e limiti ammessi per le sostanze contaminanti

La normativa di riferimento per il controllo della qualità dei suoli e delle acque di falda è il Decreto Lgs. n.22/97 (Decreto Ronchi); le relative norme attuative sono contenute nel Decreto Ministeriale 471/99, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 15 dicembre 1999. Per i campioni di terreno

prelevati nell'area occupata dal P.V.C. sono stati considerati come valori limite di accettabilità quelli previsti dall'Allegato 1, Tabella 1 del D.M. 471/99 per *Siti ad uso Verde Pubblico, Privato e Residenziale*, riportati nella seguente Tabella 7. Si è fatto riferimento infine alla più volte citata Deliberazione Giunta Regionale Emilia - Romagna n.1562 del 28.07.2003 (Allegato A – modalità e criteri per la rimozione dei serbatoi interrati presso le aree di stoccaggio, deposito e distribuzione carburanti).

**Tabella 7: Limiti di accettabilità per i terreni (D.M. 471/99)**

sostanza	siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale
	<i>mg/kg espressi come s.s.</i>
Idrocarburi leggeri (C<12)	10
Idrocarburi pesanti (C>12)	50
Benzene	0,1
Etilbenzene	0,5
Toluene	0,5
Xilene	0,5
Piombo	100
M.T.B.E.	n.n.

*Nota:* n.n. = parametro non normato dal D.M. 471/99 (l'Istituto Superiore della Sanità, con nota del 06.02.2001, ha proposto per tale sostanza un limite di 10 mg/kg, espressi come s.s., per *Siti ad uso Verde Pubblico, Privato e Residenziale*).

### 5.2.3 Descrizione dell'intervento

Sono state svolte le attività di accertamento della qualità ambientale del sottosuolo del P.V.C., contestualmente alla rimozione di n° 5 serbatoi metallici interrati, nell'ambito dell'intervento di ristrutturazione dell'impianto. Il serbatoio di GPL da 15 m<sup>3</sup> è risultato posto all'interno di una cassaforma in calcestruzzo.

Le operazioni di certificazione della qualità ambientale hanno previsto:

- la caratterizzazione del sottosuolo nell'area di pertinenza del P.V.C. in corrispondenza degli scavi effettuati per l'estrazione dei serbatoi secondo le seguenti fasi:
  - 1) ispezione visiva;
  - 2) prelievo di campioni di sottosuolo sul fondo e sulle pareti degli scavi da sottoporre ad analisi chimica per la determinazione del contenuto in Idrocarburi leggeri (C<12) e pesanti (C>12), BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni), Piombo e M.T.B.E.;
  - 3) asportazione e smaltimento del terreno circostante i serbatoi interrati.

- l'individuazione dell'eventuale presenza di sostanze inquinanti caratteristiche delle attività della committenza sul sito in esame.

L'intervento di rimozione dei serbatoi interrati ha compreso le seguenti operazioni:

1. disattivazione, svuotamento e bonifica dei serbatoi e rilascio della certificazione "gas free";
2. asportazione della pavimentazione superficiale;
3. asportazione e smaltimento del terreno circostante i serbatoi;
4. prelievo di un campione rappresentativo del terreno rimosso;
5. rimozione dei serbatoi interrati;
6. carico e trasporto dei serbatoi da rottamare;
7. campionamento del terreno rimasto in sito sul fondo e sulle pareti degli scavi;
8. riempimento degli scavi con terreno di riporto e spianamento della superficie.

Al fine di valutare lo stato di qualità del sottosuolo in corrispondenza delle aree di scavo, è stata inoltre eseguita una verifica preliminare in sito del livello di potenziale contaminazione da idrocarburi nel terreno circostante i serbatoi. La verifica è stata effettuata mediante l'esecuzione di misure in sito su campioni di terreno prelevati sia dalle pareti sia dal fondo degli scavi con i mezzi meccanici presenti in cantiere (escavatore a benna rovescia).

Le misurazioni (*Head Space Analysis*) sono state effettuate mediante l'utilizzo di un fotoionizzatore portatile (*PID*), strumento in grado di rilevare, all'interno di una miscela gassosa, la presenza di concentrazioni anche minime di composti organici volatili (fino a 0,1 ppm) derivanti da prodotti petroliferi per autotrazione. Durante le operazioni di escavazione è stato inoltre effettuato un monitoraggio continuo della qualità dell'aria ambiente nelle immediate vicinanze dell'area di lavoro; le misurazioni, effettuate mediante fotoionizzatore portatile, hanno evidenziato emissioni in atmosfera di composti organici volatili trascurabili.

#### *Volumi di terreno trattati e/o smaltiti*

Sulla base delle analisi strumentali di campo effettuate mediante fotoionizzatore portatile sul terreno circostante i serbatoi interrati (*Head Space Analysis*), si è deciso di asportare un quantitativo di terreno pari a 93.070 kg, corrispondente ad un volume inferiore a 100 m<sup>3</sup>.

Il terreno asportato, classificato come "terreno di bonifica inquinato da oli minerali e/o idrocarburi (terre e rocce contenenti sostanze non pericolose)" (C.E.R. 17.05.04), è stato trasportato con mezzi autorizzati all'impianto di trattamento di Petroltecnica S.r.l. (Autorizzazione Provinciale n°64 del 17/04/02).

#### *Campionamento del terreno*

Una volta eseguite le operazioni di rimozione dei serbatoi, si è proceduto al prelievo di n°13 campioni di terreno, secondo lo schema riportato nella seguente Tabella 8.

**Tabella 8: Elenco dei campioni di terreno prelevati**

<b>denominazione</b>	<b>profondità (m)</b>	<b>punto di prelievo</b>
CF-1	2,6	fondo scavo serbatoio n°1
CF-2	2,6	fondo scavo serbatoio n°2
CF-3	2,6	fondo scavo serbatoio n°3
CF-4	2,6	fondo scavo serbatoio n°4
CF-5	1,5	fondo scavo serbatoio n°5

CP-1	1,5	parete area di scavo n°1
CP-2	1,5	parete area di scavo n°1
CP-3	1,5	parete area di scavo n°1
CP-4	1,5	parete area di scavo n°1
CP-5	1,5	parete area di scavo n°1
CP-6	1,5	parete area di scavo n°1
CP-7	1,5	parete area di scavo n°1
CP-8	1,5	parete area di scavo n°1

L'ubicazione dei serbatoi rimossi, dei punti di campionamento e dell'aree di scavo è riportata in Figura 18 seguente.

#### Analisi dei risultati analitici

I campioni di terreno prelevati sono stati conservati a bassa temperatura e successivamente inviati ad un laboratorio certificato per essere sottoposti ad analisi chimiche, per la determinazione del loro contenuto in:

- Idrocarburi leggeri (C<12);
- Idrocarburi pesanti (C>12);
- BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni);
- Piombo;
- M.T.B.E..

**Tabella 9: Risultati delle analisi chimiche effettuate sui campioni di terreno prelevati**

denominazione	idrocarburi leggeri C<12	idrocarburi pesanti C>12	benzene	toluene	etilbenzene	xileni	piombo	m.t.b.e.
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
CF-1 Prof. 2,6 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	19,5	< 0,1
CF-2 Prof. 2,6 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	6,8	< 0,1
CF-3 Prof. 2,6 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5,1	< 0,1
CF-4 Prof. 2,6 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,1	< 0,1
CF-5 Prof. 1,5 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	8,7	< 0,1
CP-1 Prof. 1,5 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	16,9	< 0,1
CP-2 Prof. 1,5 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	18,3	< 0,1
CP-3 Prof. 1,5 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	16,2	< 0,1
CP-4 Prof. 1,5 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	16,0	< 0,1
CP-5 Prof. 1,5 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	16,9	< 0,1
CP-6 Prof. 1,5 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	16,8	< 0,1
CP-7 Prof. 1,5 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	15,4	< 0,1
CP-8 Prof. 1,5 m	< 5	< 20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	19,6	< 0,1
D.M. 471/99 Siti ad uso Verde Pubblico, Privato e Residenziale	10	50	0,1	0,5	0,5	0,5	100	n.n.

Nota: n.n. = parametro non normato dal D.M. 471/99.

Dal confronto fra i risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di terreno prelevati ed i limiti di legge indicati dalla normativa vigente (D.M. 471/99), in relazione ad una destinazione d'uso verde pubblico, privato/residenziale, si deduce come in nessun caso i valori delle concentrazioni dei parametri analizzati superino i limiti normativi.

#### 5.2.4 Conclusioni

Sulla base di un'ispezione diretta, si è ritenuto di asportare parte del terreno circostante i serbatoi, per un totale di 93.070 kg, corrispondente ad un volume di circa 53 mc quindi inferiore ai 100 mc imposti. Le analisi chimiche di laboratorio relative ai campioni prelevati sul fondo e sulle pareti degli scavi realizzati per la rimozione dei serbatoi interrati attestano che le concentrazioni delle sostanze di interesse (Idrocarburi leggeri e pesanti, BTEX e Piombo) presentano valori inferiori ai limiti imposti dal D.M. 471/99 per *Siti ad uso Verde Pubblico, Privato e Residenziale*. Anche per la sostanza M.T.B.E. sono state rilevate concentrazioni inferiori al limite proposto dall'Istituto Superiore della Sanità, con nota del 6 febbraio 2001, per *Siti ad uso Verde Pubblico, Privato e Residenziale*.

Pertanto, non si ritiene necessario alcun ulteriore intervento presso il P.V.C. in oggetto.

## 7 CONCLUSIONI

La dismissione dei punti vendita carburante (P.V.C.), come attività a se stante, rappresenta un intervento di natura edile - civile, che prevede una denuncia di inizio attività (DIA) presso l'autorità competente (Comune). L'introduzione delle recenti Normative Comunitarie in materia ambientale e il conseguente recepimento da parte degli stati membri ha portato da un lato ad una maggiore tutela dell'ambiente e dall'altro ad un appesantimento burocratico delle procedure. Infatti, con l'introduzione del Decreto Ronchi e successivamente del D.M. 471/99, le aziende petrolifere hanno dovuto ridimensionare la gestione dei P.V.C. in funzione di una maggiore attenzione nei riguardi dell'ambiente. La procedura esposta in tale studio ha come finalità lo snellimento delle procedure amministrative nella rimozione dei serbatoi interrati per quel che riguarda gli aspetti legati all'inquinamento. Nel caso dell'Emilia-Romagna le aziende petrolifere presentano a Regione e Provincia un elenco dei punti vendita carburante da dismettere con associata una valutazione di rischio per pianificare i tempi di dismissione in funzione dell'entità del rischio. Dall'analisi di rischio e dalle condizioni specifiche del sito le stesse aziende petrolifere valutano se sussistono le condizioni per poter applicare la procedura semplificata e, in tale ipotesi, sessanta giorni prima dell'intervento di rimozione viene presentata una relazione esplicativa al Comune e agli enti di controllo che ne prendono atto oppure prescrivono integrazioni o prescrizioni.

Nella fase di rimozione in procedura semplificata, se durante lo scavo si riscontra inquinamento del suolo o sottosuolo per un volume di terreno inferiore ai 100 mc e se non si è verificato inquinamento di falda oppure la falda è inquinata ma risanabile attraverso metodi di attenuazione naturale controllata, è possibile seguire la procedura semplificata preventivata che altro non è che una *messa in sicurezza finalizzata alla eliminazione della fonte di contaminazione e della contaminazione stessa* (serbatoio e terreno). Nel caso in cui si riscontrasse una contaminazione delle acque di falda non risanabile attraverso metodi di attenuazione naturale controllata oppure nel caso in cui il quantitativo di terreno contaminato superasse i 100 mc, il D.M. 471/99 prevede in ogni caso una notifica di inquinamento ai sensi degli art. 7, 8, o 9. Qualora durante la rimozione non venisse riscontrata alcuna traccia di inquinamento del suolo, sottosuolo o falda, l'operazione di rimozione non sarebbe altro che un intervento sottoposto alle prescrizioni Comunali in materia di lavori edili o civili. Resta comunque l'obbligo da parte del proponente i lavori, di fornire la relazione finale di archiviazione della pratica come imposto dalla Deliberazione Regionale.

La semplificazione della procedura interviene dunque all'atto della constatazione della contaminazione: infatti, in tale caso, la procedura ordinaria prevede la notifica, le azioni di messa in sicurezza di emergenza, la presentazione di Piano della Caratterizzazione, Progetto Preliminare e Definitivo con tempi di attesa in genere molto lunghi per pervenire alla bonifica del sito ed alla successiva archiviazione della pratica; tempi che, in genere, risultano eccessivi per casi di contaminazione limitata sia per volume che per caratteristiche e quantità dell'inquinante.

Presentando relazione preventiva di intervento secondo la procedura semplificata all'atto della eventuale constatazione di inquinamento e qualora le condizioni di applicazione della procedura persistano, l'intervento viene concluso secondo quanto pianificato e alla ricezione della relazione finale, il comune di competenza prende atto degli interventi e del buon esito degli stessi e il sito può essere escluso da eventuali vincoli d'uso.

Posta in questo modo, sembra che la procedura semplificata sia di facile e sicura applicazione; ciò non è, in quanto molto spesso il volume di terreno contaminato coinvolto supera la soglia dei 100 mc e in quanto molto spesso le analisi della qualità ambientale del sottosuolo, preventive alla rimozione, risultano poco precise o di difficile valutazione. Esempio tipico è il rilievo dei gas interstiziali del sottosuolo (*Soil Gas Survey*), che stima la contaminazione diffusa e non puntuale, inoltre tale metodo viene solitamente applicato nelle immediate vicinanze dei serbatoi e non sotto i serbatoi dove si riscontra maggiore contaminazione.

## **8 BIBLIOGRAFIA**

Claudio Mariotti, Carlo Merlo “La gestione dei siti inquinati dalle indagini alla bonifica – Pitagora Editrice Bologna, 2003

Enitecnologie, Agip Petroli “La bonifica biologica di siti inquinati da idrocarburi- Hoepli Editore S.p.A., 2001

Decreto Ministeriale n° 471 del 25/10/1999

“Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni”.

Publicato su : Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 293 del 15/12/1999

Maurizio Pernice, Simonetta Tunesi, “La bonifica dei siti inquinati”, Il Sole 24 ore S.p.A., 2000.

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia “Linee guida serbatoi interrati”- Milano, 2004

D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22

Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.

Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2003 n. 1562

Bollettino Ufficiale della Regione Emilia Romagna – Parte seconda – n. 131 del 04/09/2003

Colombo, “Il manuale dell'ingegnere”

Vol. III: «Elettrotecnica - Microelettronica analogica e digitale, Informatica, Telecomunicazioni - Ingegneria nucleare - Ingegneria gestionale - Ingegneria ambientale - Edizioni: Hoepli, 2003

Andreottola G., De Fraja Frangipane E., Tatano F., “Terreni contaminati: identificazione, normative, indagini, trattamento”,1994.

Archivio Unità Ambiente Petroltecnica S.r.l. Cerasolo Ausa di Coriano (RN), 2004

## APPENDICI

### *Appendice 1*

Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2003 n.1562

Allegato 1 – Indici e Pesi-

Indice: 01 Ambientale

Parametro: A1 Distanza da semi interrati

Valore	Descrizione	Peso
DA	< 5 m	20
DB	5 - 25 m	15
DC	< 50 m.	10
DD	50 - 100 m.	5
DE	> 100 m.	0

Parametro: A2 Falda (prof.)

Valore	Descrizione	Peso
F2	<= 3 m	30
F3	da 3 a 5 m	20
F4	da 5 a 10 m	10
F5	da 10 a 20 m	5
F6	da 20 a 30 m	0

Parametro: A3 Recettori (Laghi/Fiumi/Mare ecc.)

Valore	Descrizione	Peso
DA	< 50 m.	10
DB	50 - 100 m.	5
DC	> 100 m.	0

Parametro: A4 Litologia superficiale

Valore	Descrizione	Peso
L1	Ghiaie e dep. Grossolani sciolti	15
L2	Sabbie medie e fini	10
L3	Limi e argille	5

per assegnare il valore in caso di eterogeneità, si fa riferimento alla litologia presente al 50 %, espressa in % volumetrico. Meglio se si utilizza la classificazione dei terreni in base alla composizione granulometrica, criterio USDA.

Parametro: A5 Pozzi acqua (uso industriale, irriguo, potabile)

Valore	Descrizione	Peso
DA	0 - 10 m	25
DB	10 - 50 m	20
DC	50 - 100 m.	10
DD	> 100 m.	5

Indice: 02 Tecnico

Parametro: T1 Linee telefoniche/elettriche

Valore	Descrizione	Peso
N	NO	0
S	Si	5

Parametro: T2 Scarico centralizzato

Valore	Descrizione	Peso
N	No	10
S	Si	0

Parametro: T3 Sostituzione serbatoi corrosi

Valore	Descrizione	Peso
N	No	0
S	Si	20

Parametro: T4 Sostituzione tubazioni corrose

Valore	Descrizione	Peso
N	No	0
S	Si	10

Parametro: T5 Tramvie e ferrovie

Valore	Descrizione	Peso
DA	< 30 m.	15
DB	30 - 50	10
DC	50 - 100 m.	5
DD	> 100 m	0

Parametro: T6 Età Impianto

Valore	Descrizione	Peso
E1	<= 10 anni	5
E2	Tra 10 e 20 anni	10
E3	Tra 20 e 30 anni	15
E4	Tra 30 e 40 anni	20
E5	> 40 anni	25
SC	Sconosciuto	25

Parametro: T7 Vetrificazioni negli ultimi 5 anni

Valore	Descrizione	Peso
N	No	0
S	Si	5

Parametro: T8 Numero di serbatoi

Valore	Descrizione	Peso
F1	<=3	0
F2	3<x<6	5
F3	>6	10

## Appendice 2

### Il suolo e il sottosuolo

#### A.21 Generalità

Tutto ciò che comunemente si intende per suolo e che sembra una comune copertura della crosta terrestre è in realtà il risultato di processi di degradazione lunghi e complessi ed indubbiamente rappresenta qualcosa di tutt'altro che scontato. In prima approssimazione si può definire suolo una matrice complessa caratterizzata da una componente organica, da una componente inorganica, da acqua e gas. Nella descrizione di un suolo tipo, si possono distinguere diversi orizzonti litologici secondo il tasso di degradazione della roccia e le differenti caratteristiche chimico fisiche degli strati. Più precisamente, procedendo dal piano campagna verso gli strati inferiori si possono classificare

- Lo strato più superficiale che prende il nome di "orizzonte superiore", comunemente indicato con la lettera O, è caratterizzato dalla sostanza organica indecomposta.
- L'orizzonte immediatamente sottostante è invece composto da sostanza organica in via di decomposizione. Esso prende il nome di "orizzonte unico" ed è indicato con A0.
- L'orizzonte A è costituito sia da sostanza organica decomposta, che da sostanze minerali derivanti dalla alterazione della roccia sottostante a causa dei processi di eluviazione. Esso viene, infatti indicato anche come "orizzonte eluviale".
- L'orizzonte B è rappresentato da uno strato fortemente alterato ove, a causa di processi di illuviazione, si sono concentrati alcuni elementi e composti provenienti dall'orizzonte A. Viene indicato anche con il nome di "orizzonte fluviale".
- L'orizzonte C è normalmente costituito esclusivamente da roccia alterata.
- L'orizzonte R rappresenta la roccia sottostante inalterata comunemente indicata come roccia madre.

Per un sistema complesso come il suolo è difficile individuare un solo criterio di classificazione in quanto sono diversi i parametri che si possono evidenziare in funzione degli scopi per i quali la classificazione stessa viene eseguita (agronomici, geofisici, ambientali, etc.). Inoltre, pur riferendosi allo stesso parametro, esistono classificazioni diverse. In termini generali : i suoli possono essere classificati in base alla granulometria del sedimento in essi contenuto. Si distinguono, quindi, suoli "sabbiosi", "argillosi" e "limosi" a cui si associano caratteristiche differenti. Esistono, però, diverse classificazioni che definiscono le classi granulometriche. Al fine di studiare i fenomeni di contaminazione / decontaminazione dei suoli è comunque da preferire una descrizione, se pur non dettagliata, delle caratteristiche fisiche, chimiche nonché biologiche dei suoli stessi

#### A.2.2 Proprietà fisiche e chimiche

La conoscenza, seppure sommaria, delle principali caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli permette di prevedere i percorsi possibili di sostanze definite "inquinanti" e consente anche di comprendere eventuali interazioni di queste con il terreno. Il suolo, infatti rappresenta una sorta di grande serbatoio entro cui scorrono fluidi tra cui, il più importante per gli ecosistemi, è costituito dall'acqua. Il quadro idrogeologico costituisce, infatti, un parametro importante e deve essere necessariamente noto per una corretta valutazione del sito che si sta studiando. Pur esulando dagli scopi del presente lavoro una disamina approfondita dei parametri idrogeologici è comunque indispensabile fornire alcune definizioni per un uso corretto dei termini più frequentemente impiegati. Si indica con il termine di *struttura di un suolo*, la composizione mineralogica del sedimento che lo caratterizza nonché la composizione della componente organica in esso presente. Per *tessitura*, invece, si intende il rapporto tra quantità di argilla, limo e sabbia che costituiscono il suolo stesso. La tessitura di un suolo, insieme al suo stato di aggregazione, influenza direttamente la

*porosità*, definita come la frazione del volume totale non occupata da solidi. La *permeabilità* di un suolo è espressa dalla quantità di fluido che attraversa il suolo e dipende dal volume di spazi interstiziali comunicanti tra loro (porosità effettiva). Un suolo poroso può, quindi, risultare poco permeabile, mentre non è detto che un suolo poco poroso sia impermeabile. Proprio la permeabilità del suolo e la sua capacità di ritenere acqua permettono di distinguere tre zone importanti per gli aspetti discussi in questo lavoro:

- La *zona insatura*, in cui l'acqua si muove principalmente per percolamento;
- La *zona capillare*, in cui il fenomeno dominante è appunto la capillarità;
- La *zona satura* che rappresenta il corpo idrologico vero e proprio in cui l'acqua può "scorrere" secondo la conducibilità idraulica che caratterizza lo strato.

La parte sottostante quest'ultima è caratterizzata da uno strato impermeabile definito come base della falda. Per *capacità di scambio ionico* si intende, quel fenomeno di interazione elettrostatica tra siti presenti nella matrice suolo e ioni facenti parte del terreno. Per ciò che riguarda la *capacità di scambio cationico*, i principali ioni implicati sono:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  o  $\text{Al}(\text{OH})_2^{+}$  e  $\text{H}^{+}$ . In suoli definiti acidi,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Al}(\text{OH})_2^{+}$  sono dominanti e la loro concentrazione dipende dalle caratteristiche dei siti di scambio e dal valore del pH. In suoli definiti basici o meglio calcarei, i siti di scambio sono principalmente occupati da  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e la presenza di un competitore come  $\text{Na}^{+}$  può compromettere la capacità di scambio ionico di questi suoli. L'energia di legame, che caratterizza l'interazione tra suolo e ioni, è molto variabile ed è logico aspettarsi una correlazione inversa tra l'aumento dell'energia di legame e la reversibilità dello scambio ionico. Questo fenomeno appare chiaro in presenza di argilla e di sostanza organica. La carica negativa propria dei colloidali presenti nel suolo è originata dalla sostituzione isomorfa del silicio da parte di elementi come l'alluminio. L'inglobamento nel reticolo cristallino di ossidi idrati e idrossidi di ferro, alluminio e manganese, l'esposizione di gruppi  $\text{AlOH}$  sulla superficie del minerale argilloso, la dissociazione di gruppi funzionali carbossilici degli acidi organici, concorrono all'acquisizione di una carica negativa da parte della matrice suolo. Questi fenomeni sono influenzati dal valore del pH in quanto, per valori di pH bassi, la dissociazione dei gruppi funzionali viene bloccata.

L'*adsorbimento* è un fenomeno definito come l'adesione di una specie (gas, liquido o soluto), alla superficie solida con cui entra in contatto. È un processo solitamente in competizione con la precipitazione che prevale ad elevate concentrazioni. Si distinguono diversi tipi di adsorbimento:

- adsorbimento fisico;
- adsorbimento chimico;
- inclusione nel reticolo cristallino.

L'adsorbimento fisico è un processo caratterizzato da una interazione di tipo elettrostatico con energia di attivazione molto bassa rispetto a quella che normalmente caratterizza i legami ionici.

L'adsorbimento chimico può essere considerato come un caso particolare di precipitazione in cui l'ione adsorbito diventa un costituente della fase solida adsorbente. L'inclusione nel reticolo cristallino è probabilmente un fenomeno successivo all'adsorbimento chimico.

I principali meccanismi di ritenzione degli ioni metallici al suolo sono:

- Associazione alla superficie;
- Precipitazione;
- Occlusione in altri precipitati;
- Diffusione nei minerali che compongono il suolo;
- Incorporazione in sistemi biologici e residui biologici.

I fattori che influenzano questi processi sono la concentrazione del metallo in soluzione, il pH e la possibile esistenza di composti organometallici. Oltre ai meccanismi di interazione prima nominati, i metalli sono implicati in importanti processi di complessazione, di chelazione e di trasformazione biologica. I processi di complessazione sono degni di nota in quanto nei suoli esistono due categorie di composti con caratteristiche complessanti. Le molecole di acidi umici o più in generale, sostanze umiche che contengono anelli aromatici sostituiti altamente affini agli ioni metallici e molecole a bassa massa molecolare derivate da residui biologici e da prodotti di metabolismo. Le interazioni tra

molecole organiche e ioni metallici sono tra le più diverse e vanno dal legame ionico a quello covalente. La stabilità dei complessi che si formano è misurata attraverso la costante di formazione del complesso stesso definita:

$$K = \frac{[MA]}{[M] \cdot [A]}$$

dove con M si indica il metallo, con A il legante e  $M+A \rightarrow MA$  rappresenta la reazione di formazione. La costante di formazione è influenzata dalla carica e dalle dimensioni dello ione metallico, dall'ingombro sterico, dalla repulsione elettrostatica e da altri fattori chimici e fisici classificabili come fattori ambientali. La chelazione è un particolare processo di complessazione in cui dall'interazione del metallo con l'agente complessante si ottiene la formazione di un anello eterociclico in cui è incluso il metallo. I complessi formati per chelazione sono molto stabili ed in particolare la loro stabilità aumenta all'aumentare del numero di anelli formati e diminuisce all'aumentare delle loro dimensioni. Altre proprietà fondamentali che caratterizzano il suolo sono la temperatura, il pH e lo stato di ossidazione dei metalli nei composti presenti nel suolo, che lo definiscono. Tali caratteristiche spesso incidono su alcune importanti proprietà chimiche tra cui la capacità di scambio, anionica e cationica, l'adsorbimento, la ritenzione dei metalli e la capacità di complessarli.

### A.2.3 Componente organica

Come accennato in precedenza, il suolo risulta essere un sistema complesso costituito oltre che da una grande varietà di composti inorganici, anche da un numero molto elevato di composti organici, spesso metaboliti del gran numero di specie che lo popolano. E' quindi necessario distinguere tra componente biotica di un suolo e componente organica. E' inoltre opportuno ricordare che un ecosistema a bassa diversità specifica rappresenta un ambiente stressato. Un ecosistema stabile non inquinato è invece caratterizzato da una popolazione ricca e da fenomeni di selezione "biologica" operata per via della cooperazione, della competizione, della simbiosi, o del parassitismo. La conoscenza della componente biotica nel suolo è quindi fondamentale poiché l'individuazione di specie "opportunistiche", tipiche di particolari condizioni, può essere indice di uno scenario di inquinamento. A parte la complessità degli ecosistemi che popolano il suolo, è possibile individuare delle attività di primaria importanza della componente biotica. Probabilmente, come si è già avuto modo di notare, la funzione più importante è la decomposizione dei residui organici, che rende disponibili elementi come C, N e S, utilizzati da organismi autotrofi tra cui le più rappresentative sono sicuramente le piante. I residui organici consistono principalmente in polisaccaridi, lignina, proteine, gliceridi con piccole catene di zuccheri semplici, acidi alifatici, fenoli ed un gran numero di altre sostanze. Gli zuccheri semplici, gli amminoacidi, gli acidi alifatici, alcune proteine ed alcuni polisaccaridi vengono demoliti molto velocemente e riutilizzati in poche ore, o al massimo pochi giorni. Sicuramente più resistenti alla degradazione sono invece sostanze come lignina, fenoli e cere che impiegano infatti tempi notevolmente più lunghi per essere degradati. Una temperatura adeguata, un range di pH da 5 a 9, condizioni aerobiche, favoriscono le cinetiche dei processi di degradazione microbica. Inoltre, la quantità di N residuo è un fattore importante, in quanto valori al di sotto dell'1.5 % rispetto al carbonio rallentano la degradazione che può essere accelerata aggiungendo N supplementare. Lo strato scuro che caratterizza la superficie di alcuni tipi di suoli prende il nome di humus ed è costituita principalmente da acidi umici e da polisaccaridi il cui tasso di decomposizione varia dal 2 al 5% l'anno, secondo le condizioni climatiche. L'humus è un componente fondamentale del suolo. Esso assicura una serie di benefici, tra cui i più importanti sono

- il rilascio lento di nutrienti fertilizzanti;
- l'aggiunta di micronutrienti attraverso processi di chelazione;
- l'aumento della capacità tampone del suolo stesso;

- l'aumento della capacità di assorbimento e di scambio di elementi nutritivi;
- il supporto per lo sviluppo della popolazione microbica, favorendo il controllo biologico;
- la riduzione della tossicità di composti naturali o di origine antropica;
- l'aumento della capacità di ritenzione idrica;

L'humus è costituito per l'80% da acidi umici e polisaccaridi, si forma durante la degradazione microbica della sostanza organica. Esso è anche composto da prodotti di sintesi degli stessi microrganismi contenuti nel suolo. Gli "acidi umici", in prima approssimazione, possono essere definiti come quella parte di humus solubile in ambiente basico e che precipita in un range di pH compreso tra 1 e 2. Tutto ciò che invece rimane in soluzione viene indicato come "acidi fulvici". Gli acidi umici sono molecole caratterizzate da una massa molecolare definibile "bassa" se si confronta con i polisaccaridi. Gli "acidi umici" sono polimeri di unità fenoliche legate ad amminoacidi, peptidi, ed altri costituenti organici. Le molecole di acidi umici possono essere molto diverse a causa dei gruppi che le costituiscono e delle condizioni ambientali in cui si formano. Comunque esse hanno caratteristiche simili poiché presentano gruppi funzionali comuni tra cui principalmente quello carbossilico e quello alcolico (-COOH, -OH) che conferiscono loro analoghe proprietà. I polisaccaridi, sono comuni metaboliti del ciclo vitale di parecchi organismi e sono normalmente soggetti a decomposizione, ma alcuni di essi risultano particolarmente stabili alla degradazione microbica tanto che costituiscono dal 10 al 30% dell'humus. I polisaccaridi che costituiscono le piante e quelli risultanti dai processi metabolici dei microrganismi rappresentano, in ogni loro stadio di degradazione, un potenziale componente stabile della frazione umica del suolo. A causa dell'azione di enzimi derivanti dall'attività microbica, si osservano scissioni e ricombinazioni a formare catene più resistenti che, interagendo con sali, ioni metallici o con argilla, risultano più stabili. La presenza di microrganismi influenza anche le proprietà fisiche del suolo, in quanto agisce sulla formazione di aggregati o grani stabili che sono tipici di un suolo di buona qualità. La presenza di cellule e di filamenti microbici induce un effetto di aggregazione meccanica, promossa dall'humus, risultato dell'attività biologica. Il ruolo più importante in questo caso è ricoperto dai polisaccaridi che compongono l'humus stesso. La struttura della loro catena lunga, lineare e flessibile può promuovere l'aggregazione offrendo un'estesa superficie di contatto e utilizzando gruppi funzionali, quali quello ossidrilico e carbossilico, che assicurano interazioni chimiche, anche solo di natura elettrostatica, con gli ioni metallici contenuti nel suolo stesso.

#### A.2.4 Inquinanti

##### Fertilizzanti e pesticidi

È stato più volte evidenziato che la maggior parte delle sostanze inquinanti giunge al suolo attraverso le "materie ausiliarie impiegate in agricoltura", le immissioni atmosferiche, l'industria, il traffico automobilistico ed altre fonti di emissione. Il termine di materia ausiliare dell'agricoltura comprende tutti i tipi di concimi, quindi anche i composti ed i fanghi di depurazione, nonché i prodotti per la protezione delle piante. L'uso di fertilizzanti ha due scopi: quello di evitare l'impoverimento del suolo coltivato e quello di aumentare la produttività. I concimi, costituiti per il 60-65% da concimi fosfatici e composti azotati, non sempre sono utilizzati in maniera razionale. I concimi fosfatici sono in genere poco efficienti; ciò è dovuto al fatto che essi sono poco solubili in acqua per cui una piccola parte viene assorbita dalle colture, il resto va incontro a fenomeni di accumulo. Ciò non determina grossi effetti negativi sullo sviluppo vegetale e sulla attività della microflora. Un accumulo di concimi azotati, invece, non solo determina modificazioni della composizione della microflora del suolo, agevolando lo sviluppo di pool-microbici in grado di trasferire tali composti in altri comparti ambientali, e modificando degli equilibri dinamici del suolo e quindi anche dei suoi parametri fondamentali, ma anche aumento della sensibilità della pianta agli attacchi di funghi ed insetti. Gli antiparassitari ed i diserbanti sono prodotti tossici che devono

essere innocui per l'uomo e gli animali domestici alle concentrazioni in cui vengono somministrati e si distinguono in preventivi e curativi. Molte di queste sostanze, però, si sono rivelate estremamente tossiche per l'uomo che ne viene a contatto sia nel momento della produzione, che nel momento della utilizzazione sulle colture, che nel momento del consumo dei prodotti agricoli. Inoltre tali sostanze rappresentano una grossa minaccia per l'avvelenamento di tutte le catene alimentari: dal mangime del bestiame, alle falde acquifere che, attraverso la penetrazione nel terreno, esse possono raggiungere.

I pesticidi possono essere classificati in tre classi differenti:

- fungicidi
- erbicidi
- insetticidi

Tra i fungicidi ricordiamo i composti organo solforati, carbammati e tiocarbammati sono utilizzati come erbicidi, tra gli insetticidi ricordiamo gli organofosforici, i carbammici, e gli organoclorurati. I cinque più grandi gruppi di pesticidi organoclorurati sono il DDT ed i suoi analoghi, esaclorocicloesano, ciclodieni, e composti simili. Caratteristica comune di questa categoria di pesticidi è la alta solubilità nei lipidi; questa è espressa come coefficiente di ripartizione n-ottanolo/acqua. Con il decremento del peso corporeo, i lipidi e i residui di tali pesticidi sono mobilizzati nel sangue e attraverso questo giungono ad organi vitali determinando la morte o altri effetti gravi. Altra caratteristica di questi composti è la loro persistenza nell'ambiente. Questa dipende da molti fattori fisici quali la temperatura, la luce, il pH, e l'umidità. La tossicità dei composti organoclorurati è determinata da molti fattori, nonché dalla struttura chimica dei vari composti. Tutti questi composti possono essere assorbiti attraverso la pelle ed il sistema respiratorio. Tra i cloroderivati il più famoso degli insetticidi è il DDT (diclorofeniltricloroetano); si presenta come un solido bianco insolubile in acqua e solubile in solventi organici e nel petrolio. La sua azione, prolungata nel tempo anche per mesi dopo l'applicazione, si esplica per contatto, ma anche per ingestione. In Italia il DDT fu utilizzato per la prima volta subito dopo la seconda guerra mondiale per debellare la malaria, ma recentemente ne è stata vietata la vendita normale perché nocivo anche per l'uomo se ingerito accidentalmente con alimenti di origine vegetale

## Idrocarburi

Gli idrocarburi sono composti organici costituiti soltanto da carbonio ed idrogeno. A seconda del tipo di legame che si instaura fra gli atomi di carbonio che costituiscono lo scheletro della molecola, si distingue fra idrocarburi saturi, insaturi ed aromatici. La più importante fonte naturale degli idrocarburi è indubbiamente il petrolio.

Le proprietà chimico-fisiche più significative, dal punto di vista del progettista, sono: la solubilità, la volatilità, la ripartizione solvente organico-acqua, l'adsorbimento e la dissociabilità delle specie acide e basiche. Importanti indicazioni circa la biodegradabilità dei contaminanti organici sono indispensabili per valutare l'efficacia e l'efficienza di applicazione delle tecniche di trattamento di tipo biologico.

*Solubilità in acqua:* è definita come la quantità di una sostanza disciolta nell'unità di volume della fase acquosa, quando la soluzione è in equilibrio (dinamico) con il composto puro nel suo originario stato di aggregazione (gassoso, liquido o solido) ad una ben precisa temperatura e pressione. La solubilità dei composti organici è caratterizzata da una notevole variabilità; si può dire, però, che per la maggior parte di essi  $C_w \text{ sat}$  (concentrazione in acqua alla saturazione)  $\ll 1$  mole/l.

*Volatilità di un composto organico:* può essere valutata sulla base dei valori della pressione di vapore e della costante della legge di Henry (legata quest'ultima anche alla solubilità del composto).

*La pressione di vapore:* descrive la tendenza di una sostanza a trasferirsi da e verso la fase gassosa ed è, per definizione, la pressione di vapore saturo di un composto chimico all'equilibrio (dinamico) con la sua fase condensata sia essa liquida o solida. Il suo valore è univocamente determinato una

volta fissata la temperatura. È da notare che un valore basso, come 10-12 atm (es.: DDT, PCB, Benzo(a)pirene) non implica necessariamente che l'evaporazione sia insignificante, perché un concomitante basso valore di solubilità può comportare un'apprezzabile partizione in atmosfera. *La costante della legge di Henry (KH)*: permette proprio di valutare quest'ultimo aspetto; infatti, descrive la ripartizione di un composto organico fra la fase gassosa e la soluzione acquosa, che è funzione della sua compatibilità con ognuno dei due mezzi. Non è altro che il rapporto fra l'abbondanza del composto nella fase gassosa (espressa attraverso la pressione parziale) e nella fase acquosa all'equilibrio (espressa attraverso la concentrazione molare).

*Costante di ripartizione ottanolo-acqua (Kow)*: Indica la ripartizione fra solvente organico e acqua, la sua importanza fra le costanti di ripartizione fase organica-acqua, risiede principalmente nello stretto legame fra Kow e la ripartizione del composto organico fra l'acqua e i solidi naturali (suolo, sedimenti, particolato sospeso) e il biota vivente, o meglio, fra l'acqua e la frazione organica presente. Come già visto per la costante di Henry, il processo di ripartizione è determinato dalla relativa fugacità del composto in ciascuna fase.

*Indice di refrattarietà (I.R.)*: indica la biodegradabilità di un composto, equivale al rapporto tra il BOD5 e il COD del composto considerato (più alto è il valore di I.R., più facilmente biodegradabile risulterà il contaminante).

*Tempo di dimezzamento*: rappresenta il tempo necessario per la trasformazione del 50% del composto originario.

*Adsorbimento*: processo in cui un composto chimico si associa ad una fase solida a livello superficiale, bidimensionale (nell'assorbimento lo stesso processo avviene a livello tridimensionale). Per conoscere il destino e l'impatto dei composti organici nell'ambiente, è importante valutare quale sia la quota parte degli stessi composti che viene adsorbita e quella che, invece, rimane disciolta nella soluzione acquosa a contatto con la matrice solida adsorbente. Le stesse molecole, infatti, si comportano in modo ben diverso se sono circondate da acqua e ioni, piuttosto che legate a solidi naturali: le particelle solide possono sedimentare; solamente le molecole disciolte hanno la possibilità di interfacciarsi con gli altri comparti ambientali, come l'aria (l'urto con l'interfaccia aria-acqua può portare alla volatilizzazione); le reazioni che coinvolgono protoni e ioni OH<sup>-</sup> procedono a differente velocità per le molecole adsorbite e quelle disciolte; è possibile che le molecole adsorbite non siano illuminate dalla luce solare, così da essere al riparo da processi fotochimici; le molecole disciolte sono maggiormente esposte alla degradazione biologica e all'azione chimica di altri composti. L'adsorbimento non è governato da un unico processo, ma è la combinazione di alcune interazioni adsorbato-adsorbente; per i composti organici neutri, cioè non ionizzabili, specialmente per quelli non polari, è sufficiente considerare il solo adsorbimento sul materiale organico naturale.





## Metalli pesanti

I metalli pesanti possono essere presenti nel suolo per alterazione naturale delle rocce, o perchè immessi sotto forma di carichi inquinanti prodotti dalle attività antropiche. Possono essere prodotti nelle attività agricole, dagli insediamenti urbani oppure dai processi industriali.

### *Caratteristiche fisiche ed origine minerale di alcuni metalli pesanti*

**As** è un elemento semimetallico o metalloide che ha molte forme allotropiche. Il più stabile tra queste forme allotropiche è un solido cristallino grigio-argento che si ossida all'aria. Si trova come  $As_2O_3$ , può essere ritrovato come co-prodotto nelle miniere di ferro, Pb, zinco oro ed argento. Si ritrova in una grande varietà di forme minerali, come l'arsenopirite ( $FeAsS_4$ ), che è il minerale di As più commercializzato nel mondo.

**Cd** è un metallo molto duttile di colore bianco-bluette. Raramente si trova come composto puro, di solito si trova sotto forma di  $CdS$  e  $CdCO_3$ . Molto ricche di Cd sono le miniere di piombo, zinco, e ferro. Cd è ritrovato come coprodotto quando questi minerali sono processati. Fonti di inquinamento sono gli inceneritori, i depositi di spazzature, il fumo di sigaretta.

**Cr** è un metallo grigio-argento. E' uno dei metalli meno comuni sulla crosta terrestre e si trova solo come composto. Il più comune è il minerale cromite ( $FeCr_2O_4$ ). Viene utilizzato come pigmento nelle vernici, nelle fotocopiatrici fotomeccaniche, come anticorrosivo nell'industria del petrolio.

**Hg** è un metallo liquido. Argenteo. La primaria risorsa di Hg è  $HgS$ . Esso è comunemente ottenuto come co-prodotto nel trattamento dei minerali che contengono miscele di ossidi, solfuri e cloruri. Hg nativo o metallico è trovato in piccole quantità in miniera. E' un elemento velenosissimo; anche allo stato metallico deve essere maneggiato con cautela e sempre in ambienti ben aerati: a causa della sua relativamente elevata tensione di vapore passa allo stato gassoso abbastanza facilmente.

**Pb** è un metallo di colore bluette, grigio-verde, che si ossida molto velocemente quando è esposto all'aria. E' molto morbido e malleabile, ha una alta densità ( $11.35 \text{ g/cm}^3$ ) e basso punto di ebollizione ( $327.4^\circ\text{C}$ ). La concentrazione media del piombo sulla crosta terrestre è di 1.6 g Pb per 100 Kg di suolo. Il più importante minerale di Pb è la galena ( $PbS$ ). Le più comuni forme di minerali di Pb sono cerussite ( $PbCO_3$ ), anglesite ( $PbSO_4$ ), e crocoite ( $PbCrO_4$ ). Sorgenti di Pb sono le emissioni di gas di scarico di autoveicoli alimentati a benzina addizionata con Pb.

**Fe** è uno dei metalli più abbondanti nella crosta terrestre, viene prodotto in grandi quantità negli altiforni per riduzione dei suoi minerali (ossidi di ferro) con carbone.

**Cu** in soluzione acquosa si trova, come ione idrato, solo lo ione rameico  $Cu_2^+$ , di colore azzurro. I composti rameosi esistono solo come composti insolubili o, in soluzione acquosa, come complessi. Fonti di inquinamento sono i tubi per l'acqua, utensili da cucina di rame o ramati.

### *Comportamento dei metalli*

Contrariamente ai composti organici, i metalli non possono essere metabolizzati. La bonifica di suoli contaminati con metalli consiste primariamente nel modificare la mobilità dei contaminanti metallici per ottenere un suolo che presenti livelli accettabili nel loro contenuto. La mobilità dei metalli in un sistema suolo dipende dal tipo e dalla natura del suolo, dalla concentrazione del contaminante di interesse, dalla concentrazione e dal tipo di ioni che possono essere competitivi, dai leganti complessanti, sia organici che inorganici, dal pH, e dallo stato di ossidazione. In genere, diventa quindi impossibile usare dati dalla letteratura che prescindano dalla specificità del suolo e del rifiuto e non risultino adeguati per descrivere o prevedere il comportamento dei metalli in un determinato tipo di suolo. I dati devono essere sito-specifici.

Consideriamo le caratteristiche che hanno alcuni dei metalli che più facilmente ritroviamo come contaminanti di un suolo. Cd, Cr(III), e Pb normalmente sono presenti in forma cationica. Queste specie generalmente non sono mobili nell'ambiente ma tendono a rimanere nel punto della iniziale

deposizione. La capacità del suolo di assorbire metalli cationici aumenta all'aumentare del pH, della capacità di scambio cationica, e del contenuto di carbonio organico. In condizioni di neutralità, questi metalli sono fortemente assorbiti dalla frazione argillosa del suolo e possono essere assorbiti dagli ossidi idrati di ferro, di manganese, di alluminio presenti nel suolo. I metalli cationici precipiteranno come idrossidi, carbonati o fosfati. In terreni sabbiosi, acidi, i metalli cationici sono più mobili. In condizioni atipiche per un suolo ( $\text{pH} < 5$  o  $> 9$ ; concentrazioni elevate di ossidanti o di riducenti; alte concentrazioni di sostanze colloidali e complessanti solubili organici o inorganici), che si riscontrano come risultato di processi di bonifica, la mobilità di questi metalli può essere sostanzialmente aumentata. In alcuni esperimenti in cui sono presenti solidi aventi in superficie degli ossidi ( $\text{g-FeOOH}$ ,  $\text{a-SiO}_2$ ,  $\text{g-Al}_2\text{O}_3$ ), è stato osservato un assorbimento competitivo tra i vari metalli. In molti esperimenti, l'assorbimento di Cd diminuisce con l'aggiunta di Pb o Cu in ciascuno di questi tre solidi. As, Cr(VI) ed Hg si comportano diversamente da Cd, Cr(III) e Pb. I composti del cromo hanno una diversa tossicità in funzione dello stato di ossidazione dell'elemento; infatti l'ossido di Cr(III) ha una bassa tossicità a causa della sua scarsa solubilità, mentre il Cr(IV) è una specie riconosciuta come abbastanza tossica. In realtà questa valutazione non tiene conto del fatto che il Cr(III) può essere mobilizzato al suolo ed ossidato a Cr(IV) in una atmosfera ossidante. Il mercurio invece esiste in natura nei tre diversi stati di ossidazione e presenta una alta tensione di vapore, infatti a  $24^\circ\text{C}$ , una atmosfera satura di mercurio contiene circa  $18\text{ mg/m}^3$ , livello 360 volte più alto della media ( $0.05\text{ mg/m}^3$ ) raccomandata per l'esposizione. L'assorbimento di composti del mercurio al suolo è probabilmente il processo dominante che determina la sua presenza nell'ambiente terrestre. Il mercurio non assorbito al suolo sarà probabilmente assorbito dalle piante. L'assorbimento del mercurio dipende da numerosi fattori quali la struttura chimica, la quantità e la natura chimica del suolo, il pH, il potenziale di riduzione.