

INAIL

**Il rischio chimico per i lavoratori
nei siti contaminati**

MANUALE OPERATIVO

Pubblicazione realizzata da

INAIL

Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici

Progetto: Gruppo di Lavoro INAIL su “Salute, ambiente e sicurezza nelle attività di bonifica dei siti contaminati”, Linea di ricerca P18L03 “Salute e sicurezza nelle attività di bonifica dei siti contaminati” (Piano di attività 2013-2015)

RESPONSABILE SCIENTIFICO

Simona Berardi - *INAIL, Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici, Coordinatore di progetto*

AUTORI

Simona Berardi, Elisabetta Bemporad, Luigi Cortis, Alessandro Ledda - *INAIL, Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici*

Ilaria Barra, Annalisa Guercio, Emma Incocciati - *INAIL, Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (CONTARP)*

Monica Gherardi - *INAIL, Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale*

Mariano Alessi, Lilliana La Sala - *Ministero della Salute*

Celsino Govoni - *Servizio Sanità Pubblica della Regione Emilia Romagna*

Maria Gregio, Teresio Marchi - *ULSS12 Veneziana*

Claudio Mariotti - *Invitalia Attività Produttive*

Antonella Milieni, Giuseppe Piegari - *Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali*

Eva Pietrantonio - *Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT)*

Gaetano Settimo - *Istituto Superiore di Sanità (ISS)*

Sergio Teggi - *Università di Modena e Reggio Emilia*

Iason Verginelli - *Università di Roma Tor Vergata*

CON LA COLLABORAZIONE DI

Laura De Angelis, Francesca Maria Fabiani, Luca Rossi, Davide Geoffrey Svampa - *INAIL, Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici*

COLLABORAZIONE REDAZIONALE

Tiziana Belli - *INAIL, Direzione Centrale Prevenzione*

CONTATTI

INAIL - Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti, Prodotti e Insediamenti Antropici

Via Stefano Gradi, 55 - Roma

dit@inail.it

www.inail.it

© 2014 INAIL

La pubblicazione viene distribuita gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

ISBN 978-88-7484-431-9

Tipolitografia INAIL - Milano, gennaio 2015

Presentazione

L'attenzione ai lavoratori da parte dell'INAIL ha assunto nel tempo le caratteristiche di sistema integrato di tutela, che va dagli interventi di prevenzione nei luoghi di lavoro, alle prestazioni sanitarie ed economiche, alle cure, alla riabilitazione e al reinserimento nella vita sociale e lavorativa nei confronti di coloro che hanno già subito danni fisici a seguito di infortunio o malattia professionale.

I compiti che le leggi vigenti assegnano all'INAIL in materia di salute e sicurezza sul lavoro hanno rafforzato l'orientamento dell'Istituto a sostenere l'impegno delle aziende in tema di prevenzione; per tale motivo, all'INAIL è stato riconosciuto il ruolo di fulcro del Polo della salute e sicurezza. Tra tali compiti vi è quello di promuovere l'informazione e la formazione, sia nel settore pubblico che in quello privato, in materia di tutela della salute e della sicurezza negli ambienti di lavoro.

In tale ottica si inserisce la realizzazione del presente manuale operativo, finalizzato a proporre strumenti operativi per la valutazione e la gestione del rischio chimico per la salute dei lavoratori presenti a qualsiasi titolo su di un sito contaminato. La necessità di predisporre il presente documento è sorta dalla consapevolezza che tale rischio ad oggi risulta essere spesso sottovalutato o in alcuni casi per nulla considerato.

L'approccio multidisciplinare impiegato consolida il ruolo dell'Istituto quale "snodo essenziale" delle relazioni e del confronto tra Istituzioni. Il risultato, frutto di un lungo ma proficuo confronto tra esperti appartenenti a numerosi Enti e Istituzioni, ha permesso di individuare e proporre un approccio alla problematica in grado di armonizzare i contenuti del D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro) con quelli del D.Lgs. 152/2006 (Testo Unico ambientale).

Il Responsabile del Dipartimento
Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti,
Prodotti e Insediamenti Antropici
CARLO DE PETRIS

Si ringraziano:

Paola Castellano *Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali*

Marco Falconi, *ISPRA*

Gian Maria Formenton, *ARPA Veneto*

Laura Colombo e Tiziana Vai, *ASL Città di Milano*

Federambiente per il prezioso contributo fornito nella predisposizione del presente documento.

Indice

Introduzione	9
1. Adempimenti normativi nelle attività di bonifica dei siti contaminati	12
1.1 Le attività in siti contaminati o potenzialmente tali	13
1.2 Le attività di cantiere nella bonifica dei siti contaminati	16
2. Modello concettuale del sito per l'esposizione ad agenti chimici	20
2.1 Sorgente di contaminazione	20
2.2 Vie di migrazione dei contaminanti	26
2.3 Bersagli e modalità di esposizione	28
3. Valutazione e gestione del rischio per inalazione	32
3.1 Valutazione del rischio (Step 1)	33
3.1.1 <i>Individuazione delle caratteristiche di pericolo degli agenti chimici</i>	37
3.1.2 <i>Criteri di determinazione della CR_{aria}</i>	39
3.1.3 <i>Monitoraggio ambientale del sito per il confronto con la CR_{aria}</i>	44
3.1.4 <i>Tecniche di campionamento e analisi per il confronto con la CR_{aria}</i>	45
3.1.5 <i>Modelli quantitativi per la stima della C_{aria}</i>	46
3.1.6 <i>Stima del contributo effettivo del suolo</i>	46
3.1.7 <i>Verifica del rispetto della concentrazione di riferimento CR_{aria}</i>	47
3.2 Valutazione e gestione del rischio da agenti chimici pericolosi (Step 2.a)	49
3.2.1 <i>Metodi semiquantitativi per la valutazione approfondita del rischio</i>	55
3.2.2 <i>Valori limite di esposizione professionale (VLEP)</i>	57
3.2.3 <i>Valori Limite Biologici (VLB)</i>	58
3.3 Valutazione e gestione del rischio da agenti cancerogeni e mutageni (Step 2.b)	59
4. La valutazione e gestione del rischio per contatto dermico	62
5. La gestione del rischio nelle fasi di indagine del sito	64

Glossario	67
------------------	----

Riferimenti bibliografici	73
----------------------------------	----

ALLEGATI

Allegati relativi al Capitolo 1

A - Adempimenti documentali ai sensi del D.Lgs. 81/2008	81
B - Tipologie di attività in siti oggetto di bonifica	83
C - Soggetti coinvolti nella gestione della salute e sicurezza nei cantieri temporanei e mobili	99

Allegati relativi al Capitolo 3

A - Definizione della frazione di polveri da campionare	113
B - Metodi di campionamento e di analisi	115
C - Misure di protezione collettiva (misure mitigative)	121
D - Dispositivi di protezione individuale (DPI)	137

Introduzione

Con sito contaminato si intende indicare una porzione di territorio, più o meno estesa, che può costituire un rischio ambientale e sanitario legato alla presenza di sostanze inquinanti nel terreno e/o nella falda acquifera.

La presenza di agenti chimici pericolosi e agenti cancerogeni e mutageni (complessivamente denominati "agenti chimici" nel seguito del documento) nel suolo insaturo e/o nelle acque di falda, o l'impiego degli stessi nelle attività di bonifica o di messa in sicurezza, non costituisce necessariamente un rischio per la salute e la sicurezza, in quanto esso dipende dalle caratteristiche tossicologiche, dalla concentrazione della sostanza, dalle modalità di trasporto e di esposizione alla stessa. È quindi necessario conoscere la quantità di sostanza alla quale un soggetto si trova effettivamente esposto e il periodo di esposizione tenendo conto delle diverse vie di penetrazione nell'organismo. Il D.Lgs. 152/2006, Testo Unico Ambientale, fornisce le seguenti definizioni:

- *Sito potenzialmente contaminato*: Sito nel quale uno o più valori di concentrazione delle sostanze inquinanti rilevati nelle matrici ambientali risultino superiori ai valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC), in attesa di espletare le operazioni di caratterizzazione e di analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica (AdR), che ne permettano di determinare lo stato o meno di contaminazione sulla base delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR);
- *Sito contaminato*: Sito nel quale i valori delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), determinati con l'applicazione della procedura di analisi di rischio, di cui all'allegato 1 alla parte quarta del D.Lgs. 152/2006, sulla base dei risultati del piano di caratterizzazione, risultano superati;
- *Sito non contaminato*: Sito nel quale la contaminazione rilevata nelle matrici ambientali risulti inferiore ai valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) oppure, se superiore, risulti comunque inferiore ai valori di Concentrazione Soglia di Rischio (CSR) determinate a seguito dell'analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica.

In Italia, nella maggioranza dei casi, l'origine di tale contaminazione è strettamente legata alla presenza di siti industriali, dismessi o in attività, di discariche abusive, non controllate o non adeguatamente gestite, come anche di punti vendita carburanti, presenti in numero elevatissimo su tutto il territorio nazionale. Le suddette aree, ove contaminate, richiedono un ripristino ambientale che deve essere necessariamente preceduto da attività di caratterizzazione, bonifica, messa in sicurezza d'emergenza, operativa e/o permanente, ai sensi del D.Lgs. 152/2006.

Se analizzate nell'ottica della prevenzione e protezione dei lavoratori, le attività di bonifica dei siti contaminati presentano molte similitudini con le attività lavorative di tipo civile ed edile (movimentazione con mezzi pesanti, scavi, trivellazioni, ecc.). Tuttavia un'analisi approfondita dei cicli lavorativi evidenzia aspetti peculiari attualmente poco standardizzati in relazione a tutte le possibili tipologie di rischio. In particolare, tra i rischi professionali il più evidente è quello legato alla presenza di agenti chimici, quantitativamente e qualitativamente molto variabile nelle diverse matrici ambientali coinvolte e nelle diverse fasi di lavoro. L'intero ciclo di indagine e di bonifica infatti per definizione comporta [ISPESL et al., 2001]:

- frequente imprevedibilità dei rischi presenti, soprattutto nelle fasi preliminari di approccio all'area;
- forte variabilità degli interventi necessari, a seconda del tipo area e di situazione di contaminazione;
- successione degli interventi non rigidamente programmabile a priori, subordinati alle fasi di indagine e alle situazioni impreviste;
- compresenza di molteplici imprese, con competenze diversificate e possibile svolgimento di attività interferenti.

Il Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e Sicurezza degli Impianti, Prodotti ed Insediamenti Antropici (DIT) dell'INAIL ha costituito un Gruppo di Lavoro, allargato ad enti ed istituzioni esterne su "Salute, ambiente e sicurezza nelle attività di bonifica dei siti contaminati", finalizzato a elaborare documenti contenenti criteri e procedure utili per operare in sicurezza e per proteggere la salute dei lavoratori, presenti a qualsiasi titolo, in un sito contaminato o potenzialmente tale.

In particolare, il presente manuale operativo è finalizzato alla proposta di strumenti operativi per la valutazione e gestione del rischio per la salute da esposizione ad agenti chimici per i lavoratori presenti a qualsiasi titolo su di un sito contaminato o potenzialmente tale.

Ai fini del presente documento, valgono le seguenti definizioni:

Fonte di pericolo	Agenti chimici pericolosi e/o agenti cancerogeni e mutageni presenti nel suolo insaturo e/o nelle acque di falda
Lavoratore	Lavoratore presente, a qualsiasi titolo, su di un sito contaminato, o potenzialmente tale.
Modalità di esposizione	<ul style="list-style-type: none"> - Inalazione - Contatto dermico - Ingestione
Tipologia di rischio	<ul style="list-style-type: none"> - Rischio per la salute - Rischio per la sicurezza
Danno	<ul style="list-style-type: none"> - Malattia professionale - Infortunio

Il documento riguarda la sola gestione del rischio chimico, ma il datore di lavoro ha comunque l'obbligo di individuare tutte le possibili fonti di pericolo e valutare tutti i rischi ai quali il lavoratore è potenzialmente esposto ai sensi del D.Lgs. 81/2008.

Inoltre, in questa sede sarà presa in esame la procedura di gestione del rischio chimico ponendo principalmente l'attenzione sugli aspetti legati alla salute, fermo restando l'obbligo di valutazione del rischio per la sicurezza. Tale scelta è motivata dal fatto che essendo state individuate quali fonti di pericolo il suolo insaturo e/o le acque sotterranee contaminate, ad eccezione di casi particolari, il rischio per la salute risulta preponderante rispetto a quello per la sicurezza. Nel caso in cui come fonti di pericolo si considerassero le sorgenti primarie di contaminazione, ossia gli elementi causa dell'inquinamento (ad esempio accumuli di rifiuti, serbatoi, oleodotti, tubature, interrati o fuori terra, contenenti sostanze pericolose), i rischi per la sicurezza potrebbero risultare tutt'altro che trascurabili.

Quindi, l'applicazione di un corretto protocollo di gestione e la messa in atto, ove necessario, delle misure di prevenzione e protezione, così come definite nei successivi capitoli e allegati, consente di garantire un adeguato livello di salute per i lavoratori esposti ad agenti chimici provenienti da un suolo contaminato.

Il documento è articolato nel seguente modo:

- Nel capitolo 1 e relativi allegati (1.A, 1.B e 1.C) viene fornito un inquadramento normativo di settore. In particolare vengono descritte le tipologie di attività che si possono svolgere in un sito contaminato, o potenzialmente tale. Sono poi sinteticamente illustrati i documenti che è necessario redigere per la valutazione dei rischi e gli adempimenti normativi da attuare per la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori ai sensi del D.Lgs. 81/2008. Sono inoltre elencati i ruoli e le responsabilità delle figure professionali coinvolte nelle attività di cantiere temporaneo e mobile.
- Nel capitolo 2 viene proposto un modello concettuale di valutazione del rischio chimico per i lavoratori nei siti contaminati. Sono quindi descritte le potenziali sorgenti di contaminazione, le vie di migrazione delle specie chimiche, i bersagli della contaminazione e le corrispondenti modalità espositive.
- Nel capitolo 3 e relativi allegati (da 3.A a 3.D) viene proposta una procedura per la valutazione e gestione del rischio chimico per inalazione di vapori e polveri.
- Nel capitolo 4 viene proposta una procedura per la valutazione e gestione del rischio chimico per contatto dermico.
- Infine, nel capitolo 5 viene descritta la procedura per la gestione del rischio nelle fasi di indagine del sito.

Il documento può essere utilizzato come strumento di supporto per l'esecuzione della valutazione dei rischi, che il datore di lavoro è tenuto ad effettuare ai sensi del D.Lgs. 81/08 in riferimento alle attività di bonifica dei siti contaminati.

La trattazione non pretende di essere esaustiva, ma vuole rappresentare uno strumento tecnico di supporto per la gestione dei rischi chimici occupazionali, da effettuarsi ai sensi del D.Lgs. 81/2008.

1. Adempimenti normativi nelle attività di bonifica dei siti contaminati

I siti inquinati rappresentano da diversi anni un problema di rilevanza internazionale sotto molti aspetti: tecnico, politico, economico e sociale. Nonostante ciò la gestione di tali siti attualmente non è regolamentata da alcuna normativa comunitaria.

L'Italia ha iniziato ad occuparsi del problema con la Legge 441/1987 la quale, sulla base del successivo regolamento attuativo (D.M. 185/1989), chiedeva alle Regioni di censire i siti contaminati, o potenzialmente tali, presenti sul proprio territorio e di definire delle liste di priorità di intervento. A distanza di un anno dalla scadenza dei termini richiesti dalle norme, solo alcune Regioni avevano ottemperato alle disposizioni del suddetto decreto. Con un salto temporale di circa sette anni, è stato emanato il D.Lgs. 22/1997 (c.d. Decreto Ronchi) "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". L'art. 17 riguardava specificatamente la bonifica dei siti inquinati e il suo regolamento attuativo, che si è realizzato attraverso il D.M. 471/1999. Dall'entrata in vigore dello stesso l'Italia ha cominciato ad occuparsi in modo sistematico e puntuale di tale problematica.

Nel 2006, nell'ambito del riordino della disciplina ambientale, è stato rielaborato anche il regolamento per la bonifica dei siti contaminati. Esso costituisce oggi il Titolo V della Parte quarta del Testo unico in materia ambientale (D.Lgs. 152/2006) recante "Norme in materia ambientale - Bonifica di siti contaminati".

Gli aspetti legati alla protezione dei lavoratori sono trattati nell'allegato 3 al Titolo V, Parte quarta del suddetto decreto legislativo, che recita:

"L'applicazione di un intervento di bonifica/messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale di un sito inquinato deve garantire che non si verifichino emissioni di sostanze o prodotti intermedi pericolosi per la salute degli operatori che operano sul sito, sia durante l'esecuzione delle indagini, dei sopralluoghi, del monitoraggio, del campionamento e degli interventi.

Per ciascun sito in cui i lavoratori sono potenzialmente esposti a sostanze pericolose sarà previsto un piano di protezione con lo scopo di indicare i pericoli per la sicurezza e la salute che possono esistere in ogni fase operativa ed identificare le procedure per la protezione dei dipendenti. Il piano di protezione sarà definito in conformità a quanto previsto dalle norme vigenti in materia di protezione dei lavoratori".

Tali precetti si collegano alle disposizioni del D.Lgs. 81/2008, principale testo normativo di riferimento in tema di "Salute e sicurezza dei lavoratori". Tale decreto impone la redazione di documenti tecnici, aventi la finalità di tutelare la salute e la sicurezza dei lavoratori, che si differenziano in funzione dell'ambito di applicazione:

- Documento di Valutazione dei Rischi – DVR (art. 28);
- Documento Unico di Valutazione dei Rischi da Interferenze – DUVRI (art. 26);
- Piano Operativo di Sicurezza – POS (Titolo IV, art. 89, comma 1, lettera h);
- Piano di Sicurezza e Coordinamento – PSC (Titolo IV, art. 100);
- Piano di Sicurezza Sostitutivo – PSS (art. 131 del D.Lgs. 163/2006 e allegato XV del D.Lgs. 81/2008).

Per approfondimenti riguardo i suddetti documenti si rimanda all'allegato 1.A. Nei successivi paragrafi sono descritte schematicamente le attività svolte nei siti contaminati, o potenzialmente tali, indicando quelle che possono rientrare nel Titolo IV del D.Lgs. 81/2008 (Cantieri temporanei e mobili).

1.1 Attività in siti contaminati o potenzialmente tali

Con il termine bonifica si intendono tutte le attività che possono aver luogo nell'ambito della gestione di un sito contaminato o potenzialmente tale, quindi non solo la bonifica in senso stretto ma anche altre attività come la caratterizzazione, il monitoraggio ambientale, la messa in sicurezza d'emergenza, operativa e permanente. Nella Tabella 1 è riportato un elenco delle tipologie di attività che possono essere necessarie nell'ambito della bonifica dei siti contaminati. Nel seguito viene riportata una descrizione sintetica delle stesse, mentre per ulteriori approfondimenti si rimanda a quanto contenuto nell'allegato 1.B.

Tabella 1: Tipologie di attività

ATTIVITÀ IN SITI OGGETTO DI BONIFICA
PREDISPOSIZIONE DEL PIANO DI INDAGINE:
- Raccolta documentazione e informazioni sul sito (*)
- Sopralluogo conoscitivo
- Pulizia e sgombero
- Elaborazione del modello concettuale preliminare (*)
- Elaborazione del piano di investigazione iniziale (*)
ALLESTIMENTO CANTIERE
INDAGINE DEL SITO
DECOMMISSIONING
MESSA IN SICUREZZA D'EMERGENZA
MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA
MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE
BONIFICA
MONITORAGGIO AMBIENTALE
RIPRISTINO AMBIENTALE

(*) Attività che non richiedono la presenza fisica dei lavoratori sul sito contaminato, o potenzialmente tale.

Predisposizione del piano di indagine

Tale fase di approccio al sito potenzialmente contaminato viene generalmente condotta raccogliendo la documentazione e le informazioni riguardanti il sito in oggetto, effettuando un sopralluogo conoscitivo e eventuali attività di pulizia e sgombero dell'area, elaborando il modello concettuale preliminare e il piano di investigazione iniziale.

Allestimento cantiere

Tale attività deve essere svolta in tutti i casi in cui si rientra nel Titolo IV del D.Lgs. 81/2008.

Indagine del sito

Il piano di indagini deve contenere una dettagliata descrizione delle attività che saranno svolte in campo ed in laboratorio per la caratterizzazione ambientale del sito. Tale caratterizzazione comprende la ricostruzione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e climatologiche dell'area, l'individuazione delle proprietà chimico-fisiche dei comparti ambientali coinvolti dalla contaminazione. L'attività di indagine del sito (caratterizzazione del sito) permette di definire la contaminazione in termini di:

- tipologia (identificazione delle sostanze chimiche presenti);
- grado (concentrazione degli inquinanti nei vari comparti ambientali);
- distribuzione spaziale (localizzazione ed estensione dei volumi contaminati);
- aree con maggiore concentrazione.

Tutti i risultati analitici ricavati nel corso delle fasi di indagine costituiscono la base per la predisposizione del Modello Concettuale Definitivo (MCD) e del Piano di caratterizzazione, di cui al D.Lgs. 152/2006. Solo a valle di tali attività, essendo stata individuata la natura, l'estensione e l'entità della contaminazione, è possibile effettuare una corretta identificazione dei pericoli connessi all'esposizione ad agenti chimici.

Decommissioning

Con tale termine si comprendono tutte le attività di smantellamento di strutture (edifici, serbatoi, vasche, impianti elettrici, idraulici, ecc.).

Messa in sicurezza d'emergenza

Comprende ogni intervento immediato o a breve termine, da mettere in opera nelle condizioni di emergenza (come definite all'art. 240 lettera t) del D.Lgs. 152/2006), in caso di eventi di contaminazione repentini di qualsiasi natura, atto a contenere la diffusione delle sorgenti primarie di contaminazione, impedirne il contatto con altre matrici presenti nel sito e a rimuoverle, in attesa di eventuali ulteriori interventi di bonifica o di messa in sicurezza operativa o permanente.

Messa in sicurezza operativa

Insieme degli interventi, eseguiti in siti con attività in esercizio o in siti con i requisiti stabiliti dalla normativa vigente per l'utilizzo di tale tipologia di intervento, atti a garan-

tire un adeguato livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente, in attesa di ulteriori interventi di messa in sicurezza permanente o bonifica da realizzarsi alla cessazione dell'attività.

Messa in sicurezza permanente

Insieme degli interventi atti a isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti e a garantire un elevato e definitivo livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente.

Bonifica

Insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle stesse presenti nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee ad un livello uguale o inferiore ai valori delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR).

Monitoraggio ambientale

Le azioni di monitoraggio e controllo devono essere effettuate nel corso e al termine di tutte le fasi previste per la messa in sicurezza, per la bonifica e il ripristino ambientale del sito inquinato, al fine di verificare l'efficacia degli interventi nel raggiungere gli obiettivi prefissati.

Ripristino ambientale

Insieme degli interventi di riqualificazione ambientale e paesaggistica, anche costituenti complemento degli interventi di bonifica o messa in sicurezza permanente, che consentono di recuperare il sito alla effettiva e definitiva fruibilità per la destinazione d'uso conforme agli strumenti urbanistici.

Si ritiene opportuno sottolineare che le attività sopra descritte (Tabella 1):

- non sono elencate in ordine cronologico;
- possono essere una alternativa ad un'altra (ad esempio la bonifica e la messa in sicurezza permanente);
- non sono sempre necessarie (ad esempio *decommissioning*, messa in sicurezza d'emergenza);
- possono svolgersi anche contemporaneamente (ad esempio indagine del sito e *decommissioning*).

I diversi processi di bonifica comportano per gli operatori rischi di intensità differente, in ragione della maggiore o minore possibilità per gli stessi di venire in contatto con le matrici inquinate.

Da questo punto di vista è possibile raggruppare le più usuali tecniche di bonifica nelle seguenti categorie:

- *Attività che non comportano disturbo alla matrice ambientale (suolo, falda) contaminata*: Sono essenzialmente trattamenti di tipo chimico, fisico o biologico a ciclo

chiuso; esempi di questo tipo riguardano l'estrazione bifasica o multifasica (TPE, MPE) delle acque di falda, generalmente collegata a impianti di depurazione. Tali tecniche non prevedono di norma rilevanti contatti diretti degli operatori con la matrice acquosa contaminata, se non in fase di installazione dei piezometri, né tanto meno la dispersione, mediante evaporazione, delle sostanze pericolose nell'ambiente circostante.

- *Attività che comportano basso disturbo alla matrice ambientale (suolo, falda) contaminata*: Si tratta di lavorazioni che comportano una interazione con la matrice contaminata ridotta al minimo, come l'iniezione di agenti ossidanti in terreni contaminati da idrocarburi, o la piantumazione (*phytoremediation*) di specie arboree in grado di accumulare metalli pesanti riducendone la concentrazione nel terreno. In questi casi l'esposizione dei lavoratori è limitata nel tempo ed è di intensità contenuta per la limitata necessità di movimentazione delle matrici inquinate.
- *Attività che comportano elevato disturbo alla matrice ambientale (suolo, falda) contaminata*: Sono essenzialmente attività di estrazione e successiva separazione mediante scavo superficiale o profondo con smaltimento in discarica, oppure con trattamento e successivo rinterro nel sito di origine, che in genere favoriscono maggiormente lo sviluppo e la dispersione di polveri, gas e vapori inquinanti nell'ambiente circostante. Gli operatori generalmente svolgono queste operazioni in modo non sporadico e per gran parte del turno lavorativo.

1.2 Le attività di cantiere nella bonifica dei siti contaminati

Nel Titolo IV del D.Lgs. 81/2008 viene definito cantiere temporaneo o mobile qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile: lavori di costruzione, manutenzione, riparazione, demolizione, conservazione, risanamento, ristrutturazione o equipaggiamento, la trasformazione, il rinnovamento o lo smantellamento di opere fisse, permanenti o temporanee, in muratura, in cemento armato, in metallo, in legno o in altri materiali, comprese le parti strutturali delle linee elettriche e le parti strutturali degli impianti elettrici, le opere stradali, ferroviarie, idrauliche, marittime, idroelettriche e, solo per la parte che comporta lavori edili o di ingegneria civile, le opere di bonifica, di sistemazione forestale e di sterro, gli scavi, ed il montaggio e lo smontaggio di elementi prefabbricati utilizzati per la realizzazione di lavori edili o di ingegneria civile (allegato X, D.Lgs. 81/2008).

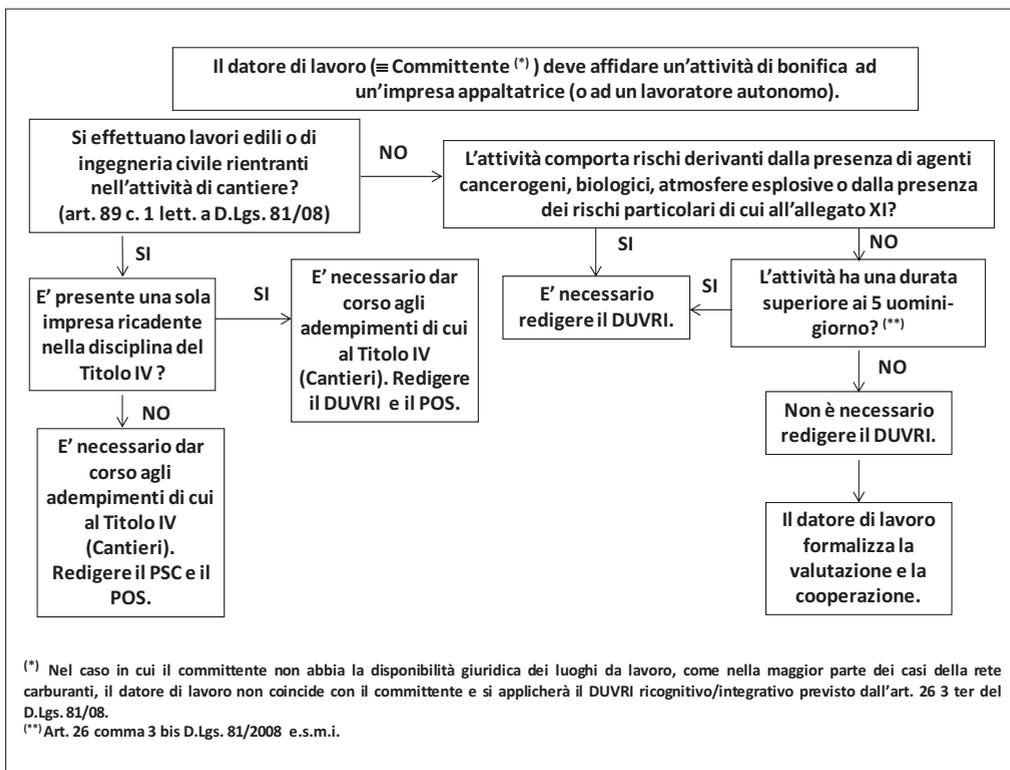
Fermo restando che la valutazione deve essere svolta caso per caso, in Tabella 2 sono riportate, a titolo puramente esemplificativo, le attività di bonifica che generalmente rientrano o meno nel Titolo IV del D.Lgs. 81/2008. Per la descrizione dettagliata delle varie tipologie di attività si rimanda all'allegato 1.B.

Tabella 2: Attività di bonifica e cantieri temporanei e mobili

ATTIVITÀ DI BONIFICA	È un cantiere? (Titolo IV D.Lgs. 81/2008)
SOPRALLUOGO CONOSCITIVO	NO
PULIZIA E SGOMBERO	NO
INDAGINE DEL SITO	SI (NEI CASI IN CUI LE ATTIVITÀ DI INDAGINE COMPREDANO LAVORI EDILI O DI INGEGNERIA CIVILE)
DECOMMISSIONING	SI
MESSA IN SICUREZZA D'EMERGENZA (MISE)	SI (IN FASE DI SCAVO, MONTAGGIO E SMONTAGGIO DI OPERE FISSE, PERMANENTI O TEMPORANEE)
MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA (MISO)	
MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE (MISP)	
BONIFICA	NO (IN FASE DI GESTIONE DEI SISTEMI/IMPIANTI)
MONITORAGGIO AMBIENTALE	NO

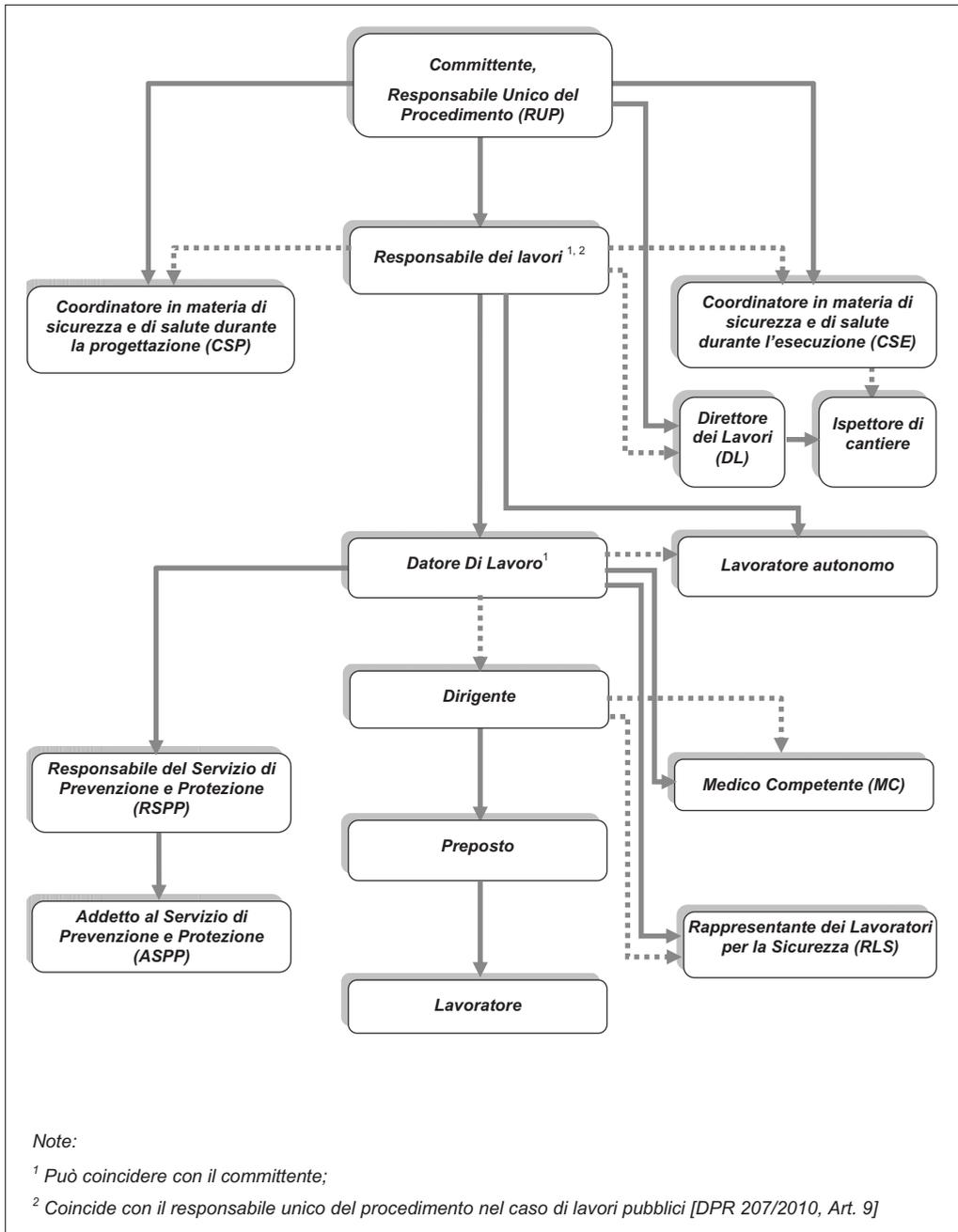
In Figura 1 si riporta un diagramma di flusso, derivato dalla procedura per la gestione delle interferenze predisposta da Confindustria Vercelli Valsesia in collaborazione con l'INAIL nel 2010 [INAIL, 2010], che può essere un utile riferimento per valutare se l'attività di bonifica rientra o non rientra nel campo di applicazione del Titolo IV.

Figura 1: Criterio per valutare se l'attività di bonifica rientra nel campo di applicazione del Titolo IV (D.Lgs. 81/2008)



Nel caso di attività che rientrano nell'ambito di applicazione dell'art. 90, comma 11, del D.Lgs. 81/2008 - ossia nel caso di cantieri non particolarmente complessi nei quali gli obblighi del coordinatore per la progettazione sono di entità tale da poter essere affidati all'unica figura del coordinatore per l'esecuzione - alla luce di quanto contenuto nella Circolare n. 30/2009 del Ministero del Lavoro (Prot. 25/SEGR/0016219), il coordinatore per l'esecuzione deve essere nominato contestualmente all'affidamento dell'incarico di progettazione e deve svolgere, senza eccezioni o limitazioni, tutte le funzioni attribuite al coordinatore per la progettazione. In Figura 2 è riportato uno schema relativo alla gerarchia delle figure coinvolte nella gestione della salute e della sicurezza nelle attività di cantiere temporaneo e mobile. Per la definizione puntuale dei ruoli e delle responsabilità attribuite a tali figure si rimanda all'allegato 1.C.

Figura 2: Schema sintetico delle principali figure coinvolte nella gestione della salute e della sicurezza nelle attività di cantiere temporaneo e mobile



2. Modello concettuale del sito per l'esposizione ad agenti chimici

È possibile definire un sito contaminato come un'area o porzione di territorio nel quale fenomeni antropici hanno comportato alterazioni chimiche, fisiche o biologiche del suolo, del sottosuolo o delle acque sotterranee tali da determinare un rischio sanitario e/o ambientale.

In linea di principio, perché un'area possa ritenersi "a rischio", o più correttamente "potenzialmente a rischio", occorre che si realizzi la coesistenza di tre condizioni [de Fraja Frangipane et al., 1994], che rappresentano i tre elementi fondamentali per la costruzione del modello concettuale:

- una sorgente (o fonte) di contaminazione;
- una o più vie (o percorsi) di migrazione, attraverso le quali le sostanze inquinanti possono diffondersi nell'ambiente (acque sotterranee, acque superficiali, aria, suolo e catena alimentare);
- alcuni bersagli (recettori, esposti) intercettati dagli agenti chimici secondo diverse modalità di esposizione (ingestione, contatto dermico, inalazione).

Nel presente capitolo viene proposto un modello concettuale finalizzato alla valutazione del rischio chimico per i lavoratori nei siti contaminati.

2.1 Sorgente di contaminazione

La sorgente di contaminazione può essere differenziata in sorgente primaria e sorgente secondaria [ASTM E-1739-95]. La sorgente primaria è rappresentata dall'elemento che è causa di inquinamento (per esempio un serbatoio interrato); quella secondaria è identificata con il comparto ambientale oggetto di contaminazione (suolo, acqua, aria). Ai fini del presente documento, la sorgente secondaria di contaminazione è rappresentata da suolo contaminato, che può essere differenziato tra [ISPRA, 2008]:

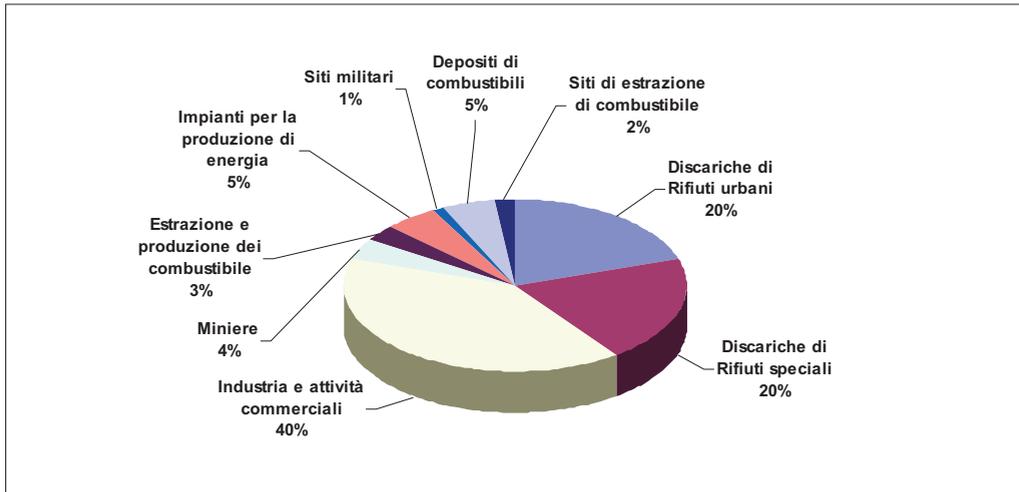
- zona insatura, a sua volta classificabile come suolo superficiale (SS), compreso tra 0 ed 1 m di profondità dal piano campagna e suolo profondo (SP), con profondità maggiore di 1 m dal piano campagna;
- zona satura o acqua sotterranea (GW).

In riferimento alla contaminazione di suolo e di acque sotterranee, i dati regionali, raccolti ed elaborati da ISPRA e pubblicati nell'"Annuario dei dati ambientali 2012" [ISPRA, 2013], evidenziano una netta prevalenza delle attività industriali/commerciali e di quelle connesse alla gestione dei rifiuti, con percentuali diverse tra il Centro-Nord (dove prevalgono le attività di carattere industriale/commerciale), rispetto al Sud (dove prevalgono le attività connesse alla gestione dei rifiuti e delle discariche in particolare). Per quanto riguarda la tipologia della contaminazione, metalli pesanti e idrocarburi (alifatici, aromatici e clorurati) costituiscono le famiglie di sostanze più

frequentemente rinvenute nei suoli e nelle acque sotterranee in fase di caratterizzazione.

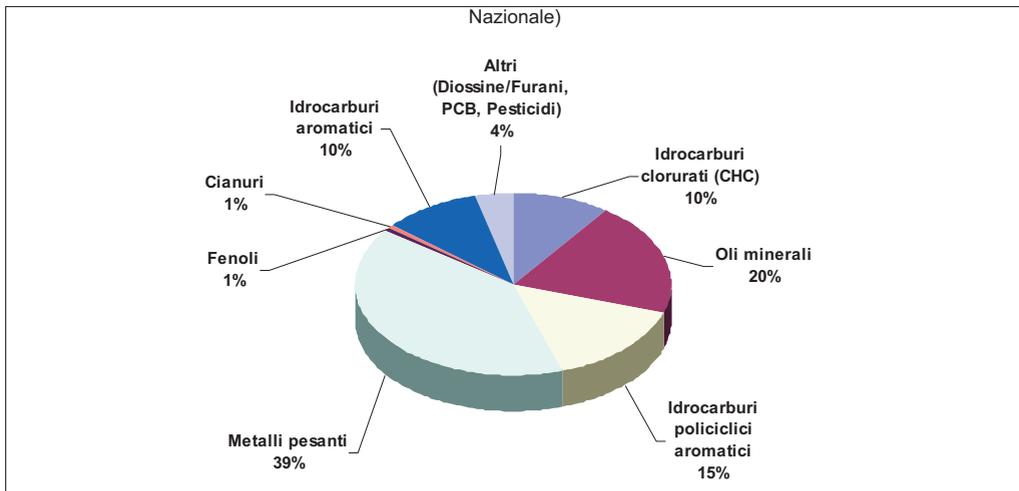
In tal senso si può affermare che i dati aggregati relativi ai Siti di Interesse Nazionale, rappresentati nelle Figure 3, 4 e 5 ben rispecchiano la realtà nazionale.

Figura 3: Contributi alla contaminazione dei suoli suddivisi per tipologia di fonte (dato relativo ai Siti di Interesse Nazionale)



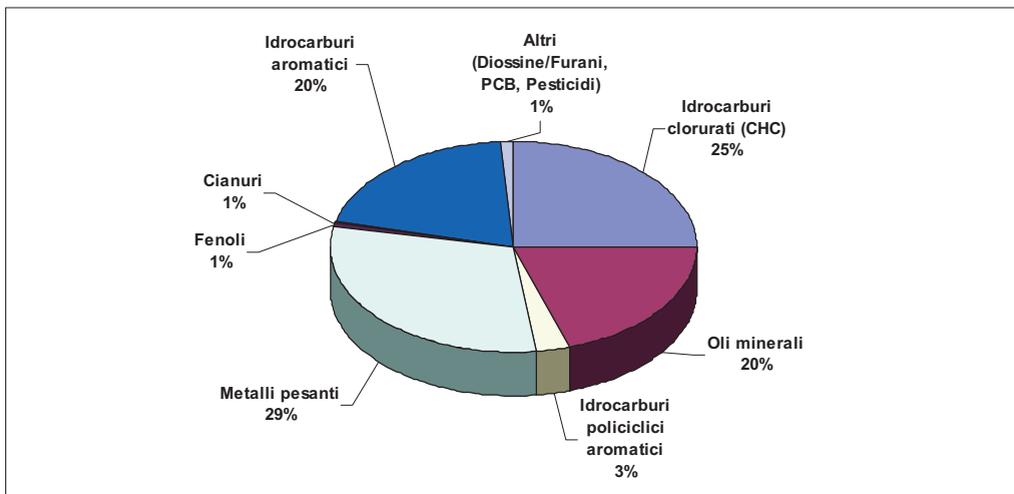
Fonte: ISPRA, 2013

Figura 4: Principali classi di inquinanti riscontrati nel suolo (dato relativo ai Siti di Interesse Nazionale)



Fonte: ISPRA, 2013

Figura 5: Principali classi di inquinanti riscontrati nelle acque superficiali e sotterranee (dato relativo ai Siti di Interesse Nazionale)



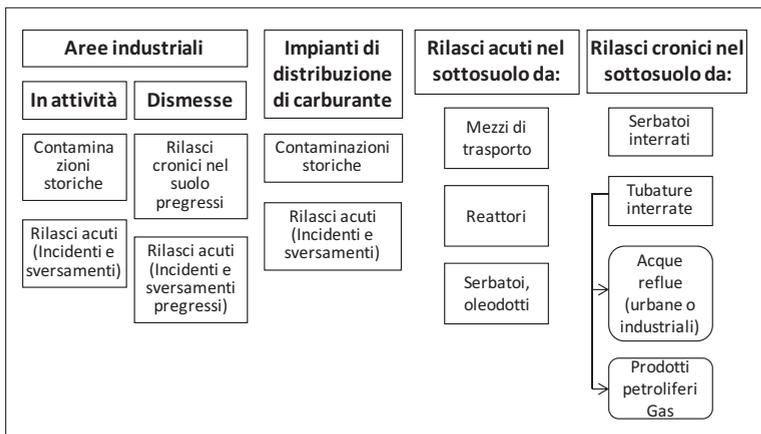
Fonte: ISPRA, 2013

Le tipologie di siti contaminati prese in considerazione nel presente documento sono:

- Aree industriali in attività o dismesse;
- Impianti di distribuzione di carburante;
- Aree in cui si sono verificati rilasci acuti (incidenti, sversamenti accidentali) o cronici nel suolo.

Non sono comprese quindi le aree contaminate da amianto, le discariche e i depositi abusivi di rifiuti. Uno schema di sintesi è rappresentato in Figura 6.

Figura 6: Tipologie di siti contaminati presi in esame



Nel seguito si riporta una breve descrizione delle tipologie di sito contaminato considerate nel presente documento (Figura 6). Nei primi due casi tale descrizione è accompagnata da un elenco delle principali specie chimiche ad essi associabili.

Aree industriali in attività o dismesse

Le aree industriali, in attività o dismesse, rappresentano oggi in Italia una delle principali sorgenti di contaminazione.

Riguardo agli insediamenti industriali in attività, il fenomeno è dovuto essenzialmente alla minore conoscenza delle problematiche ambientali che si è avuta nel passato (contaminazioni storiche) e che ha comportato: depositi superficiali (cumuli, pile o spandimenti sul suolo) e interramenti dei residui di produzione; rilasci da cattiva gestione degli impianti; scarichi di liquami non depurati; ricaduta al suolo di emissioni atmosferiche contaminate; stoccaggi prolungati (e non adeguati) di sostanze pericolose; smantellamento di impianti obsoleti.

Tali insediamenti in attività possono comunque anche oggi comportare un rischio di contaminazione ambientale qualora dovessero verificarsi incidenti e sversamenti (rilasci acuti) nelle fasi di produzione¹, movimentazione e stoccaggio delle materie prime e dei prodotti di lavorazione.

La cessazione (temporanea o definitiva) di un'attività produttiva nel passato ha spesso comportato, e in alcuni casi ancor oggi comporta, l'abbandono, all'interno dello stabilimento, di alcuni materiali (materie prime, prodotti, residui di lavorazione). Tali materiali, a seguito del progressivo deterioramento delle loro caratteristiche, diventano quindi rifiuti industriali inquinanti. Anche nel caso in cui le imprese industriali provvedano al loro corretto smaltimento, i siti (almeno in termini di strutture e apparecchiature) potrebbero comunque permanere contaminati da sostanze pericolose, la cui natura dipende dall'attività cessata.

In Tabella 3 è riportato un elenco delle più comuni tipologie di attività industriali e i corrispondenti contaminanti chimici potenzialmente rinvenibili sul sito [de Fraja Frangipane et al., 1994].

¹ È il caso eclatante dell'incidente Seveso, generato il 10 luglio 1976 da un processo esotermico incontrollato presso l'industria ICMESA di Meda (prov. di Milano), che comportò la fuoriuscita dallo stabilimento di una nube tossica, trascinata poi dal vento su un'area di 1.800 ha densamente popolata (distribuita sul territorio dei comuni di Seveso e Meda).

Tabella 3: Attività industriali e sostanze pericolose ad esse associabili

Attività industriale	Contaminanti associabili ai processi produttivi
Estrazione carbone	Ammoniaca, Antracene, Arsenico, Benzo(a)pirene, IPA
Cokerie	Benzene, Piombo, Cromo, Cianuri, Etilbenzene, IPA
Gasometri	Fluoruri, Cresolo, Oli minerali, IPA, Fenoli, Acidi/basi, Tiocianati, Bitumi
Raffinazione di petrolio	Benzene, Oli minerali, IPA, Piombo tetraetile
Estrazione metalli non ferrosi	Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Cresolo, Rame, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, Zinco
Trattamento dei metalli	Cloroformio, Cianuri, Oli minerali, Tetracloroetene, Tricloroetene, Tricloroetano
Trasformazione/Stoccaggio oli (anche usati)	Antracene, Arsenico, Benzina, Benzene, Piombo, Cromo, Dicloroetano, Dicloropropano, Etilbenzene, Rame, Oli minerali, Nichel, IPA; PCB, Fenoli, Pentaclorofenoli, Acidi/basi, Selenio, PCDD/F, Tetracloroetano, Bitumi, Piombo tetraetile, Toluene, Zinco, Tricloroetano, Tricloroetene, Vanadio
Siderurgia	Arsenico, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Oli minerali, Nichel, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, Vanadio, Zinco, PCDD/F
Lavorazione metalli non ferrosi	Antimonio, Arsenico, Berillio, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Fluoruri, Rame, Nichel, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Tallio, Vanadio, Zinco
Fonderie metallurgiche	Antimonio, Arsenico, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Fluoruri, IPA, Rame, Nichel, Mercurio, Acidi/basi, Oli minerali, Vanadio, Zinco, PCDD/F
Tempra dei metalli	Antimonio, Arsenico, Benzina, Benzene, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Fluoruri, Rame, Nichel, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Oli minerali, Cloroformio, Zinco, Diclorometano, Tetracloroetene, Tricloroetano
Produzione batterie ed accumulatori	Antimonio, Arsenico, Piombo, Cadmio, Cromo, Fluoruri, Rame, Nichel, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Zinco
Industria chimica di base organica	Ammonio, Antimonio, Arsenico, Berillio, Piombo, Cadmio, Cianuri, Dinitrofenolo, Fluoruri, Fluorosilicati, Rame, Nichel, Nitrobenzolo, Pentaclorofenolo, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Tallio, Tiocianati, Vanadio, Zinco
Industria chimica di base organica e prodotti farmaceutici	<i>La descrizione esaustiva delle sostanze è troppo estesa.</i>
Produzione di materie plastiche	Acrilonitrile, Benzene, Piombo, Cadmio, Cloroformio, Cromo, Cianuri, Dicloroetano, Dicloroetene, Dicloropropano, Dinitrotoluene, Epicloridrina, Fluoruri, Cresolo, IPA, Fenoli, Ftalati, Acidi/basi, Selenio, Vinilcloruro, Zinco
Produzione vernici e pigmenti	Antracene, Antimonio, Arsenico, Benzina, Benzene, Piombo, Cadmio, Clorobenzolo, Cloroformio, Clorofenoli, Cromo, Cianuri, Diclorometano, Dinitrofenoli, Dinitrotoluene, Etilbenzene, Fluorantene, Fluoruri, Cresolo, Rame, Oli minerali, Nitrobenzene, IPA, PCB, Pentaclorofenoli, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, Selenio, Bitumi, Tetracloroetano, Tetracloroetene, Toluene, Tricloroetano, Tricloroetene, Zinco, PCDD/F
Produzione pesticidi	Aldrin, Arsenico, DDT, Benzene, Piombo, Cadmio, Clorobenzolo, Cloroformio, Clorofenoli, Cromo, Cianuri, Dinitrofenoli, Diclorofenoli, Fluorosilicati, Fluoruri, Cresolo, Esaclorocicloesano, Rame, Nitrobenzene, PCDD/F, Pentaclorofenoli, Fenoli, IPA, Mercurio, Selenio, Bitumi, Tetracloroetano, Tetracloroetene, Toluene, Tricloroetano, Triclorobenzene, Zinco, Dicloropropano, Epiclorodrona, Esaclorobenzene
Produzione esplosivi	Antimonio, Arsenico, Piombo, Cromo, Rame, Nichel, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, Dinitrofenolo, Dinitrotoluene, Nitrobenzene
Produzione vetro	Antimonio, Arsenico, Benzene, Piombo, Cadmio, Cromo, Cianuri, Fluoruri, Rame, Nichel, Mercurio, Selenio, Zinco
Trattamento legno	Arsenico, Benzina, Cromo, DDT, Diclorometano, Dinitrofenolo, Fluorantene, Fluoruri, Fluorosilicati, Cresolo, Rame, Oli minerali, Naftalene, Nichel, PCB, Pentaclorofenolo, Fenoli, Mercurio, Acidi/basi, PCDD/F; Bitumi, Toluene, Tricloroetene, Zinco
Fabbricazione e trattamento pelli	Arsenico, Cromo, Fluoruri, Cresolo, Naftalene, Pentaclorofenolo, Fenoli, Mercurio
Produzione oli e grassi alimentari	Benzina, Benzene, Cromo, Cloroformio, Dicloroetano, Diclorometano, Nichel, Acidi/basi, Tricloroetene, Tetracloroetene
Rottamazione ed autodemolizione	Benzine, Oli minerali, PCB, Tetracloroetene, Tricloroetene
Aeroporti	Benzine, IPA, Oli minerali, Tetracloroetene, Tricloroetene

Impianti di distribuzione di carburante (Punti Vendita carburanti - PV)

Tale tipologia di siti risulta quella maggiormente diffusa sul territorio nazionale. Per impianto di distribuzione carburanti si intende il complesso unitario costituito da uno o più apparecchi di erogazione automatica di carburante per autotrazione e i relativi serbatoi nonché i servizi e le attività accessorie. È possibile distinguere tra due tipologie di impianto di distribuzione carburanti:

- impianto stradale: complesso commerciale unitario costituito da un insieme di attrezzature finalizzate all'erogazione di carburante per il rifornimento dei mezzi circolanti su strada nonché di servizi e attività accessorie all'auto e all'automobilista;
- impianto ad uso privato: complesso di apparecchi fissi o mobili di erogazione di carburante per autotrazione, con le relative attrezzature ed accessori, installato all'interno di stabilimenti, cantieri, magazzini e simili, destinato esclusivamente al rifornimento di automezzi, macchine operatrici, elicotteri, aeromobili e natanti del titolare dell'autorizzazione all'installazioni e all'esercizio.

Nella Tabella 4 è riportato un elenco, indicativo e non esaustivo, dei contaminanti generalmente riscontrabili nei casi di contaminazione del suolo e della falda da impianti di distribuzione di carburante, mutuato dall'Appendice V del documento [ISPRA, 2008].

Tabella 4: Sostanze pericolose associabili agli impianti di distribuzione di carburante

Contaminante	Note
Idrocarburi C<12	---
Idrocarburi C>12 (C12-C40)	---
Benzene	---
Toluene	---
Etilbenzene	---
Stirene	---
Xilene	---
IPA	Nel caso di presenza di sversamenti da serbatoi con oli pesanti
MTBE	---
ETBE	Nel caso in cui siano state utilizzate benzine contenenti tale additivo
Piombo	Nel caso di attività da prima del 2002
Piombo tetraetile	Nel caso di attività da prima del 2002

Nel caso in cui all'interno del punto vendita carburante siano presenti attività di piccola manutenzione meccanica, o assimilabili, sono potenzialmente riscontrabili anche i seguenti composti: Cloruro di vinile; 1,2-DCA (1,2- Dicloroetano); TCE (Tricloroetilene); 1,2-DCE (1,2-Dicloroetilene).

Aree in cui si sono verificati rilasci acuti nel sottosuolo

Rientrano in questa definizione, oltre gli incidenti riguardanti gli stabilimenti industriali in attività, anche quelli generati da rilasci acuti da mezzi adibiti al trasporto (stradale e ferroviario) di sostanze pericolose, da reattori, da oleodotti, da serbatoi, nonché gli insediamenti produttivi danneggiati da calamità naturali ed esplosioni e/o incendi. Caratteristica comune a queste aree, dal momento che comportano un pericolo immediato per la salute pubblica e l'ambiente, è la necessità di operare con urgenza la messa in sicurezza dei siti (attraverso cioè interventi temporanei, volti alla limitazione della diffusione degli inquinanti e al recupero delle sostanze sversate), per procedere soltanto in una fase successiva all'azione di bonifica vera e propria.

Aree in cui si sono verificati rilasci cronici nel sottosuolo

I rilasci cronici, ossia che avvengono durante un periodo di tempo prolungato, possono riguardare i serbatoi di stoccaggio sotterranei utilizzati presso i distributori di benzina, gli aeroporti, gli insediamenti militari; lo stoccaggio di fluidi quali benzine, oli combustibili, prodotti petrolchimici, acidi e solventi industriali.

Anche specifiche tipologie di tubazioni interrate sono potenzialmente a rischio, come ad esempio le fognature di drenaggio delle acque reflue (urbane ed industriali) e le condutture di trasporto di prodotti petrolchimici.

Fuoriuscite di questi fluidi possono verificarsi a seguito di fenomeni corrosivi (sviluppati sulla superficie interna e/o esterna delle strutture metalliche che li contengono), rotture, cedimenti dei giunti di saldature, difetti costruttivi e procedure scorrette di posa e di installazione.

2.2 Vie di migrazione dei contaminanti

Gli inquinanti rilasciati nell'ambiente sono soggetti a una serie di fenomeni di migrazione e di trasformazione. La loro comprensione e la modellazione è un elemento di base per la valutazione dell'estensione spaziale e della durata temporale della contaminazione e quindi dell'impatto della stessa sull'ambiente e sull'uomo. I fenomeni di migrazione degli inquinanti, caratterizzati dal luogo e dal mezzo (suolo, atmosfera, acque) in cui vengono rilasciati, sono in genere assai complessi e dipendono sia dalle proprietà chimico-fisiche delle sostanze contaminanti, sia dalle proprietà idrogeologiche, meteorologiche ed ecologiche del sito.

In sintesi, le vie di migrazione sono rappresentate dai percorsi attraverso cui il contaminante si trasferisce dal comparto ambientale sorgente al comparto ambientale di connesso all'esposizione. Le principali vie di migrazione sono [ISPRA, 2008]:

- *Lisciviazione e dispersione in falda*: consiste nell'infiltrazione d'acqua piovana all'interno del suolo che, a contatto con i contaminanti, dà origine alla formazione di un eluato che percola attraverso lo strato insaturo (zona vadosa) fino a raggiungere la falda, dove poi avvengono fenomeni di diluizione, trasporto e dispersione.
- *Volatilizzazione e dispersione in aria*: fenomeno tramite il quale le specie chimiche

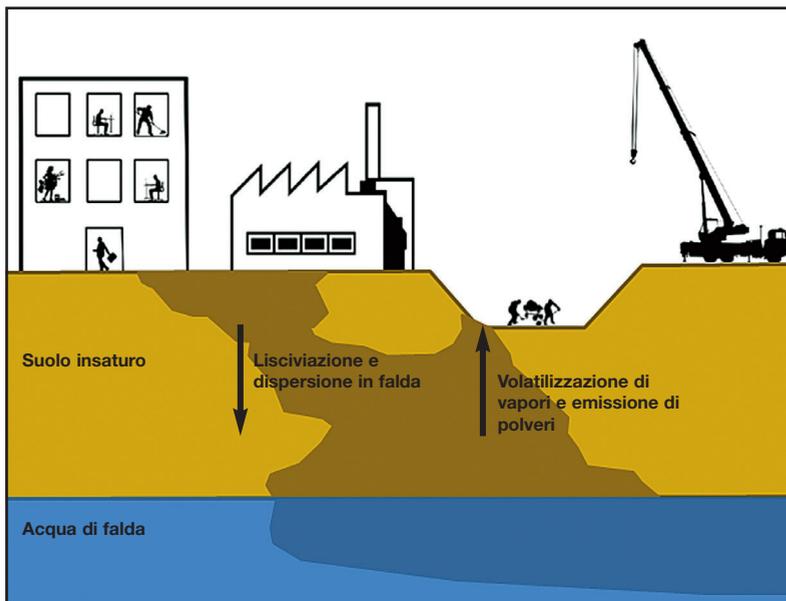
volatili presenti nel Suolo Superficiale (SS), nel Suolo Profondo (SP) e/o nella falda (GW) migrano verso gli ambienti aperti (outdoor) e/o chiusi (indoor). Nel caso di ambienti aperti possono avvenire poi fenomeni di trasporto e dispersione in atmosfera.

- *Emissione di particolato*: processo tramite il quale avviene il sollevamento di polveri in atmosfera da:
 - suolo superficiale (SS), a seguito di fenomeni di erosione del vento o di attività che comportano la movimentazione di terreno o del transito di mezzi su strade prive di pavimentazione;
 - suolo profondo (SP), nel caso di attività di scavo o comunque di movimentazione di terreno.

Le polveri risollevate dal suolo subiscono poi fenomeni di rimescolamento e diluizione nell'aria della zona sovrastante la sorgente di contaminazione. L'inhalazione di tale particolato può avvenire sia in ambienti aperti che in ambienti chiusi.

La Figura 7 mostra, in forma schematica, le principali vie di migrazione prese in considerazione nel presente documento.

Figura 7: Schema delle principali vie di migrazione prese in considerazione nel presente documento



2.3 Bersagli e modalità di esposizione

Ai fini della gestione della salute e della sicurezza nei siti contaminati, o potenzialmente tali, *i bersagli* presi in considerazione in questo documento sono i lavoratori presenti a qualsiasi titolo su di un sito contaminato.

È quindi esclusa la trattazione dell'esposizione della popolazione localizzata sul sito e della popolazione e dei lavoratori presenti nelle aree limitrofe allo stesso. Si precisa inoltre che non sono stati presi in considerazione i lavoratori che svolgono le proprie attività, nell'ambito di ambienti sospetti di inquinamento o confinati, ai sensi degli artt. 66 e 121 e dell'allegato IV, punto 3, del D.Lgs. 81/2008, per i quali trovano applicazione le disposizioni di cui al D.P.R. 3 agosto 2011 e del D.P.R. 177/2011 o altre situazioni disciplinate da normative specifiche di settore, alle quali si rimanda per approfondimenti.

Tutti i lavoratori presenti su di un sito contaminato sono potenzialmente esposti ad agenti chimici, quindi, ai sensi del D.Lgs. 81/2008, il datore di lavoro deve tutelare la loro salute effettuando una valutazione del rischio chimico. Il Titolo IX "Sostanze Pericolose" del suddetto decreto detta i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare dagli effetti degli agenti chimici pericolosi (Capo I) e cancerogeni e mutageni (Capo II), presenti sul luogo di lavoro o che siano il risultato di ogni attività lavorativa che comporti la loro presenza.

Ai fini della valutazione dell'esposizione ad agenti chimici, la Norma UNI EN 689 prevede che il personale esposto sia suddiviso in Gruppi Omogenei di Esposizione (GOE). Nel caso specifico emergono però delle difficoltà legate alla possibilità di standardizzare "mansioni tipo" per tutti i lavoratori presenti su di un sito contaminato.

In particolare, per quanto attiene gli operatori della bonifica (definiti nel paragrafo 3.1), da un'analisi delle possibili operazioni da svolgere, emerge che la loro durata, successione temporale e frequenza non permettono di definire agevolmente ed univocamente le "mansioni tipo". D'altra parte le tipologie di intervento, specifiche per una certa attività di bonifica, possono essere assai diverse tra loro². La Tabella 5, che riporta un elenco di possibili mansioni comunemente svolte in un sito contaminato, differenziando tra quelle con compiti di controllo, coordinamento e vigilanza e quelle con compiti attivi, è perciò da considerare un supporto e un'indicazione per le aziende coinvolte nelle attività di bonifica (considerando questo termine come onnicomprensivo) nel processo di gestione del rischio chimico.

² A titolo esemplificativo, si consideri che la fase di caratterizzazione del sito, preliminare agli interventi di bonifica, comporta che gli operatori effettuino sopralluoghi, rilievi topografici, perforazioni in suolo superficiale o in suolo profondo, installazione di piezometri, prelievo e confezionamento di campioni, misure sul campo tramite strumentazione portatile ecc. La successiva fase di bonifica del sito può comportare, d'altra parte, la messa in opera e gestione di sistemi di trattamento chimico-fisico, biologico e termico, operazioni di scavo e trasporto di materiale di risulta in aree interne o esterne al cantiere, la gestione di pozzi di estrazione o di iniezione [Pietrantonio Incocciati, 2013].

Anche i lavoratori presenti su di un sito contaminato, non coinvolti nelle attività di bonifica, possono svolgere varie mansioni. Ad esempio in uno stabilimento industriale i lavoratori presenti possono essere: dirigenti, impiegati amministrativi, impiegati tecnici, magazzinieri, addetti officine, addetti laboratori, autisti, addetti macchine operatrici, addetti impianti, operatori d'impianto, manutentori, addetti alla vigilanza, ecc.

Nel seguito quindi non viene effettuata alcuna differenziazione tra "mansioni tipo" anche se come detto in precedenza, ai fini della valutazione del rischio da agenti chimici, è opportuno individuare Gruppi Omogenei di Esposizione (GOE).

Tabella 5: Mansioni comunemente presenti nelle attività di bonifica

Mansioni di controllo, coordinamento e vigilanza
Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione (CSE) Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP) Direttore dei Lavori (DL) Responsabile dei lavori Responsabile di cantiere
Mansioni operative
Direttore tecnico di cantiere e/o responsabile di cantiere Capo cantiere/assistente Capo squadra Operaio comune Carpentiere Muratore Operaio specializzato (settore elettricità) Operaio specializzato (settore idraulico) Operaio specializzato (settore gas) Operaio specializzato (altro) Autista autocarro Operatore pala/rullo/escavatore Specialista esterno

Nel presente documento si intendono per *vie di esposizione* i comparti ambientali mediante i quali il lavoratore entra in contatto con le specie chimiche contaminanti. Quelle prese in esame nel presente documento sono: Suolo superficiale (SS), Suolo profondo (SP), Aria outdoor (AO), Aria indoor (AI) e Acqua di falda (GW).

Le *modalità di esposizione* sono le modalità espositive a mezzo delle quali il potenziale bersaglio entra in contatto con le specie chimiche contaminanti. Si ha una "esposizione diretta" se la via di esposizione coincide con la sorgente di contamina-

zione (ad esempio contatto dermico o ingestione di suolo); si ha una “esposizione indiretta” nel caso in cui il contatto del recettore con la sostanza inquinante avviene a seguito della migrazione dello stesso attraverso i comparti ambientali, e quindi la via di esposizione non coincide con la sorgente di contaminazione (ad esempio inalazione di vapori contenenti specie chimiche volatili provenienti da acque sotterranee contaminate).

Le modalità di esposizione considerate sono:

- *Inalazione di vapori e/o polveri*. Il recettore entra in contatto con la specie chimica inquinante per inalazione di vapori, provenienti da SS, SP o GW, o di polveri risollevate dal SS e/o dal SP per cause naturali (ad esempio vento) o antropiche (ad esempio attività di scavo, circolazione di mezzi).
- *Contatto dermico*. Il recettore entra in contatto diretto tramite la pelle con la specie chimica inquinante presente nel SS, nel SP e/o nella GW (esposizione diretta). In particolare per il SP tale modalità espositiva è presente nel caso di attività che comportano la movimentazione di terreno (ad esempio scavo, campionamento del suolo, realizzazione di piezometri).

Per la GW tale modalità espositiva è presente nel caso di attività che prevedono l'estrazione e il pompaggio di acqua di falda a qualunque fine. Inoltre, è opportuno tenerne conto nei casi in cui l'acqua sotterranea venga utilizzata dai lavoratori, anche se a scopi non potabili (ad esempio impianto idrico dell'attività lavorativa, docce e lava-occhi di emergenza in stabilimenti industriali).

Vale la pena sottolineare che anche alcuni agenti aerodispersi possono essere assorbiti per contatto dermico. Nella valutazione del rischio tale modalità espositiva non viene presa in considerazione in quanto trascurabile. Tuttavia a scopo cautelativo nel capitolo 4 viene proposta una procedura nel caso di contatto diretto suolo-pelle e/o acqua di falda/pelle.

- *Ingestione*. Il recettore entra in contatto diretto con la specie chimica inquinante presente nel SS, nel SP e/o nella GW (esposizione diretta). Per un lavoratore presente in un sito contaminato, come accade anche in qualsiasi altro luogo di lavoro, le vie di esposizione per inalazione e contatto dermico sono considerate “di elezione”, mentre l'ingestione è connessa essenzialmente a rischi di tipo accidentale. Le abitudini personali come masticare gomme, fumare sigarette, bere o mangiare in loco possono comportare una involontaria e incontrollata ingestione di specie chimiche contaminanti.

Nella costruzione del modello concettuale del sito per la valutazione del rischio chimico è necessario individuare, caso per caso, tutte le modalità e le vie espositive effettivamente attive per il lavoratore. È ugualmente opportuno escludere quelle non realistiche (ad esempio inalazione di vapori indoor in locali pressurizzati).

Nel seguito vengono elencate le modalità espositive che, ad eccezione di casi particolari, possono ragionevolmente essere considerate “poco probabili”:

- *Contatto dermico con suolo in ambienti chiusi (indoor)*. In generale per un lavoratore (non operatore della bonifica di siti contaminati) che svolge la sua attività in

ambienti indoor, o che comunque non interagisce direttamente con il terreno contaminato, è ragionevole escludere l'esposizione legata al contatto dermico con lo stesso.

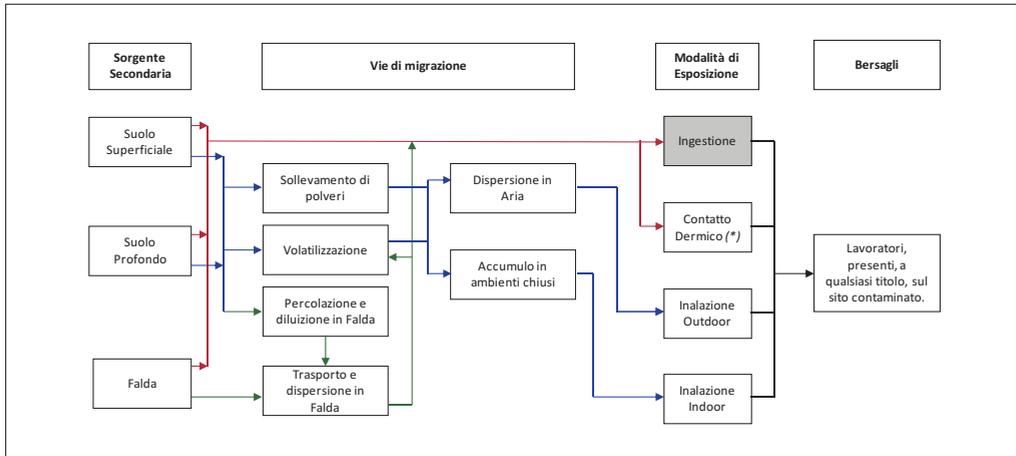
- *Ingestione di suolo.* Nei luoghi di lavoro in cui è possibile l'esposizione ad agenti chimici pericolosi e/o cancerogeni e mutageni è necessario rispettare specifiche norme igieniche (quali, ad esempio, il divieto di assumere cibi e bevande, il divieto di fumare, l'accurata pulizia delle mani prima di mangiare) che rendono in genere, ad eccezione di casi specifici, non attiva tale modalità espositiva. Inoltre, per i lavoratori esposti o che possono essere esposti ad agenti cancerogeni e mutageni (come anche nelle aree a rischio di esposizione ad agenti biologici) è lo stesso D.Lgs. 81/2008 a vietare esplicitamente di assumere cibi e bevande, fumare, conservare cibi destinati al consumo umano, usare pipette a bocca e applicare cosmetici (art. 238, art. 273).
- *Ingestione di acqua di falda.* È evidente che nei siti in cui si ha una potenziale contaminazione dell'acqua di falda, l'utilizzo potabile della stessa deve essere interdetto. Quindi in genere, ad eccezione di casi specifici, tale modalità espositiva può ritenersi non attiva.

In Tabella 6 sono riportate, per ogni sorgente secondaria di contaminazione, le corrispondenti vie e modalità di esposizione, mentre in Figura 8 è riportato il modello concettuale generico per un lavoratore presente a qualsiasi titolo su di un sito contaminato (o potenzialmente tale). In entrambe sono evidenziate in grigio le modalità di esposizione ritenute "poco probabili".

Tabella 6: Sorgente secondaria di contaminazione, vie e modalità di esposizione

SORGENTE SECONDARIA DI CONTAMINAZIONE	VIA DI ESPOSIZIONE	MODALITA' DI ESPOSIZIONE
Suolo superficiale (SS)	Aria outdoor (AO)	Inalazione di vapori e polveri
	Aria indoor (AI)	
	Suolo superficiale (SS)	Contatto dermico (*)
	Suolo superficiale (SS)	Ingestione
Suolo profondo (SP)	Aria outdoor (AO)	Inalazione di vapori e polveri
	Aria indoor (AI)	
	Suolo profondo (SP)	Contatto dermico (*)
	Suolo profondo (SP)	Ingestione
Falda (GW)	Aria outdoor (AO)	Inalazione di vapori
	Aria indoor (AI)	
	Falda (GW)	Contatto dermico
	Falda (GW)	Ingestione

(*) Tale modalità espositiva, ad eccezione di casi specifici, può essere ritenuta "poco probabile" per un lavoratore (non operatore della bonifica) che svolge la sua attività in ambienti confinati e che non interagisce direttamente con il terreno contaminato.

Figura 8: Modello concettuale generico per lavoratori presenti in un sito contaminato

(*) Tale modalità espositiva, ad eccezione di casi specifici, può essere ritenuta "poco probabile" per un lavoratore (non operatore della bonifica) che svolge la sua attività in ambienti confinati e che non interagisce direttamente con il terreno contaminato.

3. Valutazione e gestione del rischio per inalazione

La valutazione dei rischi professionali è disciplinata dal D.Lgs. 81/2008. Il Titolo IX "Sostanze Pericolose" del decreto detta i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare dagli effetti degli agenti chimici pericolosi (Capo I) e cancerogeni e mutageni (Capo II), presenti sul luogo di lavoro o che siano il risultato di ogni attività lavorativa che comporti la loro presenza. Il Capo III del Titolo IX riguarda invece i rischi connessi all'esposizione ad amianto, non oggetto del presente documento.

L'entrata in vigore di:

- Regolamento (CE) n.1907/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 (REACH, Registration, Evaluation, Authorization and restriction of CHemicals) e s.m.i.;
- Regolamento (CE) n. 1272/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008 (CLP - Classification Labelling Packaging) e successivi ATP;
- Regolamento (UE) n. 453/2010 (Regolamento SDS)

ha comportato aggiornamenti degli obblighi e delle procedure inerenti il sistema prevenzionistico definito dal Titolo IX³. In particolare, i criteri di classificazione introdotti dal CLP per gli agenti chimici pericolosi sono obbligatori per le sostanze dal 1° dicembre 2010 e per le miscele, fatte salve le eventuali deroghe, dal 1° giugno 2015.

3 Documento della Commissione Consultiva Permanente per la Salute e Sicurezza sul Lavoro Comitato 9 – Sottogruppo "Agenti Chimici: "Criteri e strumenti per la valutazione e la gestione del rischio chimico negli ambienti di lavoro ai sensi del D.Lgs. n.81/2008, alla luce delle ricadute del Regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH), del Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) e del Regolamento (UE) n. 453/2010 (recante modifiche all'allegato II del Regolamento CE 1907/2006 e concernente le disposizioni sulle Schede di dati di sicurezza). 2012"

La presenza di agenti chimici nel suolo insaturo e/o nelle acque sotterranee, o l'impiego degli stessi nelle attività di bonifica o di messa in sicurezza, non costituisce necessariamente un rischio per la salute e la sicurezza, in quanto esso dipende dalle caratteristiche tossicologiche, dalla concentrazione della sostanza, dalle modalità di trasporto e di esposizione alla stessa. È comunque sempre necessario valutare l'entità di tale rischio per garantirne una corretta ed adeguata gestione.

Nel presente capitolo viene proposta una procedura finalizzata alla valutazione e gestione del rischio chimico per la salute dei lavoratori presenti in siti contaminati per i quali sia già stata effettuata la caratterizzazione, ossia per i quali sia nota la tipologia, il grado e la distribuzione spaziale della contaminazione. A tal fine si propone di suddividere il processo di valutazione del rischio in due fasi:

- la fase iniziale di valutazione (*Step 1*) consiste nel verificare se il livello di rischio di esposizione derivante dalla contaminazione del suolo insaturo e/o delle acque sotterranee sia equiparabile a quello della popolazione generale;
- la fase successiva di valutazione e gestione del rischio (*Step 2*) potrà seguire percorsi diversi in funzione dell'esito della verifica di cui allo *Step 1*.

Nel capitolo 5 vengono invece fornite indicazioni nei casi in cui la caratterizzazione non sia stata ancora effettuata.

3.1 Valutazione iniziale del rischio (Step 1)

Nel caso specifico in cui l'esposizione è dovuta alla presenza di agenti chimici nel suolo insaturo e/o nelle acque sotterranee, la valutazione del rischio inizia con il verificare se il livello di rischio, associato a tale contaminazione, è equiparabile a quello della popolazione generale. A tal fine innanzitutto è necessario identificare gli agenti chimici presenti nei comparti ambientali coinvolti dalla contaminazione (suolo insaturo e/o acque sotterranee), utilizzando i dati raccolti in fase di caratterizzazione del sito, per poi procedere seguendo gli step di seguito indicati:

Step 1.1 - Si verificano i superamenti delle concentrazioni analiticamente determinate nei comparti ambientali suolo insaturo e/o acque sotterranee rispetto alla Concentrazione Soglia di Rischio (CSR)⁴, o alla Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) nei casi in cui non è disponibile la CSR.

Per la determinazione delle CSR (o CSC) si assume per il sito una destinazione d'uso "industriale/commerciale", anche nel caso in cui sia "residenziale/ricreativa", in quanto l'esposizione riguarda i lavoratori. Inoltre, si considera un'esposizione cronica. In particolare, per l'operatore della bonifica tale assunzione si basa sulla seguente considerazione: anche se il lavoratore opera su di un sito contaminato per un inter-

⁴ La CSR deve essere calcolata tenendo in considerazione lo stato del sito antecedente agli interventi di bonifica previsti.

vallo di tempo limitato (e comunque inferiore alla durata complessiva della sua attività lavorativa), ad eccezione di casi specifici, a titolo cautelativo si ritiene opportuno tener conto della possibilità che la stessa attività possa essersi svolta in precedenza e/o potrà svolgersi in altre aree contaminate di natura uguale o diversa.

Se la concentrazione analiticamente determinata risulta pari o inferiore alla CSR (o alla CSC), ai sensi del D.Lgs. 152/06 l'area risulta "non contaminata" dall'agente chimico, che quindi comporta un rischio sanitario trascurabile per la salute del lavoratore. In tal caso non è necessario procedere ulteriormente con gli adempimenti previsti dal Titolo IX del D.Lgs. 81/2008. L'esito di questa fase deve comunque essere riportato e motivato negli opportuni documenti di valutazione.

Se la concentrazione analiticamente determinata risulta superiore alla CSR (o CSC), si procede secondo lo *Step 1.2*, ad eccezione dei casi in cui:

- Sono state eseguite misurazioni di concentrazione nel soil-gas o con camere di flusso, ed è stata verificata, con l'applicazione della procedura di analisi di rischio [D.Lgs. 152/2006], l'accettabilità del rischio per inalazione di vapori. In tal caso è possibile ritenere trascurabile il rischio associato alla presenza di agenti chimici volatili nel comparto ambientale aria, sia pur limitatamente al contributo proveniente dal suolo insaturo o dalle acque di falda. Rimane comunque da valutare il rischio di esposizione per inalazione di polveri, risollevate dal suolo, potenzialmente contaminate.
- Sono già soggette a misurazione periodica, ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e in relazione a una mansione specifica, le sostanze che superano le CSR (o CSC). In tal caso per la medesima mansione il rischio può ritenersi già sotto controllo.

Step 1.2 - Per gli agenti chimici per i quali $C_{mis} > CSR$ (o CSC), si procede confrontando le concentrazioni analiticamente determinate in aria outdoor e/o indoor (C_{aria}) con una concentrazione assunta quale riferimento in aria (CR_{aria}). I criteri di determinazione della CR_{aria} sono descritti nel seguito. La C_{aria} può essere individuata a mezzo di un monitoraggio ambientale o con l'utilizzo di modelli quantitativi. Per la sua determinazione è possibile anche utilizzare i risultati delle misure di esposizione professionale (art. 225, D.Lgs. 81/2008), allorché i metodi impiegati consentano il confronto. Inoltre, ai fini della valutazione del rischio, può risultare utile verificare l'effettivo contributo proveniente dal suolo rispetto a quello potenzialmente proveniente da altre sorgenti presenti nell'area.

Se la concentrazione analiticamente determinata in aria (C_{aria}) risulta pari o inferiore alla CR_{aria} l'esposizione del lavoratore è confrontabile con quella della popolazione generale, il rischio sanitario si ritiene trascurabile, e non è necessario procedere ulteriormente con gli adempimenti previsti dal Titolo IX del D.Lgs. 81/2008. Difatti, in tal caso, per gli agenti chimici pericolosi si applica l'art. 223, comma 5 (secondo cui "La valutazione del rischio può includere la giustificazione che la natura e l'entità dei rischi connessi con gli agenti chimici pericolosi rendono non necessaria un'ulteriore valutazione maggiormente dettagliata dei rischi."), mentre per gli agenti cancerogeni e mutageni è possibile fare riferimento alle indicazioni del Coordinamento Tecnico

delle Regioni e delle Province autonome secondo le quali i lavoratori risultano “non esposti” [CTRPA, 2002]. Anche l’esito di questa fase deve essere riportato e motivato negli opportuni documenti di valutazione. È evidente che eventuali modifiche delle modalità espositive (ad esempio per effetto di movimentazione di terreno) rendono necessario effettuare una nuova valutazione del rischio.

Se la concentrazione analiticamente determinata in aria (C_{aria}) risulta superiore alla CR_{aria} per tutelare la salute del lavoratore occorre procedere secondo una delle due opzioni riportate nel seguito (*Opzione A* oppure *Opzione B*), ad eccezione dei seguenti casi:

- Sono state eseguite misurazioni di concentrazione nel soil-gas o con camere di flusso, ed è stata verificata, con l’applicazione della procedura di analisi di rischio [D.Lgs. 152/2006], l’accettabilità del rischio per inalazione di vapori. In tal caso è possibile ritenere trascurabile il rischio associato alla presenza di agenti chimici volatili nel comparto ambientale aria, sia pur limitatamente al contributo proveniente dal suolo insaturo o dalle acque di falda. Rimane comunque da valutare il rischio di esposizione per inalazione di polveri, risollevate dal suolo, potenzialmente contaminate.
- Sono già oggetto di monitoraggio periodico, ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e in relazione a una mansione specifica, le sostanze che superano le CR_{aria} . In tal caso il rischio si può ritenere già sotto controllo.

Opzione A - Prevedere interventi atti a riportare la concentrazione in aria (C_{aria}) a livelli equivalenti o inferiori alla concentrazione di riferimento (CR_{aria}), quali:

- Interventi di mitigazione (interventi di protezione collettiva), così come descritti in allegato 3.C. In tal caso è necessario garantire che le misure adottate mantengano nel tempo la loro efficacia;
- Modifica dello scenario di esposizione (esempio riduzione della frequenza di esposizione giornaliera o annuale).

In tal modo si può concludere il processo di valutazione del rischio, documentandone gli esiti.

Opzione B - Valutare e gestire i rischi da esposizione agli agenti chimici derivanti dalla contaminazione del suolo e/o delle acque sotterranee ai sensi del Titolo IX D.Lgs. 81/2008, differenziando tra agenti chimici pericolosi (*Step 2.a*) e agenti cancerogeni e mutageni (*Step 2.b*).

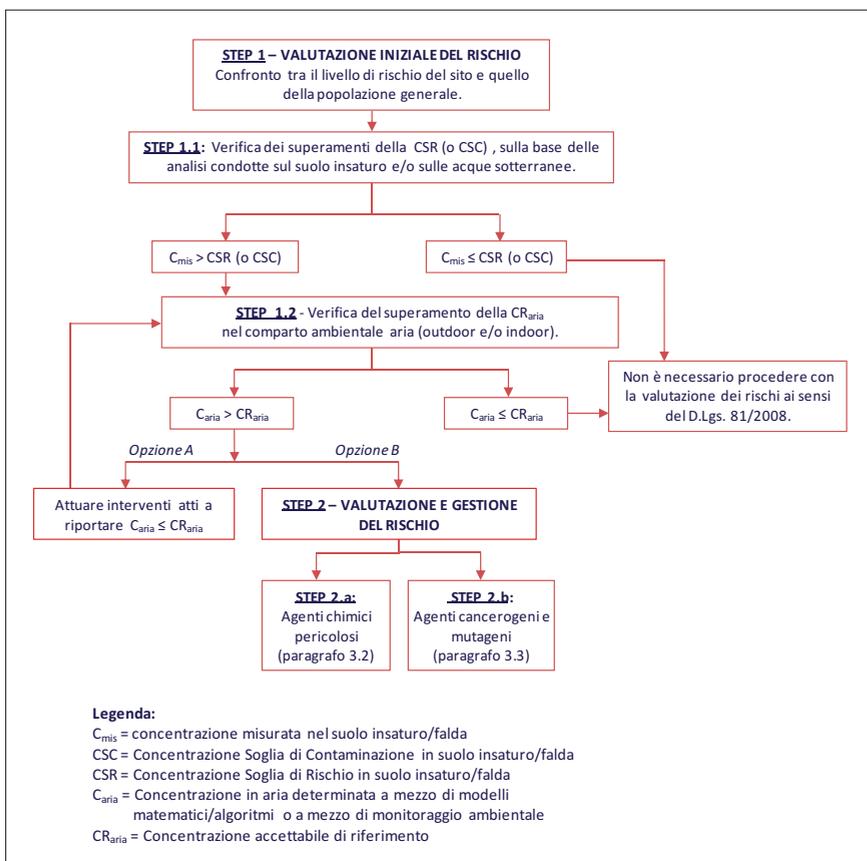
Ai fini della selezione delle due suddette opzioni, è opportuno tener conto di quanto disposto dalle Autorità competenti coinvolte nel procedimento di bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/2006.

Comunque, nell’intervallo di tempo che intercorre tra la verifica del superamento della CR_{aria} e la messa in atto di quanto pianificato ai sensi del suddetto decreto, la salute del lavoratore deve essere sempre tutelata, secondo le modalità sopra descritte.

In generale, ad eccezione di casi specifici, risulta opportuno procedere con l'Opzione A nel caso di ambienti di lavoro non industriali, ed in particolare quelli adibiti a svago, lavoro e trasporto. Sono quindi compresi gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche ecc.) i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc.) ed infine i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.)⁵.

Nel diagramma di flusso in Figura 9 è riportato lo schema logico della procedura sopra descritta.

Figura 9: Diagramma di flusso per la valutazione iniziale del rischio per inalazione



5 Riguardo gli ambienti di lavoro assimilabili a quelli di vita è possibile fare riferimento all'Accordo Stato-Regioni, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 27/09/2001 n. 276, concernente "Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati".

In questa fase della procedura non si è ritenuto necessario effettuare distinzioni tra agenti chimici pericolosi e agenti cancerogeni e mutageni, in quanto la CR_{aria} può essere ragionevolmente intesa quale livello di riferimento per la popolazione generale.

Tale approccio armonizza i contenuti del D.Lgs. 81/2008 e del D.Lgs. 152/2006 in quanto, come noto, il secondo prevede l'individuazione di concentrazioni di soglia (CSR o CSC), corrispondenti a un livello di rischio accettabile per la salute umana, al di sotto delle quali il sito può ritenersi non contaminato e quindi non risulta necessario alcun intervento di risanamento/contenimento/mitigazione.

Infine, gli operatori della bonifica possono entrare in contatto anche con sostanze pericolose utilizzate in fase di bonifica, in caso di adozione di trattamenti chimico-fisici. I pericoli associati sono comunque più facilmente identificabili e gestibili. In questi casi, particolare attenzione dovrebbe essere comunque posta nella verifica che non ci sia la possibilità di reazioni secondarie, o comunque incontrollate, tra gli agenti presenti nel suolo insaturo e/o nelle acque di falda e quelli utilizzati per la bonifica.

Nel seguito si riporta una proposta operativa per la definizione di:

- modalità di individuazione delle caratteristiche di pericolo degli agenti chimici (paragrafo 3.1.1);
- criteri di determinazione della concentrazione di riferimento CR_{aria} (paragrafo 3.1.2);
- strategie di monitoraggio ambientale e tecniche di campionamento per la determinazione della C_{aria} e il confronto con la CR_{aria} (paragrafi 3.1.3 e 3.1.4);
- modelli quantitativi per la stima della C_{aria} (paragrafo 3.1.5);
- metodi di stima dell'effettivo contributo del suolo contaminato (paragrafo 3.1.6);
- criteri utili per la verifica del rispetto della CR_{aria} (paragrafo 3.1.7).

3.1.1 Individuazione delle caratteristiche di pericolo degli agenti chimici

Una volta identificati gli agenti chimici secondo quanto descritto sopra, è necessario procedere alla loro classificazione per individuarne le caratteristiche di pericolo e l'eventuale cancerogenicità e/o mutagenicità.

Riguardo gli *agenti chimici pericolosi*, il Regolamento CE n. 1272/2008 (*Classification Labelling Packaging*, CLP) individua in modo puntuale le classi di pericolo, distinguendo i pericoli per la sicurezza, riferiti alla probabilità che si possa verificare un infortunio e legati alle proprietà chimico-fisiche, dai pericoli per la salute, riferiti alla probabilità che possa insorgere una malattia professionale e connessi alle proprietà tossicologiche a breve, medio e lungo termine.

Per ogni sostanza o miscela identificata, devono essere noti la composizione chimica e le caratteristiche chimico-fisiche (ad esempio tensione di vapore, limiti di infiammabilità, incompatibilità con altre sostanze). Queste informazioni si possono ricavare dalla Scheda di Dati di Sicurezza (SDS) disciplinata dall'art. 31 del Regolamento

REACH e dal Regolamento (UE) n. 453/2010 di aggiornamento dell'allegato II del REACH, ove disponibile. La SDS rappresenta lo strumento più completo per ricavare le informazioni di pericolosità di sostanze e miscele. È essenziale saper valutare la correttezza dei dati in essa presenti, la loro completezza e affidabilità dal momento che tali dati costituiscono le fondamenta di una corretta valutazione del rischio chimico. La SDS deve consentire agli utilizzatori a valle (nella loro qualità di datori di lavoro) non solo di acquisire le informazioni utili ad effettuare una corretta valutazione del rischio chimico in ambiente di lavoro, ma anche di gestirlo correttamente adottando tutte le misure necessarie in tema di tutela della salute umana e della sicurezza nel luogo di lavoro, così come è previsto dall'art. 224 del D.Lgs. 81/2008 [Pietrantonio et al., 2013].

Ove la SDS non sia disponibile (ad esempio in siti dismessi, per cui non è reperibile la documentazione relativa alle attività svoltesi sul sito, oppure in siti contaminati da sversamenti abusivi da parte di soggetti non rintracciabili e comunque per le sostanze non intenzionalmente prodotte quali, ad esempio, diossine e furani), sarà necessario reperire i dati da letteratura pubblicata su fonti autorevoli, sia in forma di pubblicazioni scientifiche, che come banche dati nazionali ed internazionali⁶.

La SDS contiene una sezione specifica (sezione 2) sull'identificazione dei pericoli. In ogni caso l'allegato VI del Regolamento CLP e successivi ATP (dal 1° dicembre 2013 è in vigore il III ATP) riporta la classificazione ed etichettatura armonizzate di talune sostanze pericolose e, sul sito dell'European CHemicals Agency (ECHA) è consultabile l'inventario delle classificazioni e delle etichettature⁷, istituito ai sensi dello stesso Regolamento CLP e contenente informazioni fornite da fabbricanti e importatori sulla classificazione e l'etichettatura delle sostanze notificate e registrate, nonché l'elenco delle classificazioni armonizzate.

Gli *agenti cancerogeni e mutageni* sono definiti come sostanze/miscele che rispondono ai criteri di classificazione quali cancerogeni e mutageni di categoria 1A e 1B (art. 234, D.Lgs. 81/2008). Il Regolamento CLP e successivi ATP individua le classi di cancerogenicità e mutagenicità (classi soggette a classificazione armonizzata).

Per le sostanze per le quali attualmente non esiste una classificazione armonizzata in ambito UE (ad esempio diossine e furani, PCB⁸), ma per le quali siano note in ambito scientifico, o riconosciute da organismi internazionali (quali ad esempio la IARC) le proprietà cancerogene o mutagene, sussiste comunque l'obbligo di adottare le tutele previste dal Capo I Titolo IX del D.Lgs. 81/2008 nel caso di rischio non irrilevante [CCPSSL, 2012].

Con riferimento alle proprietà chimico-fisiche che influiscono sulla migrazione da suolo saturo e/o insaturo in aria, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) clas-

6 Banca dati del Centro Nazionale Sostanze Chimiche dell'Istituto Superiore di Sanità, URL:[http://www.iss.it/dbsp;GESTIS-database on hazardous substances dell'Istituto dell'Assicurazione Sociale tedesca](http://www.iss.it/dbsp;GESTIS-database%20on%20hazardous%20substances%20dell'Istituto%20dell'Assicurazione%20Sociale%20tedesca), URL:[http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/000000.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/000000.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0).

7 URL: <http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/cl-inventory-database>

8 I PCB sono comunque soggetti a classificazione armonizzata in altre classi di pericolo.

sifica i composti organici in quattro gruppi, considerando i relativi punti di ebollizione [OMS, 1989].

L'art. 268 del D.Lgs. 152/2006 (Parte V, Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera - Titolo I, Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività) definisce Composto Organico Volatile (COV): qualsiasi composto organico che abbia, alla temperatura di 293,15 K, una pressione di vapore di 0,01 kPa o superiore, oppure che abbia una volatilità corrispondente in condizioni particolari di uso.

Per quanto riguarda le specie chimiche inorganiche (ad esempio metalli pesanti, fluoruri, cianuri, cloruri, solfuri) queste per la gran parte si ritrovano adsorbite sul particolato atmosferico; eccezioni sono, ad esempio, il mercurio metallico, alcuni composti del piombo (ad esempio piombo tetraetile), molti cloruri e i solfuri a basso peso molecolare.

Al fine di agevolare il reperimento delle informazioni sulle caratteristiche di pericolo degli agenti chimici si può far riferimento alla Banca dati ISS-INAIL [ISS-INAIL, 2014], nella quale è riportata la classificazione di pericolosità (secondo il CLP), cancerogenicità e mutagenicità (secondo CE e IARC) e la volatilità secondo l'OMS ed ai sensi del D.Lgs. 152/2006, per le sostanze elencate in Tabella 1, allegato 5, al Titolo V, parte quarta del suddetto decreto. A tale elenco nella suddetta banca dati sono state aggiunte le sostanze Bio-etil-ter-butil-etero (ETBE), Metil-ter-butil-etero (MTBE), Piombo tetraetile, Acenaftene, Acenaftilene, Antracene, Benzo(e)pirene, Fenantrene, Fluorantene, Fluorene, Naftalene e Perilene essendo contaminanti facilmente rinvenibili.

3.1.2 Criteri di determinazione della CR_{aria}

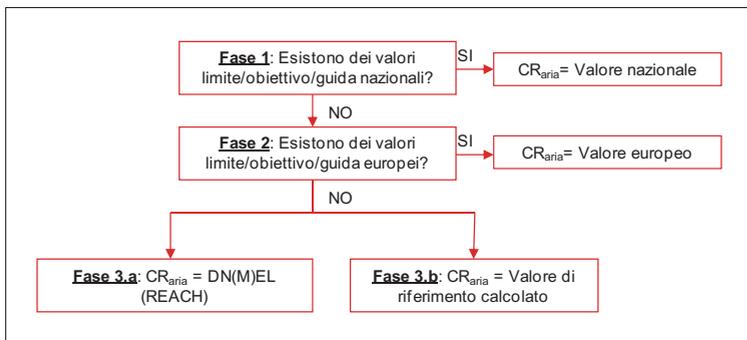
Nel presente paragrafo si descrivono i criteri utili per individuare la CR_{aria}, ossia il valore di concentrazione di riferimento, da porre a confronto con i valori determinati analiticamente in aria a mezzo di monitoraggio ambientali o stimati con l'utilizzo di modelli quantitativi.

I valori di CR_{aria} rappresentano concentrazioni di riferimento, in relazione all'inalazione sia di vapori che di polveri, in corrispondenza delle quali si può ragionevolmente ritenere l'esposizione del lavoratore confrontabile con quella della popolazione generale. Affinché sia soddisfatto il requisito di cui sopra, per una data specie chimica, la CR_{aria} non deve essere superata dalla concentrazione totale in aria, data dalla somma delle concentrazioni nei vapori e, ove applicabile, nella frazione toracica (PM₁₀) del particolato aerodisperso, misurate nelle campagne di indagine diretta. Si ritiene che il rischio per inalazione di polveri risollevate dal suolo sia rappresentabile dalla frazione toracica del particolato aerodisperso (PM₁₀) (per approfondimenti si rimanda all'allegato 3.A).

Le CR_{aria} si ritengono applicabili indistintamente in ambienti aperti (outdoor) o chiusi (indoor). Anche l'OMS, nel proporre i suoi valori guida non fa alcuna distinzione in tal senso [WHO, 2000].

Il criterio per la definizione delle CR_{aria} , ossia per l'individuazione dei valori di concentrazione di riferimento in aria, può essere schematizzato nelle tre fasi riportate di seguito (Figura 10).

Figura 10: Diagramma di flusso della procedura per la definizione delle CR_{aria}



Fase 1 - Le CR_{aria} si pongono coincidenti con i valori limite/obiettivo/guida di qualità dell'aria definiti a livello nazionale.

Attualmente la normativa nazionale specifica sulla qualità dell'aria ambiente (D.Lgs. 155/2010⁹, di attuazione della Direttiva 2008/50/CE ai fini della tutela della salute umana), relativamente alle sostanze considerate o comunque di interesse per il Titolo V Parte IV del D.Lgs. 152/2006, contempla:

- i valori limite per le concentrazioni di Benzene e per la concentrazione nel PM_{10} di Piombo;
- i valori obiettivo per le concentrazioni nel PM_{10} di Arsenico, Cadmio, Nichel, Benzo(a)pirene.

Fase 2 - In assenza di riferimenti nazionali, è possibile utilizzare per valutazioni igienico-sanitarie i valori proposti dall'OMS, che ha emanato diverse linee guida per la qualità dell'aria (1987, 2000, 2006). In particolare nel 2000 l'OMS ha pubblicato la seconda edizione delle suddette linee guida in Europa [WHO, 2000]. Per quanto attiene la qualità dell'aria indoor, nel dicembre 2010, la stessa organizzazione ha elaborato per la Regione Europea il documento "WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants" [WHO, 2010] che fornisce valori guida per alcuni dei principali

⁹ In proposito si richiama qual è il significato che il D.Lgs. 155/2010 attribuisce ai concetti di valore limite e valore obiettivo rispettivamente: "art.2 punto h - Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato; art. 2 punto m - Valore obiettivo: livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita".

inquinanti presenti in tali ambienti. Tra le specie chimiche di nostro interesse, oltre a quelle regolamentate dal D.Lgs. 155/2010, nelle citate linee guida OMS sono presenti: Mercurio, Cromo VI, Manganese, Vanadio, Stirene, Toluene, 1,2-Dicloroetano, Diclorometano, Tetracloroetilene, Tricloroetilene, Cloruro di vinile, Policloro-dibenzo-p-diossine (PCDD) e Policlorobifenili (PCB).

Per ulteriori specifici riferimenti su alcune specie chimiche contaminanti si possono utilizzare i documenti elaborati dal Concise International Chemical Assessment Documents (WHO/International Programme on Chemical Safety – WHO/IPCS).

Si evidenzia che i valori stabiliti dall'OMS per il 1,2-Dicloroetano, il Diclorometano e il Tetracloroetilene sono basati su effetti non cancerogeni. Però, poiché tali inquinanti sono classificati cancerogeni dalla UE (cat. 1B o 2), è da valutarsi caso per caso l'opportunità di considerare il loro effetto cancerogeno, facendo riferimento alle fasi successive della presente procedura.

In assenza di riferimenti nazionali e europei, in funzione delle specificità del caso e dell'agente in esame, è possibile optare per la Fase 3.a oppure per la Fase 3.b:

Fase 3.a - Le CR_{aria} si pongono coincidenti con i Derived No (Minimum) Effect Level DN(M)EL, valutati dai soggetti obbligati in ambito REACH, con riferimento al target specifico "popolazione", per effetti a lungo termine sistemici (o locali se più cautelativi) per la via di esposizione inalatoria [ECHA CHEM, 2013].

Fase 3.b - Le CR_{aria} si calcolano applicando la procedura di analisi di rischio sanitario, di cui al D.Lgs. 152/2006 e descritta nel documento [ISPRA, 2008], in modalità inversa, ossia partendo da un livello di rischio accettabile per la salute umana e selezionando il valore più conservativo tra quelli individuati per effetti cancerogeni e non cancerogeni:

$$CR_{aria} \left[\frac{\mu g}{m^3} \right] = \frac{TR}{EM_{inal} \cdot SF_{inal}} \times 10^3 \quad \text{per effetti cancerogeni}$$

$$CR_{aria} \left[\frac{\mu g}{m^3} \right] = \frac{THQ \cdot RfD_{inal}}{EM_{inal}} \times 10^3 \quad \text{per effetti tossici (non cancerogeni)}$$

dove:

- TR ("Target Risk" [adim.]) rappresenta il valore soglia di rischio al di sotto del quale si ritiene tollerabile la probabilità incrementale di effetti cancerogeni sull'uomo. In generale, porre il rischio per la salute umana pari a 10^{-6} significa che il rischio incrementale di contrarre il tumore è di 1 individuo su 1.000.000. In Tabella 7 si riporta-

no i valori di accettabilità del rischio per la salute umana stabiliti nel D.Lgs. 152/2006. Tale valore soglia di rischio è applicabile al fine di proteggere la salute umana sia nel caso di destinazione d'uso residenziale che commerciale/industriale. La CR_{aria} corrisponde quindi ad un livello di rischio accettabile pari a 10^{-6} .

- THQ ("Target Hazard Quotient" [adim.]) è il valore soglia di riferimento al disotto del quale si ritiene accettabile il rischio per la salute umana associato ad effetti non cancerogeni. Poiché l'Indice di Pericolo, o "Hazard Quotient" (HQ), è definito come rapporto tra la quantità giornaliera di contaminante effettivamente assunta dal recettore e la dose quotidiana tollerabile per la salute umana (RfD), il valore soglia del THQ deve essere pari all'unità. Anche in questo caso tale valore soglia è applicabile al fine di proteggere la salute umana sia per residenti che per lavoratori.

Tabella 7: Limiti di accettabilità del rischio sanitario

ACCETTABILITÀ DEL RISCHIO E DELL'INDICE DI PERICOLO (D.LGS. 152/2006)	
RISCHIO ACCETTABILE (per effetti cancerogeni)	$TR_{ind} = 10^{-6}$
INDICE DI PERICOLO ACCETTABILE (per effetti tossici, non cancerogeni)	$THQ_{ind} = 1$

- SF ("Slope Factor" [mg/(kg d)]-1) indica la probabilità di casi incrementali di tumore nella vita per unità di dose, ed è un parametro tossicologico caratteristico della singola specie chimica, ricavabile da banche dati riconosciute a livello nazionale (ad esempio "Banca dati ISS-INAIL 2014").
- RfD (Reference Dose [mg/(kg d)]) è la stima dell'esposizione media giornaliera che non produce effetti avversi apprezzabili sull'organismo umano durante il corso della vita. Anche la RfD è un valore caratteristico della singola specie chimica, in condizioni definite di esposizione, ed è anch'esso ricavabile da banche dati riconosciute a livello nazionale (ad esempio "Banca dati ISS-INAIL 2014").
- EM rappresenta la portata effettiva di esposizione, ossia la quantità giornaliera di aria inalata per unità di peso corporeo, che può essere stimata a mezzo dell'espressione di seguito riportata [ISPRA, 2008]:

$$EM_{inal} \left[\frac{m^3}{kg \times \text{giorno}} \right] = \frac{B_{air} \times EF_{gi} \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}}$$

In Tabella 8 è riportato il significato dei termini utili per il calcolo di EM_{in} e i valori di default che è possibile adottare per il calcolo delle CR_{aria} . Nella Tabella i valori dei fattori di esposizione sono coincidenti con quelli contenuti nel documento [ISPRA, 2008].

Tabella 8: Fattori di esposizione utilizzati per il calcolo della CR_{aria}

Fattore di esposizione		Simbolo	Unità di misura	Lavoratore
Peso corporeo		BW	kg	70
Tempo medio esposizione sost.carcerogene		ATc	anni	70
Tempo medio esposizione sost. non cancerogene		ATn	anni	ED
Durata di esposizione		ED	anni	25
Frequenza di esposizione		EF	giorni/anno	250
Frequenza giornaliera di esposizione (inalazione)		EFgi	ore/giorno	8
Tasso inalazione (1)	Attività sedentaria	B_{air}	m^3/ora	0,90
	Attività fisica moderata			1,50
	Attività fisica intensa			2,50

(1) I tassi di inalazione sono applicabili indistintamente per ambienti aperti e confinati

Si ritiene comunque auspicabile che i valori dei fattori di esposizione siano quanto più possibile sito-specifici, in modo da permettere l'individuazione di target di concentrazione strettamente connessi con la realtà del sito in esame. Inoltre, come detto in precedenza, in via cautelativa, per un lavoratore presente a qualsiasi titolo su di un sito contaminato si assume una esposizione cronica.

Nei casi in cui la CR_{aria} calcolata dovesse risultare inferiore al limite di quantificazione strumentale del metodo di campionamento ed analisi consigliato, il confronto potrà essere effettuato in relazione al limite stesso. Per una valutazione dei metodi si può fare riferimento all'allegato 3.B.

Nei casi in cui siano noti o siano determinabili e validabili dalle Autorità competenti, concentrazioni di fondo dell'area, così come definite nell'allegato III del D.Lgs. 155/2010, ed in particolare nei casi in cui siano presenti agenti chimici in aria per cause strettamente legate alla realtà locale (esempio traffico veicolare, aree fortemente antropizzate), è possibile assumere la CR_{aria} pari ai detti valori. In tale ambito si evidenzia che i dati rilevati dalle reti di monitoraggio della qualità dell'aria gestite a livello regionale, provinciale, comunale e privato che rispondono ai requisiti richiesti da normativa, sono raccolti dai Punti Focali regionali e trasmessi all'ISPRA che li pubblica sul Sistema Informativo

Nazionale Ambientale SINANET, cui è possibile fare riferimento per diversi inquinanti (Banca dati BRACE, URL: <http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html>). Infine è possibile tener conto di dati rilevati a livello nazionale o internazionale che siano rappresentativi dell'esposizione della popolazione in situazioni ambientali analoghe a quella in esame.

3.1.3 Monitoraggio ambientale del sito per il confronto con la CR_{aria}

Nel caso in cui si effettuino misure ambientali nel sito, finalizzate al confronto con la CR_{aria}, per le strategie di monitoraggio è possibile far riferimento al D.Lgs. 155/2010 e per i composti organici volatili al documento ISS (2013) Rapporto ISTISAN 13/04 "Strategie di monitoraggio dei Composti Organici Volatili (COV) in ambiente indoor". È possibile anche utilizzare i metodi di campionamento ed analisi propri degli ambienti di lavoro (es. UNICHIM, NIOSH, OSHA), allorché i relativi parametri di validazione consentano il confronto con la CR_{aria}.

Nel seguito sono riportate alcune indicazioni integrative che si è ritenuto opportuno fornire in considerazione del fatto che l'esposizione è legata alla contaminazione del suolo e/o della falda.

Tipologia di campionamento. In generale, il campionamento ambientale può essere effettuato a mezzo di un campionatore d'area statico: dispositivo posizionato in un punto fisso che raccoglie campioni nella zona di interesse [UNI EN 12919:2001, UNI EN 1540:2012]).

Distribuzione spaziale delle postazioni di misura: Il numero di campionamenti è strettamente correlato con l'estensione della sorgente di contaminazione.

- Per gli *ambienti outdoor*, è opportuno prevedere un campionamento, preferibilmente in doppio, per ogni area omogenea di contaminazione, e comunque lo stesso si ritiene essere rappresentativo di un'area avente un'estensione non superiore a 2.500 m² (50 m x 50 m), che rappresenta l'area minima di esposizione al di sotto della quale non si può ragionevolmente supporre che il recettore possa permanere per tutta la durata di esposizione [ISPRA, 2008]. Nei casi di contaminazione da idrocarburi, per i quali è ipotizzabile aspettarsi rimarchevoli gradienti di concentrazione, si consiglia un interasse tra i punti di campionamento minore (ad esempio da 10 a 20 m). Per l'individuazione delle aree omogenee di contaminazione è possibile far riferimento alla suddivisione in sub-aree del sito effettuata per l'applicazione della procedura di analisi di rischio. I criteri per effettuare tale suddivisione sono comunque descritti nel documento [ISPRA, 2008]. Il documento [BCME, 2009] suggerisce di estendere l'area di indagine per un raggio di 30 metri (100 piedi) dalla sorgente secondaria di contaminazione, ad esclusione dei casi in cui siano presenti percorsi preferenziali che comportino il coinvolgimento della matrice ambientale oltre i 30 m di distanza.

Nel caso di aree omogenee di rilevanti dimensioni (indicativamente > 5 ha) la selezione dei punti di campionamento può avvenire in base a criteri ragionati, tali

comunque da garantire la rappresentatività del monitoraggio per l'intera area omogenea, secondo i criteri di seguito descritti.

I campionatori devono essere posizionati nei punti di maggior rischio espositivo, ossia in corrispondenza sia dei punti in cui è stata riscontrata la massima contaminazione del suolo insaturo e/o delle acque sotterranee, sia nei luoghi più rappresentativi per presenza dei bersagli. Un ulteriore campionario dovrebbe essere posizionato in un'area caratterizzata dall'assenza di sorgenti locali.

- Per gli *ambienti indoor*, il documento [USEPA, 2002] suggerisce di prendere in esame gli edifici compresi nel raggio di 30 m (100 piedi) dalla sorgente di contaminazione (suolo insaturo o falda contaminati). Per sostanze biodegradabili (ed es. BTEX) la distanza di 30 m può essere ridotta a 10 m [ASTM E2600, E2800, APPENDICE V del manuale "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati", rev.2]. Inoltre, se si tratta di un edificio, generalmente non è necessario investigare tutti i suoi ambienti, ma è opportuno individuare l'area più rappresentativa e a maggior rischio espositivo, posizionata al piano terra. Se sono presenti locali interrati o seminterrati, dotati di certificazione di abitabilità, sarà opportuno prevedere un campionamento negli stessi. In tal caso i valori misurati, potranno essere posti a confronto con la CR_{aria} individuata in funzione della destinazione d'uso degli stessi.

Durata del campionamento e del monitoraggio. La durata del singolo campionamento deve essere uguale alla frequenza giornaliera di esposizione (EF_{gi} di Tabella 8) associata al valore di riferimento (CR_{aria}).

La durata della singola campagna di misura, al fine di determinare la concentrazione ambientale, può svolgersi indicativamente per 5-14 giorni [ISS, 2013].

La durata complessiva del monitoraggio deve essere rappresentativa del tempo associato al valore di riferimento (CR_{aria}), e in particolare deve essere rappresentativa di tutte le possibili condizioni espositive, con particolare riguardo a quelle più critiche. Nel caso specifico, una volta rimosse le sorgenti primarie di contaminazione, il livello di concentrazione dei contaminanti nelle matrici ambientali (suolo insaturo e acque sotterranee) in generale tende a ridursi nel tempo. Modifiche dei livelli espositivi sono essenzialmente dovute a variazioni di temperatura, a gradienti di pressione indoor/outdoor e a diverse condizioni di stabilità atmosferica. Pertanto, sia per gli ambienti aperti che chiusi, si ritiene opportuno eseguire quattro campagne annuali, ciascuna per ogni stagione, e comunque come minimo due, di cui una rappresentativa della stagione calda (periodo estivo) e l'altra della stagione fredda (periodo invernale). Resta comunque compito del datore di lavoro valutare se tale frequenza di monitoraggio è adeguata al proprio scenario espositivo.

3.1.4 Tecniche di campionamento e analisi per il confronto con la CR_{aria}

I metodi di campionamento e analisi non vengono differenziati per ambito (outdoor

o indoor): ciò deriva dalla necessità di ricorrere alle tecniche di volta in volta più adeguate e disponibili. In allegato 3.B si riportano i principali metodi di campionamento, e in alcuni casi anche i relativi Limiti di Quantificazione (LoQ).

I metodi di campionamento e di determinazione analitica, in generale, si ritiene che debbano essere validati a livello nazionale e/o internazionale. In particolare sarebbe opportuno, ove possibile, individuare dei metodi il cui limite di quantificazione (LoQ), sia pari o inferiore ad 1/10 della corrispondente CR_{aria} . In ogni caso il LoQ deve essere ridotto al minimo tramite l'adozione di adeguate metodiche di campionamento e analisi. In tale ambito è possibile fare riferimento alle seguenti normative/documenti/standard:

- D.Lgs. 155/2010, D.Lgs. 250/2012;
- "Strategie di monitoraggio dei COV in ambiente indoor" predisposto dal "Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor dell'ISS" [ISS, 2013];
- Appendice S del documento ISPRA [ISPRA, 2008];
- Metodi UNI EN, EPA.

È possibile anche utilizzare i metodi di campionamento ed analisi propri degli ambienti di lavoro (es. UNICHIM, NIOSH, OSHA), allorché i relativi parametri di validazione consentano il confronto con la CR_{aria} .

3.1.5 Modelli quantitativi per la stima della C_{aria}

Premesso che le misure ambientali sono da privilegiare, in alternativa alle stesse è comunque possibile utilizzare modelli quantitativi in grado di stimare, sulla base di ipotesi cautelative, la concentrazione del dato agente chimico in aria (C_{aria}) a partire da valori noti di concentrazione nel suolo insaturo e/o nelle acque sotterranee.

Per avere risultati accettabili dai modelli quantitativi è necessario che siano soddisfatti tutti i requisiti, riportati nel paragrafo 3.2.1, relativi ai metodi semiquantitativi. Unica eccezione è che i modelli quantitativi possono essere utilizzati per verificare il non superamento sia delle CR_{aria} che dei Valori Limite di Esposizione Professionale (VLEP). Nel primo caso non risulta necessario calcolare gli effetti di coesposizione degli agenti chimici presenti (effetti cumulativi) data l'estrema conservatività delle CR_{aria} .

3.1.6 Stima del contributo effettivo del suolo

Una problematica rilevante ai fini della misure in campo è rappresentata dalla possibile presenza di contaminanti provenienti da sorgenti diverse rispetto al suolo insaturo e/o alle acque di falda. I livelli di contaminazione dovuti a tali sorgenti sono generalmente rilevabili e potrebbero persino superare il contributo specifico derivante dalle suddette matrici ambientali.

Negli ambienti chiusi, come definiti nell'Accordo Stato-Regione 2001, le principali

fonti interne sono determinate dall'uomo e dalle sue attività, dai materiali da costruzione, dagli arredi e dai sistemi di trattamento dell'aria, come anche dai processi di combustione di combustibili fossili. Altre possibili fonti interne di inquinamento sono i prodotti per la pulizia, i prodotti antiparassitari, le colle, gli adesivi, i solventi oltre gli strumenti di lavoro quali stampanti, plotter e fotocopiatrici, ecc. Nell'Appendice B del documento [ISS, 2013] è riportato un elenco dei principali Composti Organici Volatili (COV) che possono essere presenti negli ambienti indoor con alcune caratteristiche chimiche.

Un database di concentrazioni di fondo di diversi inquinanti in edifici residenziali, utile al fine di valutare quali possono essere gli ordini di grandezza in gioco, è stato realizzato dall'EPA [USEPA, 2011a].

Nel caso di siti industriali, le sostanze contaminanti rilevate nelle matrici ambientali possono essere correlate ai cicli produttivi, ma possono anche derivare da situazioni pregresse e/o esterne al sito. Nel primo caso, può anche accadere che l'apporto delle attività condotte sul sito sia superiore a quello derivante dal suolo, saturo e/o insaturo contaminato. È quindi fondamentale individuare e differenziare, ove possibile, tali contributi. A tal fine è possibile far riferimento anche alle risultanze della valutazione del rischio chimico per i lavoratori, condotta ai sensi del D.Lgs. 81/2008.

Per quanto riguarda le sostanze volatili e semivolatili, al fine di valutare e discriminare il contributo dei contaminanti provenienti dal suolo rispetto ai valori misurati in aria *outdoor* o *indoor*, in genere si ricorre ad un monitoraggio tramite sonde soil-gas o mediante l'installazione di camere di diffusione (o camere di flusso) statiche o dinamiche. Una successiva o se possibile contestuale misura in corrispondenza dello stesso punto in aria, può consentire di individuare i rapporti tra le concentrazioni di sostanze volatili aria ambiente/soil-gas oppure aria ambiente/camera di diffusione. Per ulteriori apprendimenti e linee di evidenza mirate alla valutazione della stima del livello di fondo di un sito, si rimanda ai diversi documenti, articoli scientifici e linee guida citati in bibliografia [USEPA, 2009] [CCME, 2008] [USEPA NJ, 2005] [McHugh et al., 2004] [Kurtz et al., 2005] [McHugh et al., 2008] [Dawson et al., 2009] [McHugh et al., 2011] [ISS, 2013].

3.1.7 Verifica del rispetto della concentrazione di riferimento CR_{aria}

Nel seguito viene proposto un possibile criterio atto a permettere il confronto tra le misure e il valore di riferimento CR_{aria} .

Una volta individuata un'adeguata distribuzione spaziale delle postazioni di misura, in modo tale che ciascuna di esse sia rappresentativa di una determinata area o casistica presente in un'area omogenea per tipologia di inquinamento (secondo quanto descritto nel paragrafo 3.1.3), per ciascuna postazione e campagna di misura è necessario identificare un unico valore di concentrazione (C_m) rappresentativo dell'insieme di dati a disposizione. In particolare, se il numero di dati disponibili è tale da rendere significativa un'analisi statistica, il valore rappresentativo può essere

assunto pari all'UCL 95% (Upper Confidence Limit 95%) della media aritmetica o geometrica, a seconda della distribuzione di probabilità dei dati considerati, come indicato, ad esempio, nel software gratuito EPA ProUCL ver. 5.0. Altrimenti, se l'insieme dei dati non permette alcuna elaborazione statistica (numero di dati minore di 10) a titolo cautelativo dovrebbe essere assunto quale valore rappresentativo il valore massimo analiticamente determinato nella campagna di misura [ISPRA, 2008].

Nel seguito si indica con $C_{m(i)}$ il valore rappresentativo della campagna condotta nel periodo invernale, $C_{m(e)}$ quello rappresentativo della campagna condotta nel periodo estivo, e con $C_{m(x)}$ il valore rappresentativo della campagna o delle campagne condotte in qualsiasi altro periodo.

Ai fine di verificare il rispetto delle CR_{aria} è quindi possibile seguire la procedura di seguito descritta:

- Se tutte le C_m ($C_{m(i)}$, $C_{m(e)}$ e $C_{m(x)}$) risultano inferiori o uguali alla corrispondente CR_{aria} , allora si può ragionevolmente ritenere l'esposizione del lavoratore confrontabile con quella della popolazione generale.
- Se tutte le C_m ($C_{m(i)}$, $C_{m(e)}$ e $C_{m(x)}$) risultano superiori alla corrispondente CR_{aria} , allora è necessario procedere secondo l'Opzione A o l'Opzione B, di cui allo Step. 1.2.
- Se anche solo una C_m risulta superiore alla corrispondente CR_{aria} , allora è possibile selezionare una delle seguenti opzioni:
 - Procedere secondo l'Opzione A o l'Opzione B, di cui allo Step. 1.2.
 - In riferimento alla campagna di misura per la quale è stato riscontrato il superamento, effettuare, ove possibile, uno studio di distribuzione dei dati al fine di comprendere le cause che hanno comportato tale superamento e quindi individuare le probabilità con cui questo si può verificare.

Ai fini del confronto con la CR_{aria} , i dati analitici, ottenuti dalle attività di monitoraggio, è opportuno siano espressi con lo stesso numero di cifre decimali della corrispondente CR_{aria} . Nel caso in cui la CR_{aria} venga individuata seguendo la Fase 3.a o la Fase 3.b (paragrafo 3.1.2), i valori possono essere espressi in notazione scientifica ad un decimale.

Per l'analisi del superamento del valore rappresentativo (C_m) rispetto al valore di CR_{aria} è possibile utilizzare un criterio probabilistico che tenga conto dell'incertezza di misura: C_m risulterà maggiore a CR_{aria} quando C_m supererà CR_{aria} oltre ogni ragionevole dubbio, con una probabilità superiore al 95%. Per tale valutazione si applicherà il punto 5.3 del manuale "L'analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell'incertezza associata a risultati di misura" [ISPRA, 2009].

Nel caso in cui la C_{aria} sia stata stimata con l'utilizzo di modelli quantitativi (paragrafo 3.1.5), ogni valore di C_{aria} , corrispondente ad una determinata area omogenea di contaminazione, deve essere posto a confronto con la corrispondente CR_{aria} . In caso di superamento è necessario procedere con la successiva fase di valutazione del rischio (STEP 2 - paragrafi 3.2 e 3.3).

3.2 Valutazione e gestione del rischio da agenti chimici pericolosi (Step 2.a)

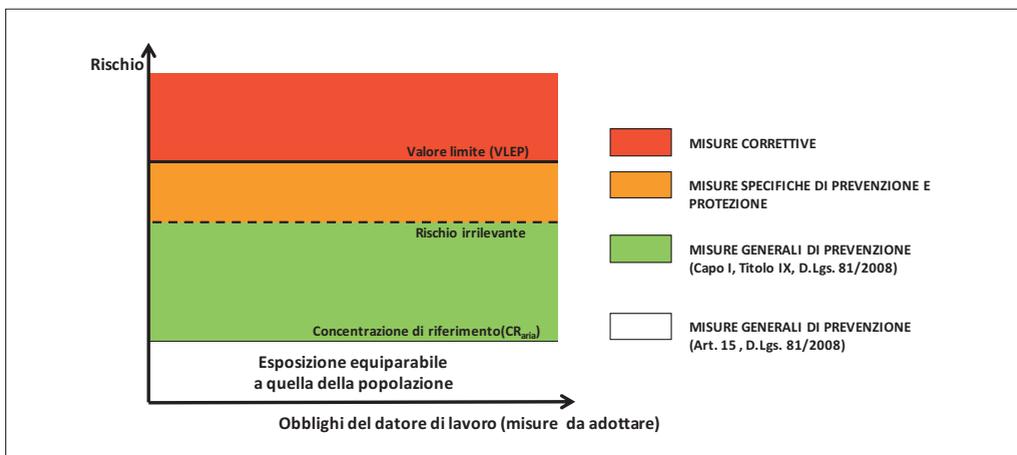
Per quanto riguarda gli agenti chimici pericolosi, la valutazione del rischio può essere schematizzata secondo il grafico di Figura 11, in cui vengono individuati:

- Il *valore limite di esposizione professionale – VLEP (Occupational Exposure Limit - OEL)*: Indica il livello di esposizione che non deve essere superato, ossia il livello di esposizione che se superato comporta l'adozione tempestiva di misure correttive finalizzate alla rimozione delle cause che hanno cagionato tale superamento. Il valore limite di esposizione è quantitativamente determinato.
- Il livello qualitativo corrispondente ad un rischio irrilevante per la salute e basso per la sicurezza, ai sensi del D.Lgs. 81/2008. Al di sopra di tale livello scatta l'obbligo di adottare misure specifiche di prevenzione e protezione: previste dagli articoli art. 225-226-229-230.

Al di sotto di tale livello occorre comunque adottare le misure generali di tutela di cui all'art. 15, art. 224 e 227 del D.Lgs. 81/2008. Non è ammissibile classificare un rischio come "non irrilevante" per effetto dell'abbattimento dell'esposizione ottenuto adottando le misure specifiche.

- La concentrazione di riferimento in aria (CR_{aria}), al di sotto della quale è necessario attuare esclusivamente le misure generali di prevenzione di cui all'art. 15 del D.Lgs. 81/2008, in quanto l'esposizione del lavoratore può ritenersi equiparabile a quella della popolazione generale.

Figura 11: Grafico qualitativo rischio-misure da adottare



La procedura di valutazione del rischio, in caso di superamento della CR_{aria} , può essere articolata nel seguente modo (Figura 12):

- *Valutazione preliminare del rischio*. Costituisce il primo approccio ad una situazione in cui sono presenti agenti chimici pericolosi. In base all'esito di tale valutazio-

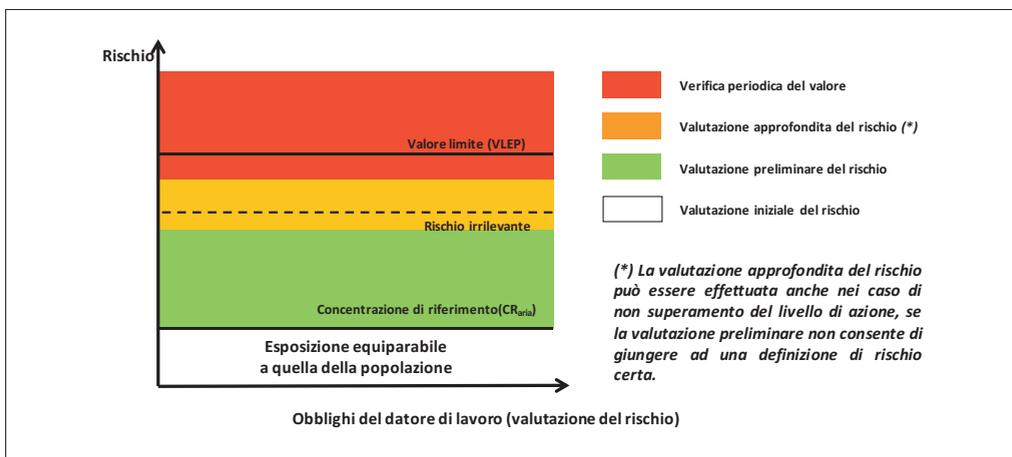
ne si può effettuare una valutazione approfondita, ovvero si può concludere che non è necessario procedere ulteriormente qualora lo scenario sia facilmente interpretabile e le informazioni preliminari permettano di concludere inequivocabilmente che il rischio per la salute è irrilevante.

- *Valutazione approfondita del rischio.* Nel caso in cui la valutazione preliminare del rischio non consente di giungere ad una definizione di rischio certa, si rende necessario una valutazione più approfondita, qualitativa e quantitativa, che prevede l'utilizzo di modelli (quantitativi o semiquantitativi) o misurazioni. In questo caso in base all'esito della valutazione si può concludere che il rischio per la salute è irrilevante o non irrilevante.
- *Verifica del rispetto del valore limite di esposizione professionale (VLEP).* Per essa è necessario il ricorso a misurazioni nelle situazioni in cui:
 - non sia possibile in altro modo definire il livello dell'esposizione (art. 223, comma 1c, e art. 236, comma 4d, D.Lgs. 81/2008);
 - sia necessario dimostrare il conseguimento di un adeguato livello di prevenzione e di protezione (art. 225, comma 2, D.Lgs. 81/2008).

Il monitoraggio biologico è obbligatorio per i lavoratori esposti agli agenti per i quali è stato fissato un valore limite biologico (art. 229, comma 3, D.Lgs. 81/2008).

Le azioni da intraprendere in caso di superamento del VLEP devono essere tutte estremamente tempestive, quindi il monitoraggio con misurazioni non può essere occasionale, ma occorre individuare una probabilità di superamento del VLEP in base alla quale pianificare la frequenza dei controlli. A tal fine è possibile fare riferimento a quanto contenuto nella Norma UNI EN 689.

Figura 12: Grafico qualitativo rischio-livello di valutazione



In caso di superamento della CR_{aria}, per effettuare la valutazione e la gestione del rischio è possibile procedere seguendo gli step di seguito indicati:

Step 2.a.1 - Valutazione preliminare del rischio

Determinazione del giudizio di rischio attraverso l'utilizzo di strumenti valutativi "semplificati", che permettano di verificare le "condizioni di giustificazione", ossia i casi in cui la natura e l'entità dei rischi, connessi con gli agenti chimici pericolosi, rendono non necessaria un'ulteriore valutazione maggiormente dettagliata.

Per individuare quelle mansioni che ricadono nel caso della giustificazione è utilizzabile una metodologia per la valutazione del rischio potenziale; un possibile metodo è contenuto nel documento predisposto dalla Commissione Europea nel 2005 dal titolo: "Linee direttrici pratiche di carattere non obbligatorio sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi connessi con gli agenti chimici sul lavoro" (URL:<http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site/it>), che si basa sulle seguenti tre variabili: pericolosità dell'agente chimico, quantità e tendenza a disperdersi nell'ambiente. L'applicazione è prevista per singolo agente chimico e per singola operazione.

In base all'esito della valutazione si può concludere che:

- Il rischio è irrilevante: in tal caso è sufficiente adottare le misure generali di tutela (art. 15 e art. 224 del D.Lgs. 81/2008) e formare e informare i lavoratori (art. 227);
- Il rischio è non irrilevante: in tal caso, oppure se c'è incertezza riguardo la valutazione preliminare, è possibile procedere secondo lo Step 2.a.2.

Si ritiene opportuno specificare che le metodologie proposte e oggi comunemente utilizzate per effettuare la valutazione preliminare del rischio non prevedono esplicitamente il suolo insaturo e/o le acque di falda contaminate quale tipologia di sorgente espositiva. Tuttavia è possibile valutarne l'applicabilità, tenendo conto delle caratteristiche che tali modelli devono avere per essere validati.

Step 2.a.2 - Valutazione approfondita del rischio

In tale fase è possibile selezionare una delle due seguenti opzioni:

- Step 2.a.2 (Opzione A): Stima del livello di esposizione a mezzo di modelli semiquantitativi (paragrafo 3.2.1). In tal caso, in base all'esito della valutazione si può concludere che:
 - il rischio è irrilevante;
 - il rischio è non irrilevante, in tal caso è possibile procedere secondo lo Step 2.a.2 (Opzione B).

Si ritiene opportuno specificare che i modelli semiquantitativi ad oggi disponibili per effettuare la valutazione approfondita del rischio non prevedono come tipologia di sorgente espositiva il suolo insaturo e/o le acque di falda contaminate.

- Step 2.a.2 (Opzione B): Determinazione della concentrazione di esposizione professionale, a mezzo di modelli quantitativi (paragrafo 3.1.5) o di misure di esposizione professionale (allegato XLI, D.Lgs. 81/2008), e confronto della stessa con il corrispondente Valore Limite di Esposizione Professionale (VLEP), ai fini della verifica del suo possibile superamento (paragrafo 3.2.2).

Per misurare l'esposizione professionale sarebbe opportuno utilizzare campiona-

tori personali, ossia dispositivi applicati alla persona che raccolgono campioni di aria nella zona di respirazione [UNI EN 689:1997, UNI EN 1232:1999, UNI EN 12919:2001, UNI EN 14042:2005, UNI EN 838:2010, UNI EN 1076:2010, UNI EN 482:2012]. Per il confronto con i VLEP è possibile anche utilizzare i risultati del monitoraggio ambientale, finalizzato al confronto con la CR_{aria} , a condizione che sia garantita la rappresentatività del dato ambientale rispetto all'effettivo livello di esposizione del lavoratore.

La Norma tecnica generale di riferimento per la valutazione attraverso misure di esposizione professionale è la UNI EN 689. Tale Norma contiene due procedure per valutare l'esposizione misurata nei confronti di un valore limite:

- procedura "formale" (Appendice C), sviluppabile con basso numero di campioni;
- procedura "statistica" (Appendice D), sviluppabile con alto numero di campioni, almeno 6.

L'esito della valutazione approfondita può condurre a definire il rischio come "irrelevante" oppure "non irrilevante". In quest'ultimo caso è possibile individuare tre situazioni tipo:

CASO 1: *Il rischio è "non irrilevante", ma "ragionevolmente sotto controllo" (a meno di modifiche).*

Tale situazione può verificarsi nel caso in cui:

- Secondo la procedura "formale" (Appendice C, UNI EN 689), su un turno di lavoro il valore di esposizione risulta $< 1/10$ del VLEP, oppure su tre diversi turni il valore di esposizione risulta $< 1/4$ del VLEP.
- Secondo la procedura "statistica" (Appendice D, UNI EN 689), se la probabilità di superamento del VLEP è $< 0,1\%$ (Situazione verde).

In tali casi, ancor quando soddisfatti tutti i requisiti di cui alla Norma UNI EN 689, si può evitare la misurazione periodica. È evidente la necessità di applicare comunque le misure specifiche di prevenzione, tra le quali la sorveglianza sanitaria e la cartella sanitaria, in quanto si è in una condizione di rischio "non irrilevante".

CASO 2: *Il rischio è "non irrilevante", e "non sotto controllo".*

Tale situazione può verificarsi quando $C_{esposizione} > VLEP$. In tal caso è necessario procedere secondo lo Step 2.A.3 ed inoltre si ha:

- obbligo di rientro: Occorre adottare misure correttive immediate, ovvero occorre identificare e rimuovere le cause del superamento ai fini della salvaguardia della salute e della sicurezza dei lavoratori, e adottare tutte le misure specifiche previste dal D.Lgs. 81/2008;
- obbligo di misura di esposizione.

CASO 3: *Il rischio è "non irrilevante", ma non si hanno sufficienti evidenze per definirlo "ragionevolmente sotto controllo".* Tale situazione può verificarsi se non si ricade nei due casi precedentemente descritti (ad esempio Situazione arancio - probabilità

di superamento del VLEP fra 0,1% e 5%- e Situazione rossa - probabilità di superamento del VLEP > 5%- della Procedura Statistica riportata nell'Appendice D della Norma UNI EN 689). In tal caso è necessario procedere secondo lo Step 2.a.3.

Il confronto con l'esposizione rilevata può essere effettuato anche rispetto ai valori limite biologici, se esistenti (paragrafo 3.2.3).

Step 2.a.3: Gestione del rischio

Si applicano le disposizioni specifiche di prevenzione e protezione, di cui al Capo I del Titolo IX, D.Lgs. 81/2008 (art. 225):

- progettazione di appropriati processi lavorativi e controlli tecnici, nonché utilizzo di attrezzature e materiali adeguati;
- adozione di appropriate misure organizzative e di protezione collettive alla fonte del rischio (allegato 3.C);
- adozione di misure di protezione individuali, compresi i dispositivi di protezione individuali (DPI), qualora non si riesca a prevenire con altri mezzi l'esposizione (allegato 3.D).
- adozione di un sistema di sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti agli agenti chimici pericolosi per la salute che rispondono ai criteri per la classificazione in specifiche classi di pericolo per la salute secondo il Regolamento 1272/2008/CEE (in proposito si veda il Documento [CCPSSL, 2012]).

Si valuta l'efficacia delle misure specifiche attuate, a mezzo di misure di esposizione professionale e/o monitoraggio biologico e/o modelli quantitativi e/o semiquantitativi. L'esito di tale valutazione può condurre a due possibili situazioni tipo:

CASO 1: Il rischio è "non irrilevante" ma "ragionevolmente sotto controllo".

In tali casi si può evitare la misurazione periodica. Come detto sopra, è comunque necessario applicare le misure specifiche di prevenzione, tra le quali la sorveglianza sanitaria.

CASO 2: Il rischio è "non irrilevante" ma non si hanno sufficienti evidenze per definirlo "ragionevolmente sotto controllo". In tali casi è opportuno procedere con le misurazioni periodiche secondo quanto previsto dalla Norma tecnica UNI EN 689.

È evidente che la scelta degli Step da seguire va operata in funzione della specificità del caso.

Nei diagrammi di flusso di Figura 13 a e 13 b è riportato lo schema logico della procedura sopra descritta.

Figura 13a: Diagramma di flusso per la valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi

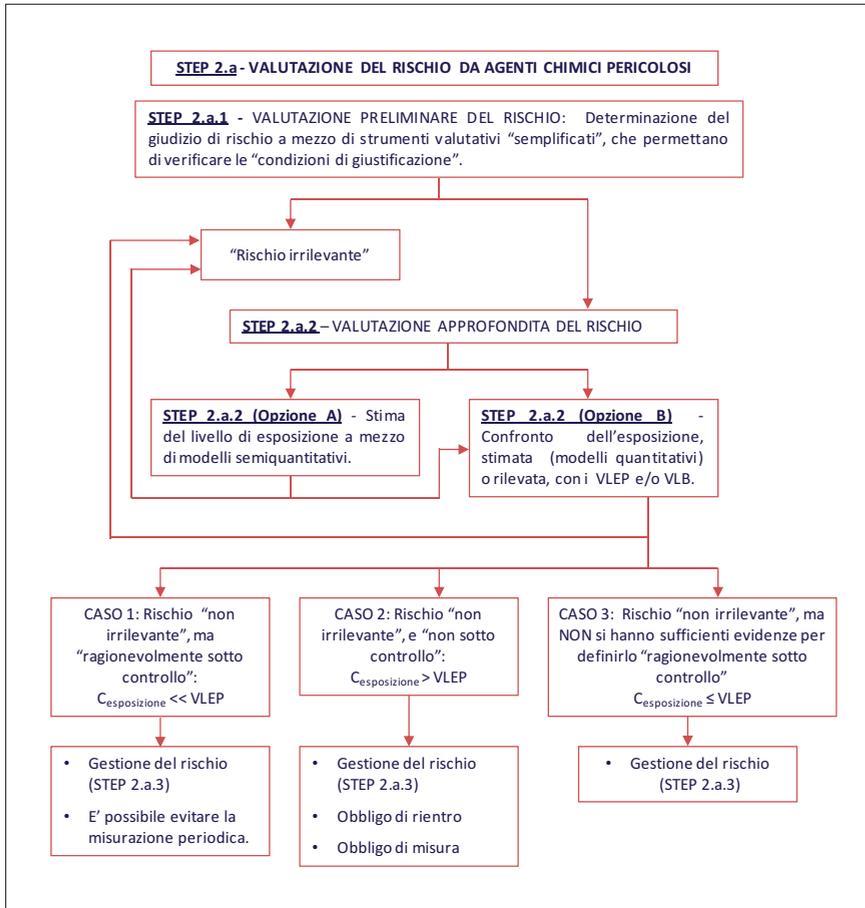
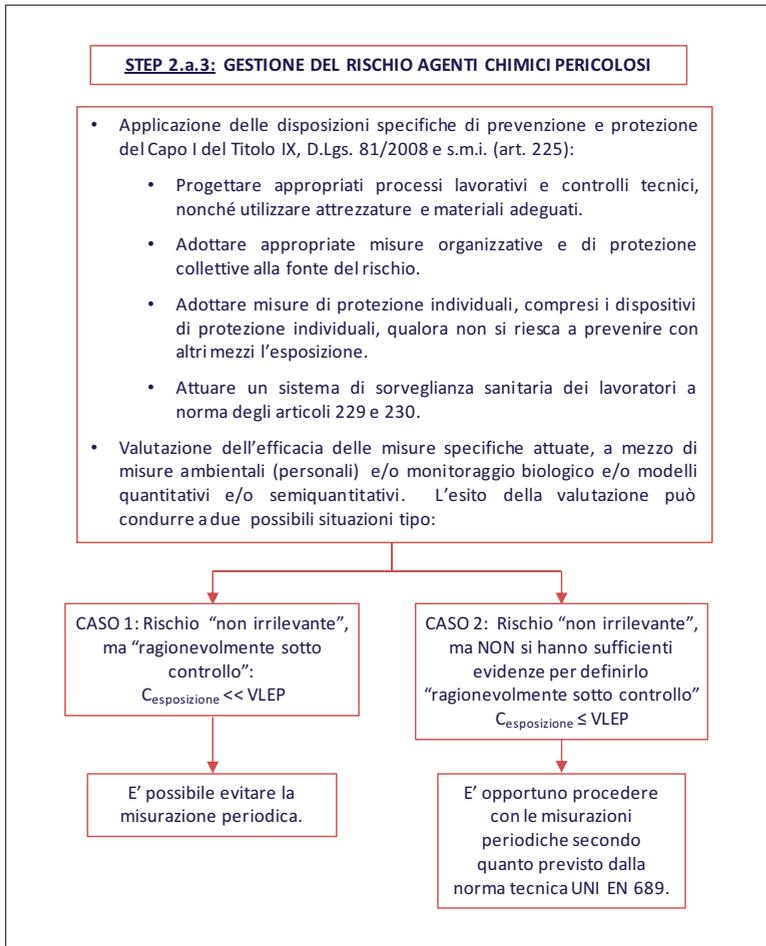


Figura 13b: Diagramma di flusso per la gestione del rischio da agenti chimici pericolosi

3.2.1 Metodi semiquantitativi per la valutazione approfondita del rischio

La definizione del livello di rischio per ogni sostanza può avvenire a mezzo di misurazioni, con l'utilizzo di modelli quantitativi (paragrafo 3.1.5) e con l'utilizzo di modelli semiquantitativi (metodi semiquantitativi)¹⁰. Ogni strumento di valutazione del

¹⁰ L'"Approccio qualitativo" prevede una valutazione del rischio effettuata su una scala qualitativa (ad esempio alto, medio, basso); l'"Approccio quantitativo" invece riconduce le valutazioni ad un valore numerico puntuale; infine l'"Approccio semiquantitativo" è un compromesso fra i primi due, nel quale le valutazioni sono effettuate in termini qualitativi e, successivamente, trasformate in numeri per poterle elaborare attraverso modelli di calcolo, come se si trattasse di valutazioni quantitative.

rischio chimico deve essere conforme a quanto previsto dalla norma e soddisfare tutti i requisiti minimi (art. 236, D.Lgs. 81/2008), ossia deve tener conto di:

- caratteristiche, durata e frequenza delle lavorazioni;
- quantitativi degli agenti chimici prodotti o utilizzati, concentrazione e capacità degli stessi di penetrare nell'organismo per le diverse vie di assorbimento, anche in relazione al loro stato di aggregazione;
- modalità di esposizione, compreso l'assorbimento cutaneo.

I modelli semiquantitativi ad oggi disponibili per effettuare la valutazione approfondita del rischio non prevedano esplicitamente il suolo insaturo e/o le acque di falda contaminate quale tipologia di sorgente espositiva. Tuttavia è possibile valutarne l'applicabilità, tenendo conto delle caratteristiche che tali modelli devono avere per essere validati. Infatti, nel caso di utilizzo di metodi semiquantitativi si devono sempre verificare le condizioni di applicabilità degli stessi e deve essere chiaro ed esplicito il criterio di valutazione utilizzato. Inoltre, per avere risultati accettabili, è necessario che la valutazione dei rischi:

- sia effettuata per ogni agente chimico pericoloso sia per la salute che per la sicurezza;
- sia effettuata per sostanza e per mansione;
- tenga conto delle proprietà pericolose (esempio tossicità, cancerogenicità);
- tenga conto della concentrazione dell'agente chimico nelle matrici ambientali suolo insaturo e/o nelle acque sotterranee;
- tenga conto delle circostanze in cui viene svolto il lavoro (esempio attività che non comporta la movimentazione di terreno e/o mezzi; attività che comporta la movimentazione di terreno; attività che comporta movimentazione di mezzi su strade prive di pavimentazione).
- si riferisca ai Valori Limite di Esposizione Professionale (VLEP) e/o ai Valori Limite Biologici (VLB) ove disponibili;
- nel calcolo del livello di "rischio irrilevante" non tenga conto delle misure specifiche previste dall'art.225;
- tenga conto degli effetti di coesposizione (effetti cumulativi);
- valuti tutte le sostanze pericolose;
- si basi su criteri di valutazione coerenti con quelli adottati per le misure degli inquinanti (sostanza e non preparato).

Inoltre devono essere note le caratteristiche e il metodo di valutazione di ogni modello utilizzato ed è opportuno che lo stesso sia stato oggetto di validazione.

I risultati offerti dal modello devono essere più protettivi di quelli ottenuti con le misure, e quindi devono sempre rappresentare una sovrastima dell'esposizione effettiva. I risultati forniti con tali metodi semiquantitativi non sempre costituiscono una chiara delimitazione tra situazioni di rischio e di sicurezza, quindi in alcuni casi può risultare comunque necessario effettuare le opportune verifiche sul campo.

3.2.2 Valori Limite di Esposizione Professionale (VLEP)

Il VLEP, se non diversamente specificato, è il limite della concentrazione media ponderata nel tempo di un agente chimico nell'aria all'interno della zona di respirazione di un lavoratore in relazione ad un determinato periodo di riferimento (art. 222, comma 1, lettera d), D.Lgs. 81/2008). La determinazione dei VLEP è conseguente alla pubblicazione delle direttive sugli Occupational Exposure Limit Values (OELVs) europei.

Nell'allegato XXXVIII e nell'allegato XLIII del D.Lgs. 81/2008 sono attualmente riportati i VLEP rispettivamente per 114 agenti chimici e per 3 agenti cancerogeni e mutageni. È possibile osservare che, delle 97 sostanze elencate nel D.Lgs. 152/2006, solo 22 sono attualmente normate dal D.Lgs. 81/2008.

È auspicabile adottare il seguente schema di riferimento, circa le fonti dalle quali è possibile desumere i valori limite di esposizione professionale da rispettare:

- 1) in via prioritaria: i valori limite d'esposizione professionale di cui all'Allegato XXXVIII del D.Lgs. n. 81/2008 e s.m.i.;
- 2) i valori limite riportati nelle Direttive CE non ancora recepite dalla Legislazione italiana;
- 3) i valori limite di soglia (Threshold Limit Values – TLVs) pubblicati dalla ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist), qualora il rispetto di questi sia previsto dai rispettivi contratti nazionali collettivi di lavoro, in quanto facenti parte della Normativa vigente nazionale richiamata all'Art. 225, comma 3 del D.Lgs. n. 81/2008 e s.m.i.

In tutti gli altri casi, nelle more di un riferimento legislativo, la scelta dei valori limite di riferimento scientificamente più appropriati deve essere comunque effettuata dal datore di lavoro.

In riferimento ai TLVs dell'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) sono previste tre categorie di:

- TLV-TWA (Time-Weighted Average): concentrazione media ponderata nel tempo su una giornata lavorativa convenzionale di otto ore e su 40 ore lavorative settimanali, alla quale si ritiene che quasi tutti i lavoratori possono essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, per una vita lavorativa, senza effetti negativi;
- TLV-STEL (Short Term Exposure Limit): concentrazione TWA di 15 minuti che non deve essere superata in qualsiasi momento durante la giornata lavorativa, anche se il TWA sulle otto ore non supera il valore TLV-TWA;
- TLV-C (Ceiling): concentrazione che non deve essere superata durante qualsiasi momento dell'esposizione lavorativa.

Per la maggior parte delle sostanze assume rilevanza solo il TWA, con il relativo STEL (se esistente). Per alcune sostanze (per esempio, i gas irritanti) è applicabile soltanto il TLV-Ceiling. Se uno qualsiasi di questi TLV è superato, è possibile presumere che esista un rischio potenziale.

Per tener conto della contemporanea presenza di più inquinanti, l'ACGIH ha proposto che, in assenza di una dimostrazione contraria, gli effetti dei singoli inquinanti devono essere considerati additivi. In particolare, nel caso in cui due o più sostanze nocive, presenti contemporaneamente, provocano gli stessi effetti sulla salute o agiscono sullo stesso organo o sistema dell'organismo, allora bisogna prendere in considerazione gli effetti combinati, piuttosto che quelli dei singoli componenti. A seguito di tali considerazioni, l'ACGIH ha proposto l'applicazione della formula per le miscele:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \leq 1$$

dove:

C_n rappresenta la concentrazione dell' n -esima sostanza rilevata nell'aria;

T_n rappresenta il valore limite corrispondente al C_n .

Se la somma delle frazioni supera l'unità, allora il limite per la miscela deve essere considerato superato.

3.2.3 Valori Limite Biologici (VLB)

Il monitoraggio biologico dell'esposizione valuta il rischio misurando i livelli di esposizione interna (indicatori biologici di dose) e li confronta con valori biologici limite o di riferimento (ove noti). Il monitoraggio biologico degli effetti valuta la presenza nei lavoratori di sintomi precoci o situazioni disfunzionali reversibili con il miglioramento delle situazioni espositive (indicatori biologici di effetto). Gli indicatori biologici di suscettibilità segnalano differenze interindividuali nella risposta tossica, causate da differenze genetiche in assenza di sollecitazioni.

Il monitoraggio biologico è raccomandato per le sostanze assorbibili attraverso la pelle, che possono produrre effetti sistemici per la prevenzione dei quali il solo monitoraggio ambientale non è adeguato, in particolare alle basse dosi.

Nel Capo I, Titolo IX (sostanze pericolose) del D.Lgs. 81/2008 sono definiti sia gli indicatori biologici che i valori limite, e il monitoraggio biologico è reso obbligatorio e parte integrante della sorveglianza sanitaria per quelle sostanze per cui tali valori limite siano stati fissati (art. 229).

Il valore limite biologico (VLB) - Biological Exposure Index (BEI) - è "il limite della concentrazione del relativo agente, di un suo metabolita, o di un indicatore di effetto, nell'appropriato mezzo biologico; indica la concentrazione al di sotto della quale la maggior parte dei lavoratori non dovrebbe subire effetti negativi per la salute, ma non rappresentano un confine netto fra esposizione pericolosa e non. Infatti non è previsto che siano utilizzati come misura di effetti avversi o per la diagnosi di malattia professionale e non sono applicabili per esposizioni non professionali.

Attualmente nell'allegato XXXIX al D.Lgs. 81/2008 esiste un valore limite solo per il Piombo e i suoi composti ionici. Per tutte le altre sostanze generalmente si fa riferimento ai limiti pubblicati dalla Conferenza degli Igienisti Industriali Governativi Americani (ACGIH), che stabilisce VLB per circa 40 sostanze o gruppi di sostanze. Le basi scientifiche per la definizione dei VLB sono raccolte e commentate nella *Documentation of TLVs and BEIs* pubblicata dalla stessa ACGIH e le raccomandazioni sono confermate o modificate annualmente.

Il criterio generale con cui sono stati fissati è che essi rappresentino i valori dell'indicatore che è probabile riscontrare nei fluidi biologici di lavoratori sani, esposti per otto ore, per cinque giorni alla settimana, ad una concentrazione di una sostanza pari al valore limite nell'aria (TLV-TWA). Essi possono essere applicati anche a schemi di lavoro diversi con buona approssimazione. I VLB sono quindi indicatori di dose interna per una esposizione inalatoria. Tuttavia per alcune sostanze, per le quali vi è una probabilità significativa di assorbimento cutaneo, i VLB rispondono al criterio di prevenire effetti sistemici e possono corrispondere ad una dose interna diversa da quella derivante dalla sola inalazione. Nelle liste dei valori limite di esposizione occupazionale è prevista una segnalazione ("S" per *skin*, pelle o epidermide, nella normativa italiana).

3.3. Valutazione e gestione del rischio da agenti cancerogeni e mutageni (Step 2.b)

In presenza di agenti cancerogeni e mutageni, la valutazione dell'esposizione e le misure da adottare per la gestione del rischio devono ottemperare a quanto disposto dal Capo II del Titolo IX (D.Lgs. 81/2008). In tale contesto è opportuno tener conto delle indicazioni del Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province autonome [CTRPA, 2002] che prevedono la seguente classificazione dei lavoratori:

- *Lavoratori esposti*: il valore di esposizione ad agenti cancerogeni e/o mutageni potrebbe risultare superiore a quello della popolazione generale;
- *Lavoratori potenzialmente esposti*: il valore di esposizione ad agenti cancerogeni e/o mutageni potrebbe risultare superiore a quello della popolazione generale solo per eventi imprevedibili e non sistematici;
- *Lavoratori non esposti*: il valore di esposizione ad agenti cancerogeni e/o mutageni risulta pari o inferiore a quello della popolazione generale¹¹.

Ai fini del presente documento, si ritengono "lavoratori non esposti" quelli per i quali, sulla base delle risultanze della valutazione di cui allo Step 1 (paragrafo 3.1), è stato accertato il non superamento della CR_{aria} ; mentre in caso di superamento i lavorato-

¹¹ Tale definizione non è contenuta nelle Linee Guida citate, ed è stata quindi desunta sulla base delle prime due definizioni.

ri si considerano “lavoratori esposti”. Per questa categoria, ai sensi dell’art. 235 del D.Lgs. 81/2008, è obbligo del datore di lavoro evitare o ridurre l’utilizzazione della sostanza intervenendo, in via gerarchica, attraverso le seguenti misure:

- sostituzione;
- adozione di sistemi chiusi di lavorazione;
- riduzione del livello di esposizione al più basso valore tecnicamente possibile.

Il percorso di valutazione dei rischi deve essere in grado di identificare e classificare tutte quelle sostanze che possono costituire fattori di rischio per i lavoratori. In tale ambito, è necessario considerare anche le sostanze non ancora classificate o che sono fuori del campo di applicazione delle norme di classificazione.

Ricadono nel Capo II del Titolo IX (D.Lgs. 81/2008) gli agenti chimici che rispondono ai criteri di classificazione quali agenti cancerogeni e mutageni di categoria 1A e 1B, secondo il Regolamento 1272/2008/CEE (ex categoria 1 e 2 della Direttiva 93/21/1997) (art. 234).

Come detto in precedenza, per le sostanze per le quali attualmente non esiste una classificazione armonizzata in ambito UE, ma per le quali siano comunque note in ambito scientifico, o riconosciute da organismi internazionali (ad esempio IARC) le proprietà cancerogene e mutagene (ad esempio Diossine, Furani, PCB¹²), sussiste comunque l’obbligo di adottare le tutele previste dal Capo I Titolo IX del D.Lgs. 81/2008 nel caso di rischio non irrilevante [CCPSSL, 2012]. Nella Tabella 9 si riporta un quadro con le definizioni dei tre criteri di classificazione di cancerogenicità: Direttiva 67/548/CEE, Regolamento 1272/2008/CEE e IARC.

Tabella 9: Quadro di confronto tra le classificazioni di cancerogenicità

Direttiva 93/21/CEE (D.Lgs. 52/1997)	Regolamento 1272/2008/CEE	Classificazione IARC
Categoria 1	Categoria 1A	Gruppo 1
Categoria 2	Categoria 1B	Gruppo 2 Sottogruppo 2A
Categoria 3	Categoria 2	Gruppo 2 Sottogruppo 2B
---	---	Gruppo 3
---	---	Gruppo 4

Per il lavoratori “esposti” ai fini della gestione del rischio, si applicano le disposizioni specifiche Capo II del Titolo IX, D.Lgs. 81/2008 (artt. 237-243), ossia:

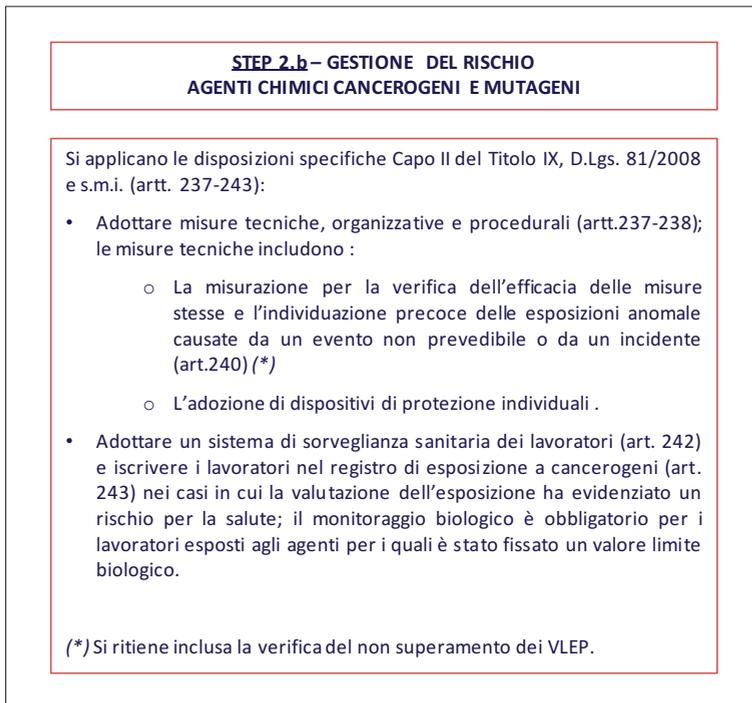
12 I PCB sono comunque soggetti a classificazione armonizzata in altre classi di pericolo.

- adottare misure tecniche, organizzative e procedurali (artt. 237-238); le misure tecniche includono:
 - la misurazione dell'esposizione per la verifica dell'efficacia delle misure adottate e l'individuazione precoce delle esposizioni anomale causate da un evento non prevedibile o da un incidente (art. 237 comma 1d). In tale ambito si ritiene inclusa la verifica del non superamento dei VLEP (paragrafo 3.2.2) a mezzo di misure di esposizione (allegato XLI, D.Lgs. 81/2008, UNI EN 689);
 - l'adozione degli opportuni dispositivi di protezione individuali (DPI) (allegato 3.D);
- adottare un sistema di sorveglianza sanitaria dei lavoratori (art. 242) e iscrivere i lavoratori nel registro di esposizione a cancerogeni (art. 243) nei casi in cui la valutazione dell'esposizione ha evidenziato un rischio per la salute; il monitoraggio biologico è obbligatorio per i lavoratori esposti agli agenti per i quali è stato fissato un valore limite biologico.

Naturalmente il datore di lavoro adotta le misure preventive e protettive, adattandole alle particolarità delle situazioni lavorative (art. 236, comma 3).

Nel diagramma di flusso di Figura 14 è riportato lo schema logico della procedura sopra descritta.

Figura 14: Diagramma di flusso per la gestione del rischio da agenti cancerogeni e mutageni



4. La valutazione e gestione del rischio per contatto dermico

Nel caso in cui la modalità espositiva “contatto dermico” sia potenzialmente attiva, analogamente al caso dell’inalazione, la fase iniziale di valutazione del rischio si concretizza nel verificare, in relazione alla modalità espositiva esaminata, se il livello di rischio, associato alla contaminazione del suolo insaturo e/o delle acque sotterranee, è equiparabile a quello della popolazione generale.

Anche in questo caso, è necessario innanzitutto identificare gli agenti chimici presenti nei comparti ambientali coinvolti dalla contaminazione (suolo insaturo e/o acque sotterranee), utilizzando i dati raccolti in fase di caratterizzazione del sito, per poi procedere seguendo gli step di seguito indicati:

Step 3.1 - La presenza di agenti chimici nel suolo insaturo e nelle acque sotterranee si stabilisce verificando i superamenti della Concentrazione Soglia di Rischio (CSR)¹³, o della Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC), nei casi in cui non è disponibile la CSR, sulla base delle analisi condotte sulle matrici ambientali stesse.

Come nel caso di rischio per inalazione, per la determinazione delle CSR (o CSC) si considera una esposizione cronica e si assume una destinazione del sito di tipo “industriale/commerciale”.

Se la concentrazione analiticamente determinata risulta pari o inferiore alla CSR (o alla CSC), si assume che l’agente chimico presente nel suolo rappresenta un rischio trascurabile per la salute del lavoratore e quindi non è necessario procedere con la fase di valutazione dei rischi ai sensi del Titolo IX del D.Lgs. 81/2008; l’esito di questa fase deve comunque essere riportata e motivata negli opportuni documenti di valutazione. In caso di superamento si procede invece con lo Step 3.2.

Step 3.2 - Per gli agenti chimici, per i quali $C_{mis} > CSR$ (o CSC), si procede confrontando le concentrazioni analiticamente determinate nel suolo insaturo e/o nelle acque sotterranee (C_{mis}) con valori di concentrazione di riferimento, calcolati prendendo in considerazione solo il rischio associato alla specifica modalità espositiva, ossia il contatto dermico.

Tali valori di riferimento possono essere ricavati, come per la CR_{aria} , applicando la procedura di analisi di rischio sanitario, di cui al D.Lgs. 152/2006 e descritta nel documento [ISPRA, 2008], in modalità inversa, ossia partendo da un livello di rischio accettabile per la salute umana e selezionando il valore più conservativo tra quelli individuati per effetti cancerogeni e non cancerogeni. Nel seguito si riportano le espressioni utili per il calcolo della portata effettiva di esposizione EM in corrispon-

¹³ La CSR deve essere calcolata tenendo in considerazione lo stato del sito antecedente agli interventi di bonifica previsti.

denza delle modalità di esposizione contatto dermico con suolo e contatto dermico con acqua:

$$EM_{\text{derm. suolo}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \times \text{giorno}} \right] = \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}} \quad (\text{cont. derm. suolo})$$

$$EM_{\text{derm. acqua}} \left[\frac{\text{l}}{\text{kg} \times \text{giorno}} \right] = \frac{SA \times DAF \times EF_{\text{gi}} \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}} \times 10^{-3} \frac{\text{l}}{\text{cm}^3} \quad (\text{cont. derm. acqua})$$

In Tabella 10 è riportato il significato dei termini utili per il calcolo di EM. Per individuare dei valori in funzione delle specificità del caso è possibile far riferimento ai documenti [ISPRA, 2008] e [USEPA, 2011].

Tabella 10: Significato dei termini utili per il calcolo di EM

Fattore di esposizione (EF)	Simbolo	Unità di misura
Peso corporeo	BW	kg
Tempo medio esposizione sost. cancerogene	ATc	anni
Tempo medio esposizione sost. non cancerogene	ATn	anni
Durata di esposizione	ED	anni
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno
Frequenza giornaliera di esposizione (cont. derm. acqua)	EFgi	ore/giorno
Superficie di pelle esposta	SA	cm ²
Fattore di aderenza dermica del suolo	AF	mg/(cm ² x giorno)
Fattore di assorbimento dermico	ABS	adim.
Coefficiente di permeabilità	DAF	cm/ora

Anche in questo caso, è auspicabile che i valori dei fattori di esposizione siano quanto più possibile sito-specifici, in modo da permettere l'individuazione di target di concentrazione strettamente connessi con la realtà del sito in esame.

Per gli agenti chimici, per i quali vengono riscontrati superamenti è necessario prevedere interventi di protezione collettiva e/o individuale, ai sensi del Titolo IX, D.Lgs. 81/2008.

5. La gestione del rischio nelle fasi di indagine del sito

Le attività di indagine del sito (caratterizzazione del sito) permettono di definire la contaminazione in termini di: tipologia (identificazione delle sostanze chimiche presenti), grado (concentrazione degli inquinanti nei vari comparti ambientali), e distribuzione spaziale. Durante tutte le attività antecedenti la predisposizione del Piano di caratterizzazione, i lavoratori sono comunque potenzialmente esposti ad agenti chimici.

Ai sensi del D.Lgs. 81/2008, nel caso di un'attività nuova che comporti la presenza di agenti chimici pericolosi, la valutazione dei rischi ad essa connessi e l'attuazione delle misure di prevenzione devono essere predisposte preventivamente all'avvio dell'attività medesima (art. 223, comma 6). Per tale ragione, in tutte le fasi operative antecedenti l'elaborazione del piano di caratterizzazione, alla bassa conoscenza dei rischi potenzialmente presenti deve corrispondere un alto livello di protezione della salute e sicurezza di tutti i lavoratori presenti a qualsiasi titolo.

Le fasi iniziali di raccolta di documentazione e informazioni sul sito, di sopralluogo conoscitivo e di elaborazione del modello concettuale preliminare (capitolo 1) in alcuni casi permettono una identificazione preliminare del pericolo e una valutazione qualitativa delle potenziali fonti di contaminazione. In particolare, con il modello concettuale preliminare vengono descritte:

- caratteristiche specifiche del sito in termini di potenziali fonti della contaminazione;
- estensione, caratteristiche e qualità preliminari delle matrici ambientali influenzate dalla presenza dell'attività esistente o passata svolta sul sito;
- potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati.

Le informazioni raccolte nel corso di tali attività comunque non sono sufficienti per permettere un'adeguata identificazione, sia in termini quantitativi che di distribuzione spaziale, delle sostanze pericolose presenti.

Per alcune tipologie di siti, quali aree industriali (per le quali siano noti i processi produttivi e quindi le materie prime utilizzate e i prodotti intermedi e finali) o punti vendita carburanti, può risultare possibile formulare ipotesi ragionevoli riguardo la tipologia di sostanze chimiche potenzialmente presenti. Per un'indicazione sulla tipologia di contaminazione rinvenibile in funzione della tipologia di sito contaminato è possibile fare riferimento a quanto contenuto nel capitolo 2.

In ogni caso, i potenziali rischi dovranno essere gestiti sulla base delle specificità del sito in esame, adottando un approccio quanto più possibile conservativo ossia assumendo un elevato grado di cautela in relazione a tutte le possibili modalità espositive (inalazione, contatto dermico e ingestione) da prendere in considerazione ai fini della valutazione del rischio. Ciò implica che potrebbe rendersi necessaria l'adozione di alcune o tutte le misure specifiche di protezione e di prevenzione (D. Lgs. 81/2008, art. 225) in aggiunta alla applicazione delle misure e dei principi generali per la prevenzione dei rischi (D. Lgs. 81/2008, art. 24).

Nel caso di sopralluoghi da effettuarsi in siti a contaminazione ignota, è necessario

che chiunque effettui tale attività possa far riferimento ad una specifica procedura, che espliciti chiaramente le modalità con cui condurla e le misure da adottare per la tutela della salute e della sicurezza. In particolare è necessario fornire DPI efficaci e informazione/formazione specifica.

Nel presente documento è stata posta particolare attenzione agli aspetti legati alla salute dei lavoratori in quanto sono state prese in considerazione quali fonti di pericolo il suolo insaturo e/o le acque sotterranee contaminate (sorgenti secondarie di contaminazione). È evidente comunque che la presenza di sorgenti primarie di contaminazione, ossia degli elementi causa dell'inquinamento (ad esempio ammassi di rifiuti, serbatoi, fusti, oleodotti, tubature, interrati o fuori terra, contenenti sostanze pericolose), può comportare dei rischi per la sicurezza che potrebbero risultare tutt'altro che trascurabili.

Nella Tabella 11 è riportato un elenco di alcuni possibili rischi, sia per la salute che per la sicurezza, di cui tener conto nel caso di attività di sopralluogo, vigilanza, controllo da svolgersi in siti a contaminazione ignota.

Tabella 11: Possibili rischi in siti a contaminazione ignota

Fonte di Pericolo	Rischio
RISCHI PER LA SICUREZZA	
Rischi dell'ambiente	
Presenza di frammenti nel terreno	Punture e tagli
Contatto traumatico con rifiuti, serbatoi, fusti, tubature, condotte	
Frammenti o scoscendimenti della parete di un cumulo di rifiuti o di una discarica	Caduta/seppellimento
Rischi connessi alla presenza di sostanze pericolose	
Innesco del biogas presente in sacche nell'ammasso di rifiuti	Incendio e esplosione
Innesco di sostanze liquide infiammabili presenti in fusti interrati	
Innesco di rifiuti infiammabili, combustibili o biodegradabili	
Autocombustione spontanea di rifiuti interrati infiammabili, combustibili o biodegradabili	
Assenza di ossigeno (presenza biogas in spazi confinati, es. in pozzetti)	Asfissia
Rottura di fusti/serbatoi contenenti sostanze corrosive	Ustione
RISCHI PER LA SALUTE	
Rischi da esposizione ad agenti chimici	
Presenza di percolato proveniente da accumulo rifiuti o discarica	Da contatto dermico
	Da inalazione di vapori
Presenza nel terreno e/o nei rifiuti di agenti chimici pericolosi e cancerogeni/mutageni	Da inalazione di polveri
	Da contatto dermico
Presenza di amianto come fibra asbestosa aerodispersa	Da inalazione di polveri
Rischio da esposizione ad agenti fisici	
Presenza di sorgenti orfane o di rifiuti radioattivi	Da radiazioni ionizzanti
Rischio da esposizione ad agenti biologici	
Presenza nel terreno e/o nei rifiuti di agenti biologici (es. Virus, Batteri, Funghi, Parassiti)	Da inalazione
	Da contatto dermico

Per ogni rischio identificato nella tabella di cui sopra vengono di seguito fornite indicazioni riguardo i DPI da utilizzare sempre nel caso di attività di sopralluogo, vigilanza, controllo da svolgersi in siti a contaminazione ignota (Tabella 12).

Tabella 12: DPI in siti a contaminazione ignota

RISCHIO	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE (DPI)	RIF. NORMATIVI
Punture e tagli	Guanti di protezione contro i rischi meccanici (con proteggi-braccia)	UNI EN 420, UNI EN 388, UNI EN 1082
	Manicotti	UNI EN 1082
	Calzature di sicurezza, Calzature di protezione	UNI EN ISO 20345, 20346 e 20344
	Indumenti di protezione	UNI EN 340, UNI EN 510
Caduta/seppellimento	Cinture di sicurezza, funi di trattatura, imbracature, sistemi d'assorbimento frenato d'energia	UNI EN 363, UNI EN 365, UNI EN 358, UNI EN 813, UNI EN 361, UNI EN 360
	Copricapo antiurto	UNI EN 812
Incendio e esplosione	Calzature di sicurezza, Calzature di protezione	UNI EN 20345, UNI EN 20346, UNI EN 20344
	Guanti di protezione contro i rischi termici	UNI EN 407
	Indumenti di protezione (es.: tute monouso antistatiche, antifiamma, etc.)	UNI EN 340, UNI EN 1149, UNI EN 11612, UNI EN 14116, UNI EN 531
	Copricapo antiurto, casco, elmetto di protezione	[D.Lgs. 475/1992], UNI EN 7154, UNI EN 397, UNI EN 443, UNI EN 14052
	Dispositivi di protezione degli occhi e del viso, protettori degli occhi e del viso	[Dir. CE 686/69], UNI EN 166, UNI EN 10912, UNI EN 1731
	Maschere, Respiratori, Elettrorespiratori	[Capo II, Titolo III, D.Lgs. 81/2008], UNI EN 136, UNI EN 137, UNI EN 145, UNI EN 12941, UNI EN 12942
	Rilevatori di ossigeno portatili Esplosimetri portatili	[All. VIII D.Lgs. 81/2008], UNI EN 529, CEI EN 50241, CEI EN 60079-29
Asfissia	[D.M. 2/5/2001], UNI EN 137, UNI EN 138, UNI EN 145	
Da contatto dermico	Guanti di protezione contro i rischi chimici	UNI EN 420, UNI EN 374,
	Calzature di sicurezza, Calzature di protezione	UNI EN 20345, UNI EN 20346, UNI EN 20344
	Indumenti di protezione (es.: tute monouso antistatiche, antifiamma, etc.)	UNI EN 340, UNI EN 943, UNI EN 13034, UNI EN 13982, UNI EN 14605, UNI EN 14126
	Dispositivi di protezione degli occhi e del viso	UNI EN 166, UNI EN 10912
Da inalazione di vapori	Facciali filtranti, Semimaschere, Maschere, Elettrorespiratori, Autorespiratori, Filtri	UNI EN 140, UNI EN 405, UNI EN 1827, UNI EN 136, UNI EN 136, UNI EN 137, UNI EN 138, UNI EN 145, UNI EN 12941, UNI EN 12942, UNI EN 14387, UNI EN 1827, UNI EN 140
Da inalazione di polveri	Facciali filtranti, Semimaschere, Filtri	UNI EN 149, UNI EN 143, UNI EN 1827, UNI EN 405, UNI EN 140
Da radiazioni ionizzanti	Guanti	UNI EN 421
	Indumenti di protezione	UNI EN 1073

Infine, nei casi in cui si sospetta un alto livello di contaminazione di sostanze volatili, provenienti da rifiuti, terreno o falda, è auspicabile effettuare un monitoraggio preliminare dell'aria, o se possibile del soil-gas, di supporto per l'individuazione delle misure da adottare a protezione dei lavoratori esposti. Inoltre potrebbe essere opportuno adottare in prima istanza metodologie di indagine indiretta (indagini geofisiche, contatore Geiger), per verificare ad esempio l'eventuale interrimento di fusti metallici e/o escludere la presenza di rifiuti radioattivi.

Glossario

Agenti chimici (art. 222, D.Lgs. 81/2008):

tutti gli elementi o composti chimici, sia da soli sia nei loro miscugli, allo stato naturale o ottenuti, utilizzati o smaltiti, compreso lo smaltimento come rifiuti, mediante qualsiasi attività lavorativa, siano essi prodotti intenzionalmente o no e siano immessi o no sul mercato.

Agenti chimici pericolosi (art. 222 D.Lgs. 81/2008):

- 1) agenti chimici classificati come sostanze pericolose ai sensi del D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52, e successive modificazioni, nonché gli agenti che corrispondono ai criteri di classificazione come sostanze pericolose di cui al predetto decreto. Sono escluse le sostanze pericolose solo per l'ambiente;
- 2) agenti chimici classificati come preparati pericolosi ai sensi del D.Lgs. 65/2003, nonché gli agenti che rispondono ai criteri di classificazione come preparati pericolosi di cui al predetto decreto. Sono esclusi i preparati pericolosi solo per l'ambiente;
- 3) agenti chimici che, pur non essendo classificabili come pericolosi, in base ai numeri 1) e 2), possono comportare un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori a causa di loro proprietà chimico-fisiche, chimiche o tossicologiche e del modo in cui sono utilizzati o presenti sul luogo di lavoro, compresi gli agenti chimici cui è stato assegnato un valore limite di esposizione professionale (VLEP).

Agente cancerogeno (art. 234 D.Lgs. 81/2008):

- 1) una sostanza che risponde ai criteri relativi alla classificazione quali categorie cancerogene 1 o 2, stabiliti ai sensi del D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52, e successive modificazioni;
- 2) un preparato contenente una o più sostanze di cui al numero 1), quando la concentrazione di una o più delle singole sostanze risponde ai requisiti relativi ai limiti di concentrazione per la classificazione di un preparato nelle categorie cancerogene 1 o 2 in base ai criteri stabiliti dal D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52, e dal D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65 e successive modificazioni;
- 3) una sostanza, un preparato o un processo di cui all'allegato XLII, nonché una sostanza od un preparato emessi durante un processo previsto dall'allegato XLII.

Agente mutageno (art. 234 D.Lgs. 81/2008):

- 1) una sostanza che risponde ai criteri relativi alla classificazione nelle categorie mutagene 1 o 2, stabiliti dal D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52, e successive modificazioni;
- 2) un preparato contenente una o più sostanze di cui al punto 1), quando la concentrazione di una o più delle singole sostanze risponde ai requisiti relativi ai limiti di concentrazione per la classificazione di un preparato nelle categorie mutagene 1 o 2 in base ai criteri stabiliti dal D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52, e dal D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65 e successive modificazioni.

Agente biologico (art. 267 D.Lgs. 81/2008):

qualsiasi microrganismo anche se geneticamente modificato, coltura cellulare ed endoparassita umano che potrebbe provocare infezioni, allergie o intossicazioni.

Agenti fisici (art. 180 D.Lgs. 81/2008):

per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Analisi di rischio sanitario-ambientale sito specifica (art. 240 D.Lgs. 152/2006):

analisi sito specifica degli effetti sulla salute umana derivanti dall'esposizione prolungata all'azione delle sostanze presenti nelle matrici ambientali contaminate, condotta con i criteri indicati nell'allegato 1 alla parte quarta del D.Lgs. 152/2006.

Concentrazione Soglia di Contaminazione – CSC (art. 240 D.Lgs. 152/2006):

il livello di contaminazione delle matrici ambientali che costituisce valore al di sopra del quale è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito specifica, come individuato nell'allegato V, parte quarta del D.Lgs. 152/2006.

Concentrazione Soglia di Rischio – CSR (art. 240 D.Lgs. 152/2006):

livello di contaminazione delle matrici ambientali, da determinare caso per caso con l'applicazione della procedura di analisi di rischio sito specifica secondo i principi illustrati nell'allegato 1 alla parte quarta del D.Lgs. 152/2006 e sulla base dei risultati del piano di caratterizzazione, il cui superamento richiede la messa in sicurezza e la bonifica. I livelli di concentrazione così definiti costituiscono i livelli di accettabilità per il sito.

Danno:

lesione fisica alla persona come conseguenza diretta o indiretta di esposizione al pericolo.

Acquifero (art. 74 D.Lgs. 152/2006):

uno o più strati sotterranei di roccia o altri strati geologici di permeabilità sufficiente

da consentire un flusso significativo di acque sotterranee (GW) o l'estrazione di quantità significative di acque sotterranee.

Infortunio sul lavoro:

evento fortuito avvenuto in occasione di lavoro che abbia provocato una lesione fisica o psichica (UNI 7249: 2007). Definizione adottata da EUROSTAT (in essa sono compresi le intossicazioni acute, gli atti intenzionali da parte di altre persone, gli infortuni occorsi durante il lavoro ma all'esterno dell'impresa anche se provocati da terzi; ne sono esclusi le lesioni deliberatamente autoprocurate, gli infortuni *in itinere*, le malattie professionali e gli infortuni dovuti esclusivamente a cause mediche).

Malattia professionale:

alterazione dello stato di salute di un lavoratore originata da cause inerenti allo svolgimento della prestazione di lavoro.

Pericolo:

proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore avente il potenziale di causare danni (art. 2 D.Lgs. 81/2008) – Fonte potenziale di danno (norme tecniche).

Rischio:

probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione (art. 2 D.Lgs. 81/2008) – Combinazione della probabilità di un evento dannoso e dell'entità delle sue conseguenze (norme tecniche).

Rischi per la sicurezza:

rischi legati a danni acuti e fatti esterni che agiscono rapidamente sulla persona e costituiscono un nesso di causa/effetto con la lesione. Tali rischi sono originati dal potenziale verificarsi di incidenti o infortuni, e possono avere come conseguenza dell'accadimento di un evento fisico-traumatico di diversa natura (meccanica, elettrica, chimica, termica, ecc.) danni o menomazioni più o meno gravi.

Rischi per la salute:

rischi legati a danni progressivi e cronici provocati da fattori esterni che agiscono lentamente sulla persona addetta alle specifiche lavorazioni pericolose. Tali rischi sono originati dalla potenziale compromissione dell'equilibrio biologico dei lavoratori esposti a fattori ambientali di rischio di natura chimica, fisica e biologica, e possono avere come conseguenza dell'esposizione l'insorgenza di specifiche patologie che spesso si traducono nella contrazione di vere e proprie malattie professionali.

Rischi trasversali (organizzativi, gestionali ed ergonomici):

rischi che derivano da un'inefficiente organizzazione del lavoro, sia in termini gestionali, che in termini metodologici ed operativi. Ovvero sono individuabili all'interno

della complessa articolazione che caratterizza il rapporto tra l'operatore e l'organizzazione del lavoro in cui è inserito. Il suddetto rapporto è peraltro immerso in un quadro di compatibilità ed interazioni che è di tipo psicologico ed organizzativo oltre che ergonomico. Tra i rischi trasversali è possibile comprendere anche quelli esterni, ossia i rischi che l'attività lavorativa può comportare per l'ambiente e la popolazione presente all'esterno dell'area di cantiere.

Sito (art. 240 D.Lgs. 152/2006):

area o porzione di territorio, geograficamente definita e determinata, intesa nelle diverse matrici ambientali (suolo, sottosuolo ed acque sotterranee) e comprensiva delle eventuali strutture edilizie e impiantistiche presenti.

Sito potenzialmente contaminato (art. 240 D.Lgs. 152/2006):

un sito nel quale uno o più valori di concentrazione delle sostanze inquinanti rilevati nelle matrici ambientali risultino superiori ai valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC), in attesa di espletare le operazioni di caratterizzazione e di analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica, che ne permettano di determinare lo stato o meno di contaminazione sulla base delle concentrazioni soglia di rischio (CSR).

Sito contaminato (art. 240 D.Lgs. 152/2006):

un sito nel quale i valori delle concentrazioni soglia di rischio (CSR), determinati con l'applicazione della procedura di analisi di rischio di cui all'allegato 1 alla parte quarta del presente decreto sulla base dei risultati del piano di caratterizzazione, risultano superati.

Sito non contaminato (art. 240 D.Lgs. 152/2006):

un sito nel quale la contaminazione rilevata nelle matrici ambientali risulti inferiore ai valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC) oppure, se superiore, risulti comunque inferiore ai valori di concentrazione soglia di rischio (CSR) determinate a seguito dell'analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica.

Sito con attività in esercizio (art. 240 D.Lgs. 152/2006):

un sito nel quale risultano in esercizio attività produttive sia industriali che commerciali nonché le aree pertinenziali e quelle adibite ad attività accessorie economiche, ivi comprese le attività di mantenimento e tutela del patrimonio ai fini della successiva ripresa delle attività.

Sito dismesso (art. 240 D.Lgs. 152/2006):

un sito in cui sono cessate le attività produttive.

Sorgente di contaminazione primaria:

è rappresentata dall'elemento che è causa di inquinamento (esempio serbatoio interrato).

Sorgente di contaminazione secondaria:

è identificata con il comparto ambientale oggetto di contaminazione (suolo, acqua, aria).

Suolo superficiale (SS):

porzione di terreno insaturo compresa tra 0 ed 1 m di profondità dal piano campagna.

Suolo profondo (SP):

porzione di terreno insaturo a profondità maggiore di 1 m dal piano campagna.

Tossicità acuta:

fenomeni di tossicità acuta si hanno nel caso in cui il soggetto sia esposto a concentrazioni molto elevate di una sostanza in un breve lasso di tempo, solitamente 24 ore o meno (esempio nel caso di eventi accidentali).

Tossicità subcronica:

effetto tossico che una sostanza esercita su un organismo se la somministrazione si protrae per un certo periodo (in genere, si considera un periodo pari a circa il 10% della vita dell'organismo stesso).

Tossicità cronica:

esprime qualsiasi effetto tossico che una sostanza ha su un organismo in periodi di tempo molto prolungati. Fenomeni di tossicità cronica si osservano, ad esempio, in individui che vivono in luoghi di lavoro in cui sono presenti agenti contaminanti e che, pertanto, sono esposti a basse concentrazioni in modo continuativo. La continua esposizione può causare l'insorgenza di forme tumorali (effetto cancerogeno), o anomalie della funzione riproduttiva, con conseguenti forme di sterilità, insorgenza di malformazioni nel feto (effetto teratogeno della sostanza tossica). Vi può anche essere un'interferenza con i processi di gametogenesi, con i quali si formano le cellule riproduttive, nelle quali possono comparire mutazioni (effetto mutageno della sostanza tossica). Più in generale, l'effetto tossico si può esplicitare su determinati organi bersaglio con conseguente compromissione della loro funzionalità. Come conseguenza della esposizione prolungata ad agenti chimici pericolosi con esplicitazione di tossicità cronica nei luoghi di lavoro si può avere l'insorgenza di una malattia professionale con effetti che possono anche essere permanenti (invalidità) o mortali.

Riferimenti bibliografici

[AIDII, 2013], Associazione Italiana degli Igienisti Industriali, *Valori limite di soglia e Indici biologici di esposizione*, Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene vol. 4 n. 2, Milano, IT, 2013

[ASTM, 1995], American Society for Testing and Materials, *Standard Guide for Risk Based Corrective Actions Applied at Petroleum Release Sites*, Report E-1739-95, USA, 1995

[Babyak et al., 2006] Babyak A., Welt S., *Vapor Intrusion Mitigation Engineering Controls: Comparison of Methods, Costs and Implementation*, 16th Annual AEHS Conference on Soil, Sediment and Water, USA, 2006

[Banca dati ISS-INAIL, 2014] Banca dati ISS-INAIL e documento di supporto, <http://www.iss.it/iasa/?lang=1&tipo=40>

[Berardi et al., 2009] Berardi S., Bemporad E., Gherardi M., Mariani M., Mariotti C., *La sicurezza nelle attività di bonifica: analisi delle criticità normative*, Ambiente e Sicurezza, Il Sole 24 Ore, Anno 11, n. 13, pagg. 47-55, IT, 2009

[BCME, 2009] British Columbia Ministry of Environment, *Technical Guidance on Contaminated Sites*, CAN, 2009

[CCPSSL, 2012], Commissione Consuntiva Permanente per la Salute e Sicurezza sul Lavoro – Comitato 9 – Sottogruppo “Agenti chimici”, *Criteri e strumenti per la valutazione e la gestione del rischio chimico negli ambienti di lavoro ai sensi del D.Lgs. n. 81/2008 e s.m.i. (Titolo IX, Capo I “Protezione da Agenti Chimici” e Capo II “Protezione da Agenti Cancerogeni e Mutageni”), alla luce delle ricadute del Regolamento (CE) n. 1907/2006 (Registration Evaluation Authorisation Restriction of Chemicals - REACH), del Regolamento (CE) n. 1272/2008 (Classification Labelling Packaging - CLP) e del Regolamento (UE) n. 453/2010 (recante modifiche all'allegato II del Regolamento CE 1907/2006 e concernente le disposizioni sulle schede di dati di sicurezza)*, IT, 2012

[CCME, 2008], Canadian Council of Ministers of the Environment, *Final Scoping Assessment of Soil Vapour Monitoring Protocols for Evaluating Subsurface Vapour Intrusion into Indoor Air*, a cura di Geosyntec Consultants, Project Number TR0290 PN 1427, CAN, 2008

[CEE, 1996], Commissione Europea, DG V CEE. III Sezione, *Linee Guida CEE per effettuare la valutazione dei rischi. Orientamenti CEE riguardo alla valutazione dei rischi sul lavoro*, 1996

[CIRIA, 1994] Construction Industry Research & Information Association, *The Environmental Handbook for Building and Civil Engineering Projects*, Thomas Telford, USA, 1994

[CISL-CGIL-UIL, 2008] FEMCA CISL - FILTEA CGIL - UILTA UIL, *Linee operative per l'organizzazione aziendale della pulizia e del mantenimento dello stato di efficienza degli indumenti di protezione individuale (indumenti DPI)*, Roma, IT, 2008

[CTRPA, 2002] Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province autonome, *Linee Guida del Coordinamento Tecnico Interregionale sull'applicazione del Titolo VII del D.Lgs. 626/1994*, IT, 2002

[Cortis, 2008] Cortis L., *Uso e scelta dei DPI: quali criteri adottare per lavorare realmente in sicurezza?*, Ambiente & Sicurezza il Sole 24 ore, n. 13, pp. 79 – 85, Roma, 2008

[Dawson et al., 2009] Dawson H.E., McAlary T. A., *Compilation of Statistics for VOCs from Post-1990 Indoor Air Concentration Studies in North American Residences Unaffected by Subsurface Vapor Intrusion*, Ground Water Monitoring & Remediation 29 (1), pagg. 60–69, 2009

[De Fraja Frangipane et al., 1994] De Fraja Frangipane E., Andreottola G., F. Tatàno, *Terreni contaminati: identificazione, normative, indagini, trattamento*, IT, 1994

[De Fraja Frangipane et al., 1995] De Fraja Frangipane E., Tatàno F., ISWA, *Siti contaminati Tecniche ottimali di risanamento Giornate europee di studio sull'ambiente*, Collana ambiente Vol. 14, Milano, IT, 1995

[ECHA/CHEM, 2013] European Chemicals Agency, *Database for information on registered substances*, <http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/registered-substances>, Last updated 08 Feb 2013

[Evans et al., 2001] Evans P.G., McAlinden J.J., Griffin P., *Personal Protective Equipment and Dermal Exposure*, Applied Occupational and Environmental Hygiene, 16(2), pagg. 334-337, 2001

[Grillo G. e Pedroni P. 2007], *Fenomeni di inquinamento in suoli e acque, monitoraggio e analisi di rischio*. "Enciclopedia degli idrocarburi", Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Treccani.

[Henschel, 1998] Henschel D.B., *Cost Analysis of Activated Carbon Versus Photocatalytic Oxidation for Removing Organic Compounds from Indoor Air*, JAWMA 48, pagg. 985–994, 1998

[INAIL, 2009] Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, *La sicurezza per gli operatori degli impianti di trattamento e di stoccaggio dei rifiuti solidi urbani*, Roma, IT, 2009

[INAIL, 2010] Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro e Confindustria Vercelli Valsesia, *Procedura per la Valutazione e Gestione delle Interferenze*, <http://www.duvri8108.it/il-progetto/>

[INAIL, 2011] Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, *Manuale illustrato per lavori in ambienti sospetti di inquinamento o confinati ai sensi dell'art. 3 comma 3 del DPR 177/2011*, Roma, IT, 2011

[INFN, 2008] Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Genova, Servizio Prevenzione e Protezione, *Documento di valutazione del rischio chimico*, Nota del 4 dicembre 2008.

[ISPESL, 2000] Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, *Progetto SIPRE – Banca nazionale dei profili di rischio di comparto*, Roma, IT, 2000, http://www.ispesl.it/Profili_di_rischio

[ISPESL, 2000b], Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, *// rischio chimico*, Roma, IT, 2000, http://www.ispesl.it/profili_di_rischio/sitopesca/Rischio%20da%20esposizione%20ad%20agenti%20chimici.htm

[ISPESL et al., 2001], Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, ASL Milano, *Profili di rischio nelle attività di indagine, bonifica, messa in sicurezza delle aree industriali dismesse*, (Progetto SIPRE – Banca nazionale dei profili di rischio di comparto), Roma, IT, 2001

[ISPESL, 2001], Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, *Linee Guida ISPESL per la valutazione del rischio - Applicazione agli Uffici Amministrativi della Pubblica Amministrazione delle Imprese e delle Aziende - Applicazione agli Uffici Amministrativi ed ai Laboratori Scientifici di strutture pubbliche e private – Applicazione alle strutture del S.S.N.*, (<http://www.ispesl.it/documentazione/vr.asp>), Roma, IT, 2001

[ISPESL, 2008], *Guida Operativa: Rischi specifici nell'accesso a silos, vasche e fosse biologiche, collettori fognari, depuratori e serbatoi utilizzati per lo stoccaggio e il trasporto di sostanze*, Supplemento di Prevenzione Oggi numero 2 anno 2008, Roma, IT, 2008

[ISPESL et al., 2008b] Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro, Ministero della Salute, Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, FISE AUIL – *Linee Operative per l'organizzazione aziendale della pulizia e del mantenimento dello stato di efficienza degli indumenti di protezione individuale (indumenti DPI)*, Roma, IT, 2008

[ISPRA, 2008] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, *Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati (revisione 2)*, Roma, IT, 2008

[ISPRA, 2009] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, *L'analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell'incertezza associata a risultati di misura*, Manuali e Linee guida ISPRA 52/2009, Roma, IT, 2009

[ISPRA, 2013] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, *Annuario dei dati ambientali 2012*, Roma, IT, 2013

[ISS-INAIL, 2014], Istituto Superiore di Sanità, Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro, *Banca dati ISS-INAIL – Proprietà chimico-fisiche e tossicologiche e Documento di supporto alla Banca dati “ISS-INAIL”*, Roma, IT, 2014

[ISS, 2013] Istituto Superiore di Sanità, *Rapporto ISTISAN 13/04 “Strategie di monitoraggio dei Composti Organici Volatili (COV) in ambiente indoor”*, a cura di Gruppo di Studio Nazionale sull’Inquinamento Indoor dell’ISS, Roma, IT, 2013

[ITRC, 2003] Interstate Technology & Regulatory Council, *Vapor Intrusion Issues at Brownfield Sites*, 2003, Washington D.C., USA

[ITRC, 2007] Interstate Technology & Regulatory Council, *Vapor Intrusion Pathway: A Practical Guideline*, 2007, Washington D.C., USA

[Kurtz et al., 2005] Kurtz J.P., Folkes D.J., *Discerning Background Sources of VOCs from Vapor Intrusion Sources Using Multiple Lines of Evidence* Paper G-62, in *In Situ and On-Site Bioremediation—2005. 8th International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium*, Baltimore, USA, June 6–9, 2005

[Marchi et al., 2013 a] Marchi T., Visentin L., Gregio M., Mazzuia L., Carradori G., Magarotto G., *Valutazione del rischio chimico per gli addetti alla bonifica dei terreni nei siti industriali ad alto inquinamento ambientale*, Atti del Convegno Le Giornate di Corvara (19° Convegno di Igiene Industriale), organizzato dall’AIDII, Corvara, IT, 3 – 5 aprile 2013

[Marchi et al., 2013 b] Marchi T., Visentin L., Gregio M., Mazzuia L., Magarotto G., *Occupational exposure to mercury during the demolition of the Chlorine-Soda plant in the industrial area of Venice*, in *Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, Vol. 4, Issue 2, pp. 69-75, Milano, IT, 2013

[McHugh et al., 2004] McHugh T.E., Connor J.A., Ahmad F., *An Empirical Analysis of the Groundwater-to-Indoor-Air Exposure Pathway: The Role of Background Concentrations* in *Indoor Air Environmental Forensics*, 5, pagg. 33–44, Houston, USA, 2004

[McHugh et al., 2008] McHugh T. E., Hammond D. E., Nickels T., Hartman, B., *Use of Radon Measurements for Evaluation of Volatile Organic Compound (VOC)*, in *Vapor Intrusion Environmental Forensics*, 9 pagg. 107–114, USA, 2008

[McHugh et al., 2011] McHugh T.E., Kuder T., Fiorenza S., Gorder K., Dettenmeier E., Philp P. *Application of CSIA to distinguish between vapor intrusion and indoor sources of VOCs*, *Environmental Science & Technology*, 45, pagg. 5952-5958, USA, 2011

[Ministero Salute, 2001] Ministero della Salute, *Accordo Stato-Regioni del 27/09/2001 tra il Ministero della Salute, le Regioni e le Province autonome sul documento concer-*

nente: "Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati", in Gazzetta Ufficiale 27 novembre 2001, n. 276, S.O., IT, 2001

[NEPC, 1999] National Environment Protection (Assessment of Site Contamination) Measure, *Guideline on Protection of Health and the Environment During the Assessment of Site Contamination*, Australia, 1999

[NIOSH, 1985] NIOSH, OSHA, USCG, U.S. EPA, *Occupational Safety and Health Guidance Manual for Hazardous Waste Site Activities*, USA, 1985

[OSHS, 1994] Occupational Safety and Health Service, Department of Labour, *Health and safety guidelines on the cleanup of contaminated sites*, Wellington, New Zealand, 1994

[Pecoraro et al., 2013] Pecoraro R., Barbaro M., Nocentini M., *Contaminazione delle matrici ambientali: analisi e gestione del rischio per i lavoratori*, Atti del Convegno Le Giornate di Corvara (19° Convegno di Igiene Industriale), organizzato dall'AIDII, Corvara, IT, 3 – 5 aprile 2013

[Pietrantonio et al., 2013] Pietrantonio E., Incocciati E., *La valutazione del rischio professionale chimico e cancerogeno per gli addetti alla bonifica di siti contaminati*, Atti del Convegno Le Giornate di Corvara (19° Convegno di Igiene Industriale), organizzato dall'AIDII, Corvara, IT, 3 – 5 aprile 2013

[Pizzella et al., 2011] Pizzella G., Macrì S., Gregio M., Zamengo L., Barbiero N., Orrù G., *Ridurre l'esposizione cutanea: l'uso corretto dei DPI*, Atti del Convegno di Igiene Industriale (17° Convegno di Igiene Industriale), pp. 320-325, organizzato dall'AIDII, Corvara, IT, 2011

[Provincia Milano et al., 2003] Provincia di Milano e Università degli Studi di Milano, *Linee Guida per la verifica ed il collaudo delle barriere impermeabili per la messa in sicurezza di siti contaminati*, Milano, IT, 2003

[Stellman , 1998] Stellman J.M., *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 4th Edition*, 1998

[USACE, 2008] U.S. ACE, NAVFAC, AFCESA, NASA, *Health, safety and emergency response procedures for contaminated sites*, Unified Facilities Guide Specifications, Section 01.35.29.13, USA, 2008

[USEPA, 2002] U.S. Environmental Protection Agency, *Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites*, USA, 2002

[USEPA, 2005] U.S. Environmental Protection Agency, *Supplemental Guidance for Assessing Susceptibility from Early-Life Exposure to Carcinogens*, USA, 2005

[USEPA, 2008] U.S. Environmental Protection Agency, *Engineering issues: Indoor Air Vapor Intrusion Mitigation Approaches*, Cincinnati, USA, 2008

[USEPA, 2009] U.S. Environmental Protection Agency, *Risk Assessment Guidance for*

Superfund. Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment), USA, 2009

[USEPA Cal, 2011 a] U.S. Environmental Protection Agency, California Environmental Protection Agency, *Final Guidance for the Evaluation and Mitigation of Subsurface Vapor Intrusion to Indoor Air (Vapor Intrusion Guidance)*, California, USA, 2011

[USEPA Cal, 2011 b] U.S. Environmental Protection Agency, California Environmental Protection Agency, *Vapor Intrusion Mitigation Advisory, Final, Revision 1*, California, USA, 2011

[USEPA Mass, 2011] U.S. Environmental Protection Agency, Massachusetts Department of Environmental Protection, *Interim Final Vapor Intrusion Guidance*, Massachusetts, USA, 2011

[USEPA NJ, 2005] U.S. Environmental Protection Agency, New Jersey Department of Environmental Protection, *Vapor Intrusion Guidance. Site Remediation and Waste Management Program*, New Jersey, USA, 2005

[USEPA NJ, 2012] U.S. Environmental Protection Agency, New Jersey Department of Environmental Protection, *Vapor intrusion technical guidance*, New Jersey, USA, 2012

[USEPA, 2011 a] U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, *Background Indoor Air Concentrations of Volatile Organic Compounds in North American Residences (1990-2005): A Compilation of Statistics for Assessing Vapor Intrusion*, Washington, D.C., USA, 2011

[USEPA, 2011] U.S. Environmental Protection Agency, *Exposure Factor Handbook*, USA, 2011 <http://www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efh-complete.pdf>

[WAUS OSHA, 2005] Western Australia Commission for occupational safety and health, *Guidance note: Occupational safety and health management and contaminated sites work*, AUS, 2005

[WHO, 1989] World Health Organization – Regional Office for Europe, *Indoor air quality: organic pollutants*, in Atti del Convegno WHO, Berlino, 23-27 August 1987

[WHO, 2000] World Health Organization – Regional Office for Europe, *Air Quality Guidelines for Europe, 2° Edition*, in WHO Regional Publications, European series n. 91, 2000

[WHO, 2010] World Health Organization – Regional Office for Europe, *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*, 2010

Allegati

Allegato 1.A

Adempimenti documentali ai sensi del D.Lgs. 81/2008

Il D.Lgs. 81/2008 impone di redigere una serie di documenti, inerenti la sicurezza sul lavoro, in funzione delle tipologie di attività svolta:

- **Documento di Valutazione dei Rischi – DVR** (art. 28): è un documento finalizzato ad individuare ed analizzare tutti i rischi connessi all'attività lavorativa, differenziando per ogni singola mansione, e ad identificare le misure di prevenzione e protezione atte a ridurre, prevenire e controllare tali rischi. Deve essere presente all'interno di qualsiasi luogo di lavoro. La sua elaborazione è un obbligo, non delegabile, del datore di lavoro (art. 17, comma 1, punto a).
- **Procedura standardizzata per la valutazione del rischio** (art. 29, comma 5 e comma 6): è una procedura, elaborata dalla Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro di cui al D.M. 30 novembre 2012, che è adottata da parte dei datori di lavoro che occupano fino a 10 lavoratori e che può essere adottata, in particolari condizioni, dai datori di lavoro che occupano fino a 50 lavoratori. La procedura standardizzata deve rispettare comunque i criteri previsti all'art. 28 del D.Lgs. 81/2008 e non può essere impiegata nel caso di aziende industriali a rischio rilevante (art. 2, D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334) e delle attività che espongono i lavoratori a rischi chimici, biologici, ATEX, cancerogeni mutageni e amianto.
- **Documento Unico di Valutazione dei Rischi da Interferenze – DUVRI** (art. 26): questo documento deve essere predisposto dal datore di lavoro in caso di affidamento di lavori, servizi e forniture ad una impresa appaltatrice (o a un lavoratore autonomo) all'interno della propria azienda. Deve individuare i rischi di interferenze e indicare le misure preventive da adottare per eliminare o, ove ciò non sia possibile, ridurre al minimo tali rischi. In linea di principio è finalizzato a mettere in relazione i rischi presenti nei luoghi in cui verrà espletato il servizio o la fornitura con i rischi derivanti dall'esecuzione del contratto. Non è necessario redigere il DUVRI solo se l'attività è di natura intellettuale o è mera fornitura di materiali o attrezzature, o se i lavori o servizi hanno una durata non superiore a cinque uomini-giorno, sempre che essi non comportino rischi derivanti dal rischio di incendio di livello elevato, ai sensi del Decreto del Ministero dell'Interno 10 marzo 1998, o dallo svolgimento di attività in ambienti confinati, di cui al D.P.R. 177/2011, o dalla presenza di agenti cancerogeni, mutageni o biologici, di amianto o di atmosfere esplosive o dalla presenza dei rischi particolari di cui all'allegato XI del D.Lgs. 81/2008. Per uomini-giorno si intende l'entità presunta dei lavori, servizi e forniture rappresentata dalla somma delle giornate di lavoro necessarie all'effettuazione dei lavori, servizi o forniture considerata con riferimento all'arco temporale di un anno dall'inizio dei lavori. Deve essere predisposto dal datore di lavoro nel caso in cui l'attività di bonifica non rientri nel campo di applicazione del Titolo IV (Cantieri temporanei e mobili).

- **DUVRI ricognitivo/integrativo** (art. 26, comma 3-ter): nei casi in cui il contratto sia affidato da una «centrale di committenza»¹ o in tutti i casi in cui il datore di lavoro non coincide con il committente, il soggetto che affida il contratto redige il documento di valutazione dei rischi da interferenze recante una valutazione ricognitiva dei rischi standard relativi alla tipologia della prestazione che potrebbero potenzialmente derivare dall'esecuzione del contratto. Il soggetto presso il quale deve essere eseguito il contratto, prima dell'inizio dell'esecuzione, integra il predetto documento riferendolo ai rischi specifici da interferenza presenti nei luoghi in cui verrà espletato l'appalto; l'integrazione, sottoscritta per accettazione dall'esecutore, integra gli atti contrattuali. Deve essere predisposto dal datore di lavoro della ditta committente nel caso in cui l'attività di bonifica non rientri nel campo di applicazione del Titolo IV (Cantieri temporanei e mobili).
- **Piano Operativo di Sicurezza – POS** (Titolo IV, art. 89, comma 1, lettera h): deve essere redatto dal datore di lavoro di ogni impresa esecutrice coinvolta nelle attività del cantiere temporaneo o mobile e deve essere specifico per ogni singolo cantiere. Tale documento deve contenere, tra gli altri elementi (allegato XV), la valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute connessi alle proprie lavorazioni in cantiere e conseguentemente l'indicazione dettagliata dei rischi derivanti dall'attività di bonifica, dei piani di monitoraggio ambientale e/o biologici specifici del cantiere, e delle misure di prevenzione e di protezione adottate. Il POS deve essere redatto sia nel caso in cui nel cantiere operi un'unica impresa, sia nel caso di più imprese. In quest'ultimo caso i POS sono da considerarsi come piani complementari di dettaglio del PSC, ovvero del PSS.
- **Piano di Sicurezza e Coordinamento – PSC** (Titolo IV, art. 100): deve essere predisposto nei cantieri in cui è prevista la presenza, anche non contemporanea, di più imprese esecutrici, deve essere redatto dal Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione (CSP), designato dal committente o dal responsabile dei lavori. Tale documento deve contenere, tra l'altro (allegato XV), la valutazione dei rischi in riferimento all'area e all'organizzazione dello specifico cantiere e alle lavorazioni interferenti. Il documento deve riportare, rispetto ai rischi individuati, le scelte progettuali, le procedure, le misure preventive e protettive, le prescrizioni operative, le misure preventive e protettive ed i dispositivi di protezione individuale, le modalità organizzative di cooperazione e coordinamento fra le diverse imprese esecutrici. Deve inoltre contenere anche la stima dei costi per la sicurezza, e un cronoprogramma di dettaglio, in cui riportare l'andamento spazio-temporale delle attività previste. È inoltre opportuno che il documento contenga il dettaglio degli eventuali piani di monitoraggio ambientale e biologico con l'individuazione del sistema di gestione del relativo flusso di comunicazioni tra le varie figure preposte alla sicurezza nell'ambito del cantiere.
- **Piano di Sicurezza Sostitutivo – PSS** (art. 131 del D.Lgs. 163/2006 o Codice dei contratti pubblici): è previsto solo nel settore dei lavori pubblici quando il PSC non è previsto ai sensi del D.Lgs. 81/2008, ossia nei cantieri in cui non è prevista la presenza di più imprese esecutrici. In tal caso è l'appaltatore o il concessionario il soggetto responsabile della sua redazione. Il PSS contiene gli stessi elementi del PSC (allegato XV), con esclusione della stima dei costi per la sicurezza.

¹ Una «centrale di committenza» è un'amministrazione aggiudicatrice che acquista forniture o servizi destinati ad amministrazioni aggiudicatrici o altri enti aggiudicatori, o che aggiudica appalti pubblici o conclude accordi quadro di lavori, forniture o servizi destinati ad amministrazioni aggiudicatrici o altri enti aggiudicatori (art. 3, comma 34, D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163).

Allegato 1.B

Tipologie di attività in siti oggetto di bonifica

In riferimento alla Tabella 1 si riporta la descrizione delle principali tipologie di attività che si possono svolgere nell'ambito della bonifica di siti contaminati.

Tabella 1: Tipologie di attività

ATTIVITÀ IN SITI OGGETTO DI BONIFICA
PREDISPOSIZIONE DEL PIANO DI INDAGINE: <ul style="list-style-type: none">- Raccolta documentazione e informazioni sul sito (*)- Sopralluogo conoscitivo- Pulizia e sgombero- Elaborazione del modello concettuale preliminare (*)- Elaborazione del piano di investigazione iniziale (*)
ALLESTIMENTO CANTIERE
INDAGINE DEL SITO
DECOMMISSIONING
MESSA IN SICUREZZA D'EMERGENZA
MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA
MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE
BONIFICA
MONITORAGGIO AMBIENTALE
RIPRISTINO AMBIENTALE

(*) Attività che non richiedono la presenza fisica dei lavoratori sul sito contaminato, o potenzialmente tale.

1.B.1 Predisposizione del piano di indagine

L'approccio ad un sito contaminato consiste spesso in una valutazione, svolta per conto del proprietario o dell'acquirente, per stimarne il valore economico anche in considerazione delle opere di bonifica e riqualificazione che devono essere predisposte. In alcuni casi la valutazione è imposta da organi di controllo che rilevano condizioni di grave pregiudizio per l'ambiente e la popolazione, particolarmente in caso di aree da lungo tempo in stato di abbandono e/o nelle quali è evidente lo stato di degrado.

Ai sensi del Titolo V, parte quarta del D.Lgs. 152/06 è necessario predisporre un *piano di caratterizzazione*, i cui criteri generali sono riportati nell'allegato 2 del Decreto. Per "caratterizzazione" si intende l'intero processo costituito dalle seguenti fasi:

1. ricostruzione storica delle attività svolte sul sito;
2. elaborazione del Modello Concettuale Preliminare del sito e predisposizione di un piano di indagini ambientali finalizzato alla definizione dello stato ambientale del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee;
3. esecuzione del piano di indagini e delle eventuali indagini integrative (paragrafo 1.B.3);
4. elaborazione dei risultati delle indagini eseguite e dei dati storici raccolti e rappresentazione dello stato di contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee (paragrafo 1.B.3);
5. elaborazione del Modello concettuale definitivo (paragrafo 1.B.3);
6. identificazione dei livelli di concentrazione residua accettabili - sui quali impostare gli eventuali interventi di messa in sicurezza e/o di bonifica, che si rendessero successivamente necessari a seguito dell'analisi di rischio - calcolati mediante analisi di rischio eseguita secondo i criteri di cui in allegato 1 del decreto.

Nella fase di predisposizione del *piano di indagine* è possibile individuare in genere 5 sottofasi in cui si svolgono le seguenti attività [Progetto SIPRE, 2000] (Tabella 2).

Tabella 2: Predisposizione del piano di indagine

Attività : "IDENTIFICAZIONE SITO POTENZIALMENTE CONTAMINATO"
TIPOLOGIA SPECIFICA DI INTERVENTO:
Raccolta di documentazione e informazioni sul sito
Sopralluogo conoscitivo
Pulizia e sgombero
Elaborazione del modello concettuale preliminare
Elaborazione del piano di investigazione iniziale

a) *Raccolta di documentazione e informazioni sul sito.*

Sulla base della tipologia del sito, le informazioni e la documentazione da raccogliere, utili anche per la prevenzione dei rischi nel sopralluogo conoscitivo successivo, consistono in:

- tipologia e uso del sito;
- mappatura dettagliata dell'area e localizzazione del sito;
- cartografia storica;
- planimetrie degli edifici ed epoca di costruzione;

- planimetrie delle reti di servizi e delle infrastrutture sotterranee (quali fognature, tubature, reti di distribuzione);
- tipologia di attività produttiva svolta con ricostruzione del ciclo di lavoro, reale o presunto, e con relativi impianti produttivi (sia presenti che smantellati);
- materiali e sostanze utilizzate per le lavorazioni (riferite al periodo completo delle attività che hanno avuto luogo sull'area) e classificazione della loro pericolosità e tossicità;
- eventuali indagini condotte, nelle varie matrici ambientali, nel corso della normale gestione del sito;
- nel caso di discariche, informazioni relative a tipologia e volume di rifiuti, condizioni di impermeabilizzazione e ricoprimento, presenza di percolato e di emissioni gassose;
- indicazione dell'intervallo temporale di uso degli impianti destinati alle diverse attività o delle attività di discarica;
- localizzazione sulle planimetrie di zone di accumulo di materiali (liquidi e solidi) sia superficiali che interrati;
- localizzazione sulle planimetrie delle vie di trasporto e delle zone di carico e scarico prodotti e merci;
- tempi di dismissione dei singoli impianti e/o fabbricati presenti;
- materiale integrativo relativo al sito e all'area circostante interessata;
- consultazione della letteratura scientifica rilevante per lo specifico problema di contaminazione ipotizzato;
- atti documentali o testimonianze riguardanti pregressi "incidenti ambientali", come lo sversamento di sostanze, o danni alla vegetazione;
- atti amministrativi e giudiziari.

Per il reperimento di alcune delle informazioni di cui sopra, possono essere effettuate interviste a persone che hanno a lungo operato nell'area (custodi, guardiani, responsabili della manutenzione, dipendenti) o a persone che hanno abitato in zone circostanti; questa fase di acquisizione della "memoria storica", seppure soggettiva può essere di grande utilità ai fini dell'indagine.

In caso di aree abbandonate rinvenute da enti di controllo, la ricerca riguarda anche i dati della proprietà attuale e pregressa, alla quale attribuire gli obblighi di caratterizzazione e bonifica previsti dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

b) Sopralluogo conoscitivo.

Una volta identificato un sito potenzialmente contaminato viene sempre svolto un sopralluogo conoscitivo, puramente osservativo, per verificare lo stato generale, individuare le sorgenti di rischio sanitario e ambientale, identificare le situazioni che richiedono interventi urgenti, disporre lavori di sgombero e pulizia [Progetto SIPRE, 2000].

Questa fase è estremamente delicata particolarmente nelle aree abbandonate da tempo, nelle quali la vegetazione incolta, i rifiuti abbandonati abusivamente, rendono più difficile il riconoscimento di pericoli immediati, quali tombinature aperte, rifiuti tossici, infiammabili, collegamenti elettrici ancora attivi, ecc.

In alcune tipologie di siti contaminati, è possibile la presenza di insediamenti abitativi abusivi; questa situazione introduce altri fattori di imprevedibilità, quali allacciamenti elettrici irregolari, stufette o fornelli a gas, materassi e arredi infiammabili. Altri casi in cui la situazione non è facilmente riconoscibile sono relativi a eventuali saccheggii o "cannibalizzazioni" di macchine e attrezzature in siti industriali dismessi; infatti, generalmente sono prelevati materiali da recupero quali materiali ferrosi, fili elettrici, tombinature o coperture di pozzi, cisterne, ecc. Inoltre, il prelievo illecito di parti strutturali di tettoie, edifici, magazzini può compromettere la staticità delle strutture, apportando un rischio per la sicurezza degli addetti al sopralluogo.

Con il sopralluogo conoscitivo è necessario raccogliere tutte le informazioni visive, che siano in grado di:

- fornire maggiori indicazioni riguardo i punti elencati nella precedente fase,
- avvalorare le informazioni contenute nella documentazione raccolta.

c) Pulizia e sgombero.

La fase di pulizia dell'area è altrettanto delicata, anche per le modalità sommarie con cui spesso viene svolta. Questa fase può, in alcuni casi, precedere il sopralluogo conoscitivo svolto dai consulenti incaricati, proprio per consentire loro una stima della situazione in condizioni di massima visibilità dell'area.

Solitamente vengono incaricate imprese specializzate per lo sgombero e la pulizia; queste intervengono con mezzi pesanti (ruspe, camion, ecc.) asportando materiali abbandonati, vegetazione, macchine, arredi, rifiuti di ogni genere. I materiali di sgombero vengono accatastati temporaneamente in cumuli, in vari punti dell'area, a seconda della tipologia, per il recupero e il trasporto. Qualora necessario, vengono ripristinati o realizzati percorsi per garantire la viabilità e la circolazione dei mezzi d'opera in sicurezza. In questa fase non sono incluse tutte le attività che prevedono la movimentazione di terreno.

d) Elaborazione del modello concettuale preliminare.

Il modello concettuale preliminare è realizzato, sulla base delle informazioni storiche disponibili, prima dell'inizio del Piano di investigazione, nonché di eventuali indagini condotte nelle varie matrici ambientali nel corso della normale gestione del sito. Con il modello concettuale preliminare vengono infatti descritte:

- caratteristiche specifiche del sito in termini di potenziali fonti della contaminazione;
- estensione, caratteristiche e qualità preliminari delle matrici ambientali influenzate dalla presenza dell'attività esistente o passata svolta sul sito;
- potenziali percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati;
- caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi superficiali e profondi.

Tale modello deve essere elaborato, prima di condurre l'attività di campo, in modo da guidare la definizione del Piano di investigazione.

Tale elaborazione permette, inoltre, di evidenziare gli interventi più urgenti da attuare per la messa in sicurezza delle fonti di pericolo ambientali e strutturali.

e) Elaborazione del piano di investigazione iniziale.

L'elaborazione del Piano di investigazione iniziale comprende: indagini, campionamenti e analisi da svolgere mediante prove in sito ed analisi di laboratorio e ogni altra indagine, campionamento e analisi finalizzati alla definizione dello stato ambientale del sottosuolo e dei livelli di concentrazione accettabili per il terreno e per le acque sotterranee (paragrafo 1.B.3).

1.B.2 Allestimento cantiere

I principali interventi che si svolgono in fase di allestimento del cantiere sono riportati in Tabella 3. In particolare, l'area viene contrassegnata con segnaletica di divieto di accesso ai non addetti ai lavori e di avvertimento e delimitata per l'intero perimetro. Al fine di regolare la circolazione dei veicoli, viene indicato il senso di marcia dei percorsi interni, vengono delimitate le zone di passaggio da mantenere stabilmente sgombero, definite le vie di fuga. Queste disposizioni sono comunicate a tutte le imprese che transitano nell'area.

Per la delimitazione interna di zone pericolose o interdette vengono utilizzate transenne mobili e/o barriere in nastro bicolore (giallo-nero, bianco-rosso).

Vengono evidenziate le zone di pericolo di crollo di strutture o sprofondamento in cavità sottostanti, tenendo in considerazione il tipo di mezzi che nel tempo si avvicineranno nel sito.

Gli elementi di cui sopra devono essere riportati nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) o nel Documento Unico di Valutazione dei Rischi da Interferenze (DUVRI) e resi noti a tutte le imprese che svolgeranno la loro attività nell'area.

Tabella 3: Allestimento cantiere

Attività : "ALLESTIMENTO CANTIERE"
TIPOLOGIA SPECIFICA DI INTERVENTO
Recinzione dell'area di cantiere
Decespugliamento/sgombero materiali sopra terra
Rilevazione ordigni bellici
Verifica collegamenti elettrici
Scavi e fondazioni, allestimento piste e viabilità di cantiere
Scollegamento utilities esterne
Taglio e sigillatura condutture
Verifica statica
Puntellamento/ consolidamento
Demolizioni
Confezionamento/caricamento/allontanamento materiali di risulta/rifiuti
Rilevazione sorgenti ionizzanti
Montaggio/smontaggio opere provvisorie
Montaggio/smontaggio impianti tecnologici e attrezzature
Reinterro
Installazione/rimozione prefabbricati

1.B.3 Indagine del sito e modello concettuale definitivo

Secondo quanto contenuto nell'allegato 2, Titolo V, parte quarta del D.Lgs. 152/2006, il piano di indagini dovrà contenere una dettagliata descrizione delle attività che saranno svolte in campo ed in laboratorio per la caratterizzazione ambientale del sito. Il proponente dovrà includere in tale documento le specifiche tecniche per l'esecuzione delle attività (procedure di campionamento, misure di campo, modalità di identificazione, conservazione e trasporto dei campioni, metodiche analitiche, ecc.) che una volta approvate dalle Autorità Competenti, prima dell'inizio dei lavori, costituiranno il protocollo applicabile per la caratterizzazione del sito.

Il piano di indagine ha l'obiettivo di:

- verificare l'esistenza di inquinamento di suolo, sottosuolo e acque sotterranee;
- definire il grado e l'estensione volumetrica dell'inquinamento;
- delimitare il volume delle aree di interrimento di rifiuti;

- individuare le possibili vie di dispersione e migrazione degli inquinanti dalle fonti verso i potenziali ricettori;
- ricostruire le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area al fine di sviluppare il modello concettuale definitivo del sito;
- ottenere i parametri necessari a condurre nel dettaglio l'analisi di rischio sito specifica;
- individuare i possibili ricettori.

Nel piano di indagine devono essere quindi definiti:

- l'ubicazione e tipologia delle indagini da svolgere, sia di tipo diretto, quali carotaggi del terreno e rilievi piezometrici, sia indiretto, come i rilievi geofisici;
- il piano di campionamento di suolo, sottosuolo, rifiuti e acque sotterranee;
- il piano di analisi chimico-fisiche e le metodiche analitiche;
- la profondità da raggiungere con le perforazioni, assicurando la protezione degli acquiferi profondi ed evitando il rischio di contaminazione indotta dal campionamento;
- le metodologie di interpretazione e restituzione dei risultati.

In alcuni casi può essere utile effettuare una *Indagine preliminare del sito* per valutare in prima approssimazione la natura e l'estensione della contaminazione. In questa fase si fa ricorso a tecniche di indagine indiretta e ad analisi dirette di alcuni parametri guida [de Fraja Frangipane et al., 1994].

In fase di indagine del sito possono essere messi in atto uno o più degli interventi riportati in Tabella 4, in funzione principalmente di:

- tipologia dei comparti ambientali potenzialmente coinvolti dalla contaminazione;
- tipologia del sito contaminato;
- tessitura del terreno presente in zona satura e/o insatura;
- risorse economiche disponibili;
- tempi richiesti per lo svolgimento della attività in oggetto.

Tabella 4: Indagine del sito

Attività : "INDAGINE DEL SITO"			
TIPOLOGIA SPECIFICA DI INTERVENTO			
Indagini indirette (*)	SUOLO	Indagini geofisiche mediante metodi elettrici, elettromagnetici, magnetici e termici	
		Indagini geofisiche mediante metodi sismici	
Indagini dirette (*)	ATTIVITA' PRELIMINARI	Indagine con cercaservizi o georadar (per accertarsi dell'assenza di servizi interrati nel punto di campionamento)	
	SUOLO	Rilievi topografici e ubicazione dei sondaggi	
		Campionamento in Top Soil (0-30 cm) (Scavo per mezzo di utensili manuali)	
		Peforazione in Suolo Superficiale (max 2-3 m da p.c.)	con mezzi manuali (es. trivella o carotatore manuale)
			con mezzi meccanici (es. pala meccanica)
		Campionamento in Suolo Profondo (> 2-3 m da p.c.) (Perforazione con carotatore a rotazione/percussione)	
		Prelievo e confezionamento del campione	
		Analisi in campo di parametri fisico-chimici del terreno	
	ACQUE SOTTERRANEE	Installazione del piezometro	
		Operazioni di spurgo del piezometro	
		Operazioni di campionamento dell'acqua di falda	
		Prelievo e confezionamento del campione	
		Analisi in campo di parametri fisico-chimici delle acque	
	GAS NEL SUOLO	Campionamento PASSIVO e SEMI-PASSIVO	
		Campionamento ATTIVO (manuale o meccanizzato)	
	ARIA (INDOOR e OUTDOOR)	Indagini di screening (es. Detector a ionizzazione di fiamma (FID) o Detector a fotoionizzazione (PID))	
		Indagini analitiche di campo (es. con utilizzo di un sistema separativo cromatografico portatile)	
		Campionamento diretto (es. Campionamento con pipettoni a due vie o mediante canister)	
		Campionamento indiretto (es. Campionamento attivo con tubi adsorbenti, o passivo)	
	ATTIVITA' CONCLUSIVE	Installazione e gestione di apparecchiature/strumenti fissi per il monitoraggio in continuo	
Chiusura e ripristino aree di lavoro			
Confezionamento, caricamento e smaltimento materiali e rifiuti prodotti			

(*) Le indagini dirette vengono realizzate mediante prelievi ed analisi di campioni o con misure strumentali in situ, mentre le indagini indirette sono basate su tecniche geofisiche e/o di telerilevamento.

Sulla base dei risultati del Piano di Indagini, in alcuni casi può risultare necessario procedere con la predisposizione di *indagini integrative* mirate alla migliore definizione del Modello concettuale definitivo del sito. Tali indagini possono includere: ulteriori campionamenti e analisi di terreno e

acque sotterranee, prove specifiche per verificare la stabilità e la mobilità dei contaminanti (test di permeabilità, test di cessione, ecc.), prove e test in sito per verificare l'attenuazione naturale dei contaminanti nel terreno e nelle acque sotterranee.

Tutti i risultati analitici ricavati nel corso delle fasi di indagine costituiscono la base per la predisposizione del *Modello concettuale definitivo*, che include:

- le caratteristiche specifiche del sito in termini di stato delle potenziali fonti della contaminazione (attive, non attive, in sicurezza, ecc.);
- il grado ed estensione della contaminazione del suolo, del sottosuolo, delle acque superficiali e sotterranee del sito e dell'ambiente da questo influenzato;
- i percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati nello scenario attuale (siti in esercizio) o nello scenario futuro (in caso di riqualificazione dell'area);
- nel caso di siti in esercizio, le informazioni necessarie per stabilire le priorità di intervento per la eventuale verifica dell'esistenza di sorgenti primarie di contaminazione e per la messa in sicurezza e bonifica;
- il modello idrogeologico dell'area che descrive in dettaglio le caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi superficiali e profondi in quanto possibili veicoli della contaminazione.

1.B.4 Decommissioning

Con il termine *decommissioning* si comprendono tutte le attività di smantellamento di strutture. I principali interventi che si svolgono in fase di *decommissioning* del sito sono riportati in Tabella 5.

Tabella 5: Decommissioning del sito

Attività : "DECOMMISSIONING DEL SITO"	
TIPOLOGIA SPECIFICA DI INTERVENTO	
Attività preliminari	a) Svuotamento serbatoi, contenitori di prodotti chimici e/o pericolosi, tubazioni (interrate e non, anche mediante depressurizzazione e drenaggio)
	b) Smontaggio coperture, coibentazioni, condotte, accoppiamenti contenenti amianto
	c) Rimozione tubazioni, cavi interrati, installazioni elettriche e trasformatori
	d) Confezionamento imballaggi materiali di cui alle attività a), b) e c) (se non recuperabili)
	e) Messa in sicurezza, se a fini recupero, dei materiali di cui alle attività c) (se recuperabili)
	f) Caricamento e allontanamento materiali di cui all'attività d)
Demolizioni /smontaggi	g) Smontaggio/demolizione impianti in acciaio
	h) Smontaggio/demolizione edifici
	i) Smontaggio/demolizione camini
	l) Deposito/confezionamento materiali di cui alle attività da g) a i)
	m) Recupero in/on-site di materiali di cui alle attività da g) a i)
	n) Caricamento ed allontanamento materiali provenienti dalla attività da g) a l) (se non recuperabili)

1.B.5 Messa in sicurezza

Gli interventi di messa in sicurezza sono finalizzati alla rimozione e all'isolamento delle fonti inquinanti, e al contenimento della diffusione degli inquinanti per impedirne il contatto con l'uomo e con i recettori ambientali circostanti. Il D.Lgs. 152/2006 definisce *Messa In Sicurezza d'Emergenza* (MISE): ogni intervento immediato o a breve termine, da mettere in opera nelle condizioni di emergenza², in caso di eventi di contaminazione repentini di qualsiasi natura, atto a contenere la diffusione delle sorgenti primarie di contaminazione, impedirne il contatto con altre matrici presenti nel sito e a rimuoverle, in attesa di eventuali ulteriori interventi di bonifica o di messa in sicurezza operativa o permanente. In tali casi devono essere previste attività di monitoraggio e controllo finalizzate a verificare il permanere nel tempo delle condizioni che assicurano la protezione ambientale e della salute pubblica.

Di seguito vengono riportate le principali tipologie di interventi di messa in sicurezza d'emergenza relative ai comparti ambientali suolo saturo e insaturo:

- pompaggio di liquidi inquinanti galleggianti, disciolti o depositati in acquiferi superficiali o sotterranei;
- installazione di recinzioni, segnali di pericolo e altre misure di sicurezza e sorveglianza;
- installazione di trincee drenanti di recupero e controllo;
- costruzione o stabilizzazione di argini;
- copertura o impermeabilizzazione temporanea di suoli e fanghi contaminati.

Messa In Sicurezza Operativa (MISO) è definita come l'insieme degli interventi, eseguiti in un sito con attività in esercizio o in siti per i quali sono verificati i requisiti stabiliti dalla normativa vigente per l'utilizzo di tale tipologia di intervento, atti a garantire un adeguato livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente, in attesa di ulteriori interventi di Messa In Sicurezza Permanente o bonifica da realizzarsi alla cessazione dell'attività. Essi comprendono altresì gli interventi di contenimento della contaminazione da mettere in atto in via transitoria fino all'esecuzione della bonifica o della messa in sicurezza permanente, al fine di evitare la diffusione della contaminazione all'interno della stessa matrice o tra matrici differenti. In tali casi devono essere predisposti idonei piani di monitoraggio e controllo che consentano di verificare l'efficacia delle soluzioni adottate.

Le misure di Messa In Sicurezza Operativa si distinguono in [D.Lgs. 152/2006]:

1. Misure mitigative, attuate in particolare con:
 - a) sistemi fissi o mobili di emungimento e recupero con estrazione monofase o plurifase;
 - b) trincee drenanti;
 - c) sistemi di ventilazione del sottosuolo insaturo e degli acquiferi ed estrazione dei vapori;
 - d) sistemi gestionali di pronto intervento in caso di incidente che provochi il rilascio di sostanze inquinanti sul suolo, sottosuolo, corpi idrici.
2. Misure di contenimento. Esse si dividono in:
 - 2.1 Misure di sbarramento passive di natura fisica o statica
 - a) barriere o diaframmi verticali in acciaio o in altri materiali impermeabili; essi possono essere realizzati mediante infissione, escavazione, gettiniezione, iniezione;
 - b) congelamento, miscelazione in situ, o misti di due o più delle precedenti tipologie;
 - c) sistemi di impermeabilizzazione sotterranei e di immobilizzazione degli inquinanti.

² Condizioni di emergenza: gli eventi al verificarsi dei quali è necessaria l'esecuzione di interventi di emergenza, quali ad esempio: concentrazioni attuali o potenziali dei vapori in spazi confinati prossime ai livelli di esplosività o idonee a causare effetti nocivi acuti alla salute; presenza di quantità significative di prodotto in fase separata sul suolo o in corsi di acqua superficiali o nella falda; contaminazione di pozzi ad utilizzo idropotabile o per scopi agricoli; pericolo di incendi ed esplosioni.

2.2 Misure di sbarramento attive di natura idraulica o dinamica:

- a) sbarramenti realizzati con pozzi di emungimento con pompaggio adeguato ad intercettare il flusso di sostanze inquinanti presenti nelle acque sotterranee;
- b) trincee di drenaggio delle acque sotterranee possibilmente dotate di sistemi di prelievo di acque contaminate;
- c) sistemi idraulici di stabilizzazione degli acquiferi sotterranei.

2.3 Misure di sbarramento reattive di natura chimica. Queste operano l'abbattimento delle concentrazioni degli inquinanti nelle acque di falda mediante sistemi costituiti da sezioni filtranti in cui vengono inseriti materiali in grado di degradare i contaminanti (barriere reattive permeabili).

Messa In Sicurezza Permanente (MISP) è l'insieme degli interventi atti a isolare, in modo definitivo, le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti e a garantire un elevato e definitivo livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente. In tali casi devono essere previsti piani di monitoraggio e controllo e limitazioni d'uso rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici. Le tecniche di isolamento superficiale, perimetrale e del fondo sono analoghe a quelle descritte sopra. Una sintesi di quanto detto è riportata in Tabella 6.

Tabella 6: Messa in sicurezza del sito

Attività : "MESSA IN SICUREZZA D'EMERGENZA, OPERATIVA, PERMANENTE"		
TIPOLOGIA SPECIFICA DI INTERVENTO		
MISURE GENERALI	Installazione di recinzioni, segnali di pericolo	
	Misure di sorveglianza	
	Attività di monitoraggio e controllo	
MESSA IN SICUREZZA D'EMERGENZA (MISE), OPERATIVA (MISO) O PERMANENTE (MISP)	SUOLO	Isolamento superficiale (copertura)
		Contenimento perimetrale provvisorio (es. palancole)
		Contenimento e raccolta liquidi sversati
		Svuotamento e/o rimozione bidoni/vasche/serbatoi/fusti
		Impermeabilizzazione fondo
		Costruzione o stabilizzazione di argini
		Sistemi di ventilazione del sottosuolo insaturo ed estrazione dei vapori
	ACQUE SOTTERRANEE	Sistemi fissi o mobili di emungimento e recupero con estrazione monofase o plurifase
		Sistemi di confinamento idraulico (es. trincee drenanti)
		Sistemi di ventilazione degli acquiferi ed estrazione dei vapori
		Sistemi di confinamento fisico (es. barriere o diaframmi verticali realizzati mediante infissione, escavazione, gettiniezione, iniezione, congelamento, miscelazioni in situ)
		Sistemi di impermeabilizzazione sotterranei e di immobilizzazione degli inquinanti
		Sbarramenti realizzati con pozzi di emungimento
		Sistemi idraulici di stabilizzazione degli acquiferi sotterranei
		Barriere reattive permeabili

1.B.6 Bonifica

Secondo il D.Lgs. 152/2006, con il termine "bonifica" si comprende l'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle stesse presenti nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee ad un livello uguale o inferiore ai valori delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR).

Gli interventi di bonifica si distinguono in:

- *Trattamenti on/off site*. Questi consistono nell'estrazione del terreno inquinato e nel trattamento dello stesso in un impianto mobile o trasportabile in loco (*on site*) o in un impianto fisso altrove (*off site*). Il materiale viene quindi escavato, trattato e poi generalmente rideposto nel sito originario. Tali tecniche di trattamento consentono un controllo diretto, e quindi più efficace, del processo e dei risultati dell'intervento; di contro comportano costi elevati e maggiori rischi per l'uomo e l'ambiente in fase di scavo.
- *Trattamenti in situ*. Questi avvengono direttamente nel volume contaminato e non comportano quindi escavazione o movimentazione di terreno.

Inoltre, gli interventi di bonifica si possono distinguere in:

- Trattamenti chimico-fisici,
- Trattamenti termici,
- Trattamenti biologici.

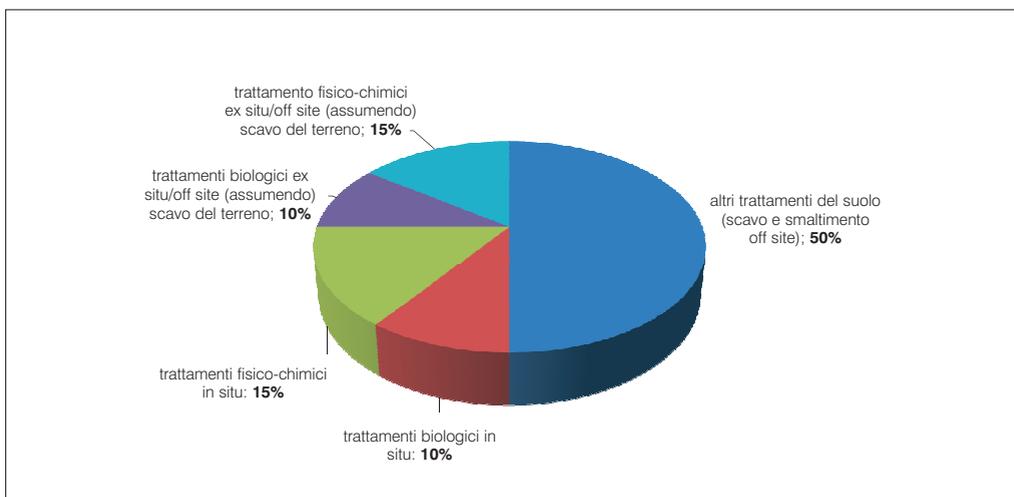
Una sintesi di quanto detto è riportata in Tabella 7.

Tabella 7: Bonifica del sito

Attività : "BONIFICA DEL SITO"		
TIPOLOGIA SPECIFICA DI INTERVENTO		
SUOLO	in situ	Messa in opera e gestione sistemi di trattamento chimico-fisici
		Messa in opera e gestione di trattamenti termici
		Messa in opera e gestione di trattamenti biologici
	on site/ off site	Scavo e trasporto in area di cantiere
		Gestione aree di deposito/stoccaggio in cantiere
		Messa in opera e gestione impianti di trattamenti chimico-fisici
		Messa in opera e gestione impianti di trattamento termico
		Messa in opera e gestione im pianti di trattamento biologico
		Caricamento, trasporto e smaltimento in discarica
ACQUE SOTTERRANEE	Realizzazione e gestione pozzi iniezione e/o estrazione	
	Messa in opera e gestione impianti di trattamento fisico	
	Messa in opera e gestione im pianti di trattamento chimico	
	Messa in opera e gestione impianti di trattamento biologico	

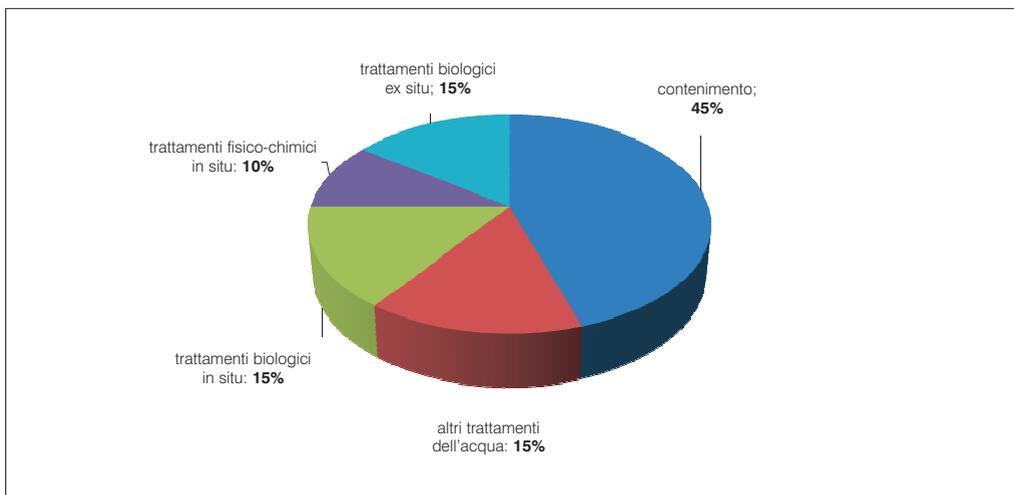
Nel seguito viene effettuata una breve rassegna delle principali tecnologie di bonifica. Si ritiene comunque opportuno sottolineare che, per quanto riguarda la contaminazione del suolo insaturo, attualmente in Italia, come risulta dai dati raccolti da ISPRA per EIONET [ISPRA, 2012], circa il 75% degli interventi di bonifica avvengono on/off site (quindi con scavo del terreno inquinato), di cui il 50% consistono nello scavo e nel conferimento di terreno inquinato in discarica. Riguardo alle acque di falda si deve rilevare un quadro analogo, con il ricorso nel 50% dei casi ad interventi di pompaggio e trattamento in impianti on/off site.

Figura 1: Interventi per la riduzione del rischio su suolo, sedimenti e fanghi



Fonte: ISPRA, 2012 (modificato)

Figura 2: Interventi per la riduzione del rischio su acque di falda



Fonte: ISPRA, 2012 (modificato)

Trattamenti Chimico-Fisici

- *Estrazione con solvente*: un solvente viene miscelato al suolo per trasferire in fase liquida l'inquinante, in seguito separato, mentre il solvente viene riciclato. Tale tecnica è applicabile a terreni a permeabilità medio-alta e agisce sulla zona insatura di suolo. Il processo è soddisfacente soprattutto per composti idrocarburici, anche se ha un costo elevato. Può essere sia *on/off site* che *in situ*.
- *Lavaggio del suolo (Soil washing)*: consiste nel far circolare nel suolo insaturo acqua pura o additivata con solventi organici, tensioattivi, acidi o basi, allo scopo di far passare in soluzione gli inquinanti presenti nel suolo stesso. I terreni devono avere una permeabilità medio-alta. Può essere applicato a metalli pesanti, idrocarburi, PCBs, benzine e gasoli. Può essere sia *on/off site* che *in situ*.
- *Air sparging*: tale tecnologia comporta l'immissione di aria compressa nella zona satura di suolo, al di sotto del livello contaminato, in modo da permettere la rimozione dei componenti organici volatili dell'acqua di falda. I composti sensibili a tale intervento sono, ad esempio, i BTEX, le benzine e gli alcoli. Il suolo deve avere una conducibilità idraulica > 5-10 cm/s.
- *Iniezione di vapore nella zona satura (Steam sparging)*: tale tecnologia comporta l'uso di una miscela di aria in pressione e di vapore da immettere nella zona satura attraverso una sezione di tubo fessurato, generalmente al di sotto del limite inferiore della contaminazione. L'aumento di temperatura comporta un aumento della solubilità del contaminante. L'acqua di falda viene poi estratta per pompaggio. Si applica in caso di contaminanti volatili o semi-volatili. Il suolo deve avere una conducibilità idraulica > 5-10 cm/s.
- *Separazione elettrocinetica*: tecnica basata sull'applicazione di un campo elettrico per mezzo di elettrodi infissi nel suolo che comporta la diffusione e migrazione di ioni verso gli elettrodi. Gli ioni metallici e i composti organici adsorbiti sulla superficie dei grani di terreno possono essere scambiati con gli ioni idrogeno e migrare verso il catodo. Gli anioni e i cationi presenti in soluzione saranno attratti dai rispettivi elettrodi secondo i principi dell'elettrochimica. Lo spostamento degli ioni avviene a causa di tre fenomeni elettrochimici principali: l'elettromigrazione, l'elettroforesi e l'elettrosmosi. È una tecnica applicata principalmente a terreni argillosi (bassa permeabilità ed elevata capacità di scambio cationico) e risulta molto efficace nel caso di contaminanti inorganici. Data la natura argillosa della matrice solida, con forte eccesso di carica negativa alla superficie, si ha la generazione di un fronte acido, di entità molto maggiore rispetto al fronte basico, che favorisce la mobilitazione delle sostanze adsorbite alla matrice solida (*deadsorbimento*).
- *Ventilazione del suolo (Soil venting)*: tecnica di bonifica dai composti organici volatili (COV) della zona insatura di terreni a permeabilità medio-alta, che consiste in un circuito (facente capo a uno o più pozzi di aspirazione collegati ad un aspiratore) costituito da condotte forate e collettori che stabiliscono un gradiente forzato di pressione in diverse zone del suolo e che catturano in superficie i vapori, inviandoli ad un impianto di trattamento dei gas. Un aumento dell'efficienza è ottenibile isolando la superficie del suolo con teli impermeabili.

Trattamenti Termici

- *Desorbimento termico*: è costituito da pluralità di processi capaci di vaporizzare sostanze organiche volatili e semi-volatili dai suoli. Possono essere sia *on/off site* che *in situ*. Si hanno tre tipologie:
 - Estrazione per riscaldamento diretto. Questo trattamento si attua mediante l'utilizzo di forni, generalmente a tamburo rotante, con temperature di esercizio variabili tra 150 °C e 300 °C (tecnologia *on/off site*).
 - Estrazione per riscaldamento indiretto. Con questa tecnica si trasferisce calore al terreno attraverso superfici metalliche di scambio (temperatura di esercizio inferiore a 315 °C) (tecnologia *on/off site*).

- Estrazione con vapore "in situ". Questa tecnica prevede l'impiego di tubi e iniettori di vapore e di aria calda direttamente nel terreno (temperatura di esercizio di circa 230 °C).
- *Incenerimento o termodistruzione*: consiste in una combustione controllata in condizioni ossidanti del terreno contaminato. Grazie a tale processo i composti organici vengono completamente distrutti e alcuni inorganici (cianuri, solfuri) vengono decomposti e ossidati in prodotti non tossici. Comunemente vengono utilizzati: forni a tamburo rotante (850-1200 °C), forni ad infrarosso (500-1050 °C), forni a letto fluido (800-900 °C). Nella maggior parte dei casi è applicata *on/off site*. Una particolare applicazione *in situ* di questa tecnica è la vetrificazione, che consiste nel riscaldamento del terreno fino alla temperatura di fusione, attorno ai 1200-2000°C (termodistruzione), mediante l'infissione di elettrodi ad alta tensione, e al successivo rapido raffreddamento in modo da ottenere un ammasso amorfo e vetroso inerte (immobilizzazione).

Trattamenti Biologici

- *Bonifica biologica (Bioremediation)* avviene per mezzo del ricircolo nella zona satura di una soluzione contenente: microrganismi (selezionati in modo da degradare i particolari inquinanti organici presenti), nutrienti (azoto e fosforo) e ossigeno. Questa tecnica biodegrada le molecole inquinanti fino alla riduzione teorica a biossido di carbonio e acqua. La soluzione di acqua, microrganismi, nutrienti e ossigeno viene immessa nel terreno a monte della zona inquinata e viene recuperata a valle. La soluzione captata a valle viene trattata in vasca di depurazione, poi arricchita di ossigeno e nutrienti e reimpressa a monte. Si applica a tutti i composti biodegradabili. Il terreno deve avere una permeabilità medio-alta. Tale tecnologia si applica *in situ*.
- *Bioventilazione (Bioventing)* avviene per mezzo dell'immissione nella zona insatura di aria (alla quale può essere addizionato ossigeno) che permette la fioritura dei microrganismi. Può essere anche presente un sistema di irrigazione superficiale o *subsuperficiale* (mediante trincee o gallerie) dell'area per il mantenimento dell'umidità ottimale e dei nutrienti e altri reagenti (alimentati in forma solubile con l'acqua). Si applica a tutti i composti biodegradabili. Il terreno deve avere una permeabilità medio-alta. Tale tecnologia si applica *in situ*.
- *Landfarming* è una tecnologia *on site* che consiste nella realizzazione di un bacino di trattamento confinato da argini e parzialmente interrato. Alla superficie di fondo vengono sovrapposti alcuni strati di materiale; in genere, si ha uno strato di base di argilla (per evitare la propagazione nel sottosuolo della contaminazione), uno strato di sabbia (20-30 cm) intercalata con una rete drenante (per la raccolta del percolato) e uno strato di 20-60 cm di terreno contaminato da trattare.
- *Compostaggio* è una tecnologia *on site* che consiste nella realizzazione di cumuli di terreno contaminato, la cui areazione può avvenire mediante il rivoltamento periodico dei terreni contaminati oppure mediante l'insufflazione di ossigeno con un sistema di areazione forzata.
- *Bioreattori* sono una tecnologia *on/off site* che prevede, in genere, una iniziale separazione del terreno in frazione fine, che viene poi trattata in un reattore a fase semisolida (contenuto d'acqua del 40-90%), e frazione grossolana, che viene trattata tramite *landfarming*, compostaggio o un reattore in fase solida (contenuto d'acqua del 10-20%). Nei due tipi di reattore vengono addizionati i nutrienti e la miscela viene agitata e areata continuamente. In genere, l'attività biologica del secondo reattore è ridotta rispetto a quella del primo a causa delle non ottimali condizioni di processo (in particolare in termini di umidità).

1.B.7 Monitoraggio Ambientale

Secondo quanto riportato in allegato 3, al Titolo V, parte quarta del D.Lgs. 152/06, le azioni di monitoraggio e controllo devono essere effettuate nel corso e al termine di tutte le fasi previste per la

messa in sicurezza, per la bonifica e per il ripristino ambientale del sito inquinato, al fine di verificare l'efficacia degli interventi nel raggiungere gli obiettivi prefissati. In particolare il monitoraggio deve essere effettuato:

- al termine delle azioni di messa in sicurezza d'emergenza e operativa;
- a seguito della realizzazione delle misure di sicurezza a valle della bonifica, per verificare che: i valori di contaminazione nelle matrici ambientali influenzate dal sito corrispondano ai livelli di concentrazione residui accettati in fase di progettazione; non siano in atto fenomeni di migrazione dell'inquinamento; sia tutelata la salute pubblica;
- nel corso delle attività di bonifica/messa in sicurezza permanente per verificare la congruità con i requisiti di progetto;
- a seguito del completamento delle attività di bonifica/messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale, per verificare, durante un congruo periodo di tempo, l'efficacia dell'intervento di bonifica e delle misure di sicurezza.

1.B.8 Ripristino Ambientale

Con la dicitura "ripristino ambientale" si intende l'insieme degli interventi di riqualificazione ambientale e paesaggistica, anche complementari agli interventi di bonifica o messa in sicurezza permanente, che consentono di recuperare il sito alla effettiva e definitiva fruibilità per la destinazione d'uso conforme agli strumenti urbanistici.

Allegato 1.C

Soggetti coinvolti nella gestione della salute e sicurezza nei cantieri temporanei e mobili

Il *Committente* (o il *Responsabile dei Lavori* - RL), nelle fasi di progettazione dell'opera deve attenersi a principi e misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro (art. 15 del D.Lgs. 81/2008) e a determinati obblighi specifici (art. 90¹), di seguito riportati.

Il Committente (o il Responsabile dei lavori), nella fase di progettazione dell'opera, prende in considerazione il Piano di Sicurezza e di Coordinamento (PSC) e il Fascicolo adattato alle caratteristiche dell'opera (art. 90, comma 2).

Nei cantieri in cui è prevista la presenza di più imprese esecutrici, anche non contemporanea, il committente (o il responsabile dei lavori) designa:

- il Coordinatore per la progettazione (CSP), nella fase della progettazione dell'opera,
- il Coordinatore per l'esecuzione dei lavori (CSE), prima dell'affidamento dei lavori,

e ne comunica il nominativo alle imprese affidatarie, alle imprese esecutrici e ai lavoratori autonomi.

Sia il CSP che il CSE devono essere in possesso dei requisiti di cui all'art. 98 del D.Lgs. 81/2008. Il Committente (o il Responsabile dei lavori), qualora anch'esso in possesso dei requisiti previsti dall'art. 98, ha facoltà di svolgere le funzioni sia del CSP che del CSE e di sostituirsi ad essi in qualsiasi momento. Ha comunque sempre facoltà di sostituire tali figure con soggetti terzi qualificati.

Il committente (o il responsabile dei lavori), anche nel caso di affidamento dei lavori ad un'unica impresa o ad un lavoratore autonomo, ha il compito di:

- a) Verificare l'idoneità tecnico-professionale delle imprese affidatarie, delle imprese esecutrici e dei lavoratori autonomi in relazione alle funzioni o ai lavori da affidare, con le modalità illustrate all'allegato XVII del D.Lgs. 81/2008. Nei cantieri la cui entità presunta è inferiore a 200 uomini/giorno, e i cui lavori non comportano rischi particolari di cui all'allegato XI, la verifica dell'idoneità tecnico-professionale si considera soddisfatta mediante presentazione del Certificato di iscrizione alla Camera di commercio, industria e artigianato e del Documento Unico di Regolarità Contributiva (DURC), corredato da autocertificazione in ordine al possesso degli altri requisiti previsti dall'allegato XVII.
- b) Chiedere alle imprese esecutrici una dichiarazione dell'organico medio annuo, distinto per qualifica, corredata dagli estremi delle denunce dei lavoratori effettuate all'Istituto Nazionale della Previdenza Sociale (INPS), all'Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL) e alle Casse edili, nonché una dichiarazione relativa al contratto collettivo stipulato dalle organizzazioni sindacali comparativamente più rappresentative, applicato ai lavoratori dipendenti. Nei cantieri la cui entità presunta è inferiore a 200 uomini-giorno e i cui lavori non comportano rischi particolari di cui all'allegato XI del D.Lgs. 81/2008, il requisito di cui al periodo che precede si considera soddisfatto mediante presentazione da parte delle imprese del DURC, fatto salvo quanto previsto dall'articolo 16-bis, comma 10, del D.L. 185/2008, convertito, con modificazioni, dalla Legge 28 gennaio 2009, n. 2, e dell'autocertificazione relativa al contratto collettivo applicato.

¹ Nel presente allegato, laddove non specificato il riferimento legislativo, ci si riferisca al D.Lgs. 81/2008.

- c) Trasmettere all'amministrazione concedente, prima dell'inizio dei lavori oggetto del permesso di costruire o della denuncia di inizio attività, copia della notifica preliminare (art. 99), il DURC delle imprese e dei lavoratori autonomi, fatto salvo quanto previsto dall'articolo 16-bis, comma 10, del D.L. 185/2008, e una dichiarazione attestante l'avvenuta verifica della ulteriore documentazione di cui alle lettere a) e b).

Nell'ambito dei contratti pubblici relativi a lavori nei settori ordinari, la figura del committente è identificabile con il *Responsabile Unico del Procedimento per la realizzazione di lavori pubblici* (RUP). In tale ambito, oltre agli obblighi sopra riportati, il RUP ha i seguenti compiti in materia di salute e sicurezza sul lavoro (D.P.R. 207/2010, artt. 9, 10):

- provvede a creare le condizioni affinché il processo realizzativo dell'intervento risulti condotto in modo unitario in relazione ai tempi e ai costi preventivati, alla qualità richiesta, alla manutenzione programmata, alla sicurezza e alla salute dei lavoratori ed in conformità di qualsiasi altra disposizione di legge in materia;
- adotta gli atti di competenza a seguito delle iniziative e delle segnalazioni del CSE sentito il direttore dei lavori;
- assume il ruolo di responsabile dei lavori, ai fini del rispetto delle norme sulla sicurezza e salute dei lavoratori sui luoghi di lavoro.

Il RUP di norma ha i compiti e le responsabilità in qualità di committente [art. 90], la verifica dell'adempimento degli obblighi dei coordinatori per la progettazione (CSP) e dei coordinatori per l'esecuzione (CSE) (art. 93, comma 2), quelli legati alla notifica preliminare (art. 99, comma 1) e alla trasmissione del piano di sicurezza e di coordinamento (PSC) a tutte le imprese invitate alla gara di affidamento (art. 101, comma 1).

Inoltre, nello svolgimento dell'incarico di responsabile dei lavori e salvo diversa indicazione, il RUP deve richiedere la nomina del CSP e del CSE e vigilare sulla loro attività, provvedere, sentito il direttore dei lavori (DL) e il CSE, a verificare che l'esecutore corrisponda gli oneri della sicurezza, relativi alle prestazioni affidate in subappalto, alle imprese subappaltatrici senza alcun ribasso.

Il *Coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la progettazione* (Coordinatore per la progettazione – CSP) dell'opera ha i seguenti compiti (art. 91):

- redigere il PSC, secondo quanto previsto all'art. 100 del D.Lgs. 81/2008;
- predisporre un fascicolo adattato alle caratteristiche dell'opera, tranne nel caso di lavori di manutenzione ordinaria, che contenga informazioni utili ai fini della prevenzione e della protezione dai rischi cui sono esposti i lavoratori;
- coordinare l'applicazione delle disposizioni concernenti i principi e le misure generali di tutela illustrate all'art. 15.

Il *Coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la realizzazione* (Coordinatore per l'esecuzione – CSE) secondo quanto previsto all'art 92 del D.Lgs. 81/2008 deve verificare con opportune azioni di coordinamento e controllo i seguenti ambiti:

- l'applicazione delle disposizioni, pertinenti le imprese esecutrici e i lavoratori autonomi, contenute nel Piano di Sicurezza e di Coordinamento (PSC) e la corretta applicazione delle relative procedure di lavoro;
- l'idoneità del Piano Operativo di Sicurezza (POS), considerato come piano complementare di dettaglio del PSC, assicurandone la coerenza con quest'ultimo;
- l'adeguamento, se necessario, da parte delle imprese esecutrici dei rispettivi POS;
- l'attuazione di quanto previsto negli accordi tra le parti sociali al fine di realizzare il coordinamento tra i rappresentanti della sicurezza finalizzato al miglioramento della sicurezza in cantiere.

Inoltre il CSE deve adeguare il PSC e il fascicolo adattato alle caratteristiche dell'opera, in funzione dell'evoluzione dei lavori e delle eventuali modifiche intervenute, valutando le proposte migliorative per la sicurezza in cantiere delle imprese esecutrici, deve organizzare tra i datori di lavoro, ivi compresi i lavoratori autonomi, la cooperazione ed il coordinamento delle attività e la loro reciproca informazione.

Nei casi in cui, dopo l'affidamento dei lavori a un'unica impresa, l'esecuzione di questi o di parte di essi sia affidata a una o più imprese art. 90, comma 5 il CSE, oltre a svolgere i compiti precedentemente visti, redige il PSC e predispone il fascicolo adattato alle caratteristiche dell'opera (art. 91, comma 1, lettere a) e b)).

Il CSE ha il dovere di segnalare al committente o al responsabile dei lavori, previa contestazione scritta alle imprese e ai lavoratori autonomi interessati, le inosservanze in merito a:

- obblighi dei lavoratori autonomi,
- misure generali di tutela,
- obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti,
- obblighi del datore di lavoro dell'impresa affidataria (art. 97, comma 1)
- prescrizioni del Piano di Sicurezza e di Coordinamento (art. 100), ove previsto.

In casi estremi egli propone la sospensione dei lavori o sospende le singole lavorazioni in caso di pericolo grave e imminente direttamente riscontrato fino alla verifica degli avvenuti adeguamenti effettuati, propone l'allontanamento delle imprese o dei lavoratori autonomi dal cantiere, o la risoluzione del contratto. Nel caso in cui il committente o il responsabile dei lavori non adottino alcun provvedimento in merito alla segnalazione, senza fornire idonea motivazione, il CSE comunica l'inadempienza all'Azienda Unità Sanitaria Locale e alla Direzione territoriale del Lavoro competente.

Il *Direttore dei lavori* (DL), sebbene non abbia delle responsabilità direttamente riconducibili alla salute e alla sicurezza dei lavoratori, per il ruolo ricoperto e per i compiti a lui assegnati ha implicazioni indirette nelle questioni di gestione della sicurezza. Ai sensi del D.P.R. n. 207 del 2010 il Direttore dei lavori è il tecnico che verifica che i lavori per i quali è incaricato dal Committente, ovvero da chi ne fa le veci, siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto. Per l'esecuzione di lavori pubblici affidati in appalto, le amministrazioni aggiudicatrici sono obbligate a istituire un ufficio di Direzione dei lavori costituito da un Direttore dei lavori ed eventualmente da assistenti ai sensi dell'art. 130 del D.Lgs. 163/2006.

Il direttore dei lavori è responsabile (D.P.R. 207/2010):

- dell'Ufficio della direzione dei lavori preposto al coordinamento, alla direzione ed al controllo tecnico-contabile dell'esecuzione di ogni singolo lavoro;
- del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto;
- dell'accettazione dei materiali, sulla base anche del controllo quantitativo e qualitativo degli accertamenti ufficiali, delle caratteristiche meccaniche di questi (art. 3, comma 2, Legge 1086/1971), e in aderenza alle disposizioni delle norme tecniche per le costruzioni (Legge 64/1974; D.P.R. 380/2001; Legge 186/2004 e s.m.i.);
- di tutte le attività ed i compiti allo stesso espressamente demandati dal D.Lgs. 163/2006 o dal D.P.R. 207/2010.

Il direttore dei lavori deve, inoltre, verificare periodicamente il possesso e la regolarità da parte dell'esecutore e del subappaltatore della documentazione prevista dalle leggi in materia di obblighi nei confronti dei dipendenti, curare la costante verifica di validità del programma di manutenzione, dei manuali d'uso e di manutenzione, modificandone e aggiornandone i contenuti a lavori ultima-

ti, segnalare al RUP se l'affidatario abbia praticato, per le prestazioni affidate in subappalto, gli stessi prezzi unitari risultanti dall'aggiudicazione, con ribasso superiore al venti per cento (art. 118, comma 4, D.Lgs. 163/2006).

Gli assistenti con funzione di *Ispettori di cantiere*, oltre che a collaborare con il Direttore dei lavori, hanno il compito, tra gli altri, di prestare assistenza al coordinatore per l'esecuzione (art. 150 del D.P.R. 207/2010).

Il *datore di lavoro* deve effettuare la valutazione di tutti i rischi con la conseguente elaborazione del documento di valutazione dei rischi (art. 28 D.Lgs. 81/2008) e deve designare il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP), senza poter delegare tali funzioni (art. 17).

Il suddetto decreto prevede all'art. 18 tutta una serie di obblighi a carico del datore di lavoro, eventualmente delegabili al Dirigente, e che sono:

- nominare il Medico Competente (MC) per l'effettuazione della sorveglianza sanitaria nei casi previsti dal D.Lgs. 81/2008. Per le bonifiche di siti contaminati, anche esaminando solo il caso di agenti chimici e considerando che tale rischio difficilmente sarà irrilevante per la salute o basso per la sicurezza del lavoratore, tale misura sarà da prevedere nella quasi totalità dei casi;
- designare preventivamente i lavoratori incaricati dell'attuazione delle misure di prevenzione incendi e lotta antincendio, di evacuazione dei luoghi di lavoro in caso di pericolo grave e immediato, di salvataggio, di primo soccorso e, comunque, di gestione dell'emergenza;
- affidare i compiti ai lavoratori, tenere conto delle capacità e delle condizioni degli stessi in rapporto alla loro salute e alla sicurezza;
- fornire ai lavoratori i necessari e idonei dispositivi di protezione individuale (DPI), sentiti il RSPP e il MC, ove presente;
- prendere le misure appropriate affinché soltanto i lavoratori che hanno ricevuto adeguate istruzioni e specifico addestramento accedano alle zone che li espongono ad un rischio grave e specifico;
- richiedere l'osservanza da parte dei singoli lavoratori delle norme vigenti, nonché delle disposizioni aziendali in materia di sicurezza e di igiene del lavoro e di uso dei mezzi di protezione collettivi e dei dispositivi di protezione individuali messi a loro disposizione;
- inviare i lavoratori alla visita medica entro le scadenze previste dal programma di sorveglianza sanitaria e richiedere al medico competente l'osservanza degli obblighi previsti a suo carico;
- comunicare tempestivamente al medico competente la cessazione del rapporto di lavoro nei casi di sorveglianza sanitaria previsti all'art. 41;
- adottare le misure per il controllo delle situazioni di rischio in caso di emergenza e dare istruzioni affinché i lavoratori, in caso di pericolo grave, immediato ed inevitabile, abbandonino il posto di lavoro o la zona pericolosa;
- informare il più presto possibile i lavoratori esposti al rischio di un pericolo grave e immediato circa il rischio stesso e le disposizioni prese o da prendere in materia di protezione;
- adempiere agli obblighi di informazione, formazione e addestramento di ciascun lavoratore (artt. 36 e 37);
- astenersi, salvo eccezione debitamente motivata da esigenze di tutela della salute e sicurezza, dal richiedere ai lavoratori di riprendere la loro attività in una situazione di lavoro in cui persiste un pericolo grave e immediato;
- consentire ai lavoratori di verificare, mediante il rappresentante dei lavoratori per la sicurezza (RLS), l'applicazione delle misure di sicurezza e di protezione della salute;
- consegnare tempestivamente al rappresentante dei lavoratori per la sicurezza, su richiesta di questi e per l'espletamento della sua funzione, copia del documento di valutazione dei rischi (art. 17, comma 1, lettera a)), anche su supporto informatico (art. 53, comma 5), nonché con-

- sentire al medesimo rappresentante di accedere ai dati di cui alla lettera r); il documento è consultato esclusivamente in azienda;
- elaborare il documento di valutazione dei rischi da interferenze (art. 26, comma 3 e 3 *ter*), anche su supporto informatico (art. 53, comma 5), e, su richiesta di questi e per l'espletamento della sua funzione, consegnarne tempestivamente copia ai rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza. Il documento è consultato esclusivamente in azienda;
 - prendere appropriati provvedimenti per evitare che le misure tecniche adottate possano causare rischi per la salute della popolazione o deteriorare l'ambiente esterno verificando periodicamente la perdurante assenza di rischio;
 - comunicare in via telematica all'INAIL, nonché per loro tramite, al sistema informativo nazionale per la prevenzione nei luoghi di lavoro (art. 8), entro 48 ore dalla ricezione del certificato medico, a fini statistici e informativi, i dati e le informazioni relativi agli infortuni sul lavoro che comportino l'assenza dal lavoro di almeno un giorno, escluso quello dell'evento e, a fini assicurativi, quelli relativi agli infortuni sul lavoro che comportino un'assenza al lavoro superiore a tre giorni; l'obbligo di comunicazione degli infortuni sul lavoro che comportino un'assenza dal lavoro superiore a tre giorni si considera comunque assolto per mezzo della denuncia (art. 53 del Testo Unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali, di cui al D.P.R. 30 giugno 1965, n. 1124);
 - consultare il rappresentante dei lavoratori per la sicurezza in ordine alla valutazione dei rischi, alla individuazione, programmazione, realizzazione e verifica della prevenzione nella azienda o unità produttiva, alla designazione del responsabile e degli addetti al servizio di prevenzione, alla attività di prevenzione incendi, al primo soccorso, alla evacuazione dei luoghi di lavoro e del medico competente, all'organizzazione della formazione e in occasione della riunione periodica (art. 50, comma 1);
 - adottare le misure necessarie ai fini della prevenzione incendi e dell'evacuazione dei luoghi di lavoro, nonché per il caso di pericolo grave e immediato (art. 43). Tali misure devono essere adeguate alla natura dell'attività, alle dimensioni dell'azienda o dell'unità produttiva, e al numero delle persone presenti;
 - nell'ambito dello svolgimento di attività in regime di appalto e di subappalto, munire i lavoratori di apposita tessera di riconoscimento, corredata di fotografia, contenente le generalità del lavoratore e l'indicazione del datore di lavoro;
 - nelle unità produttive con più di 15 lavoratori, convocare (direttamente o tramite il RSPP) la riunione periodica (art. 35);
 - aggiornare le misure di prevenzione in relazione ai mutamenti organizzativi e produttivi che hanno rilevanza ai fini della salute e sicurezza del lavoro, o in relazione al grado di evoluzione della tecnica della prevenzione e della protezione;
 - comunicare in via telematica all'INAIL, nonché per loro tramite, al sistema informativo nazionale per la prevenzione nei luoghi di lavoro (art. 8), in caso di nuova elezione o designazione, i nominativi dei rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza; in fase di prima applicazione l'obbligo di cui alla presente lettera riguarda i nominativi dei rappresentanti dei lavoratori già eletti o designati;
 - vigilare affinché i lavoratori per i quali vige l'obbligo di sorveglianza sanitaria non siano adibiti alla mansione lavorativa specifica senza il prescritto giudizio d'idoneità.

Il datore di lavoro fornisce al RSPP e al MC informazioni in merito alla natura dei rischi, all'organizzazione del lavoro, alla programmazione e attuazione delle misure preventive e protettive, alla descrizione degli impianti e dei processi produttivi, ai dati e alle informazioni relativi agli infortuni sul lavoro che comportino l'assenza dal lavoro di almeno un giorno oltre quello dell'evento e, a fini assicurativi, agli infortuni sul lavoro che comportino un'assenza al lavoro superiore a tre giorni oltre a quelli relativi alle malattie professionali, ai provvedimenti adottati dagli organi di vigilanza.

Gli obblighi concernenti gli interventi strutturali e di manutenzione necessari per assicurare, ai sensi del D.Lgs. 81/2008, la sicurezza dei locali e degli edifici in uso a pubbliche amministrazioni o a pubblici uffici, ivi comprese le istituzioni scolastiche ed educative, restano a carico dell'amministrazione tenuta, per effetto di norme o convenzioni, alla loro fornitura e manutenzione. In tale caso gli obblighi previsti dal suddetto decreto legislativo, relativamente ai predetti interventi, si intendono assolti, da parte dei dirigenti o funzionari preposti agli uffici interessati, con la richiesta del loro adempimento all'amministrazione competente o al soggetto che ne ha l'obbligo giuridico.

Il datore di lavoro e i dirigenti sono tenuti altresì a vigilare in ordine all'adempimento degli obblighi del preposto, dei lavoratori, dei progettisti, dei fabbricanti e dei fornitori, degli installatori e del medico competente ferma restando l'esclusiva responsabilità dei soggetti obbligati (artt. 19, 20, 22, 23, 25) qualora la mancata attuazione dei predetti obblighi sia addebitabile unicamente agli stessi e non sia riscontrabile un difetto di vigilanza del datore di lavoro e dei dirigenti.

Nel caso di *contratti d'appalto o d'opera o di somministrazione* sono previsti per il datore di lavoro alcuni obblighi specifici (art. 26).

Il datore di lavoro, in caso di affidamento di lavori, servizi e forniture all'impresa appaltatrice o a lavoratori autonomi all'interno della propria azienda, o di una singola unità produttiva della stessa, nonché nell'ambito dell'intero ciclo produttivo dell'azienda medesima, sempre che abbia la disponibilità giuridica dei luoghi in cui si svolge l'appalto o la prestazione di lavoro autonomo:

- verifica l'idoneità tecnico professionale delle imprese appaltatrici o dei lavoratori autonomi in relazione ai lavori, ai servizi e alle forniture da affidare in appalto o mediante contratto d'opera o di somministrazione;
- fornisce agli stessi soggetti dettagliate informazioni sui rischi specifici esistenti nell'ambiente in cui sono destinati ad operare e sulle misure di prevenzione e di emergenza adottate in relazione alla propria attività.

Inoltre i datori di lavoro, ivi compresi i subappaltatori devono:

- a) cooperare all'attuazione delle misure di prevenzione e protezione dai rischi sul lavoro incidenti sull'attività lavorativa oggetto dell'appalto;
- b) coordinare gli interventi di protezione e prevenzione dai rischi cui sono esposti i lavoratori, informandosi reciprocamente, anche al fine di eliminare rischi dovuti alle interferenze tra i lavori delle diverse imprese coinvolte nell'esecuzione dell'opera complessiva.

Il datore di lavoro committente, promuove la cooperazione ed il coordinamento previsti ai punti a) e b) precedentemente visti, elaborando un unico documento di valutazione dei rischi (DUVRI) che indichi le misure adottate per eliminare o, ove ciò non sia possibile, ridurre al minimo i rischi da interferenze ovvero individuando, limitatamente ai settori di attività a basso rischio di infortuni e malattie professionali di cui all'articolo 29, comma 6-ter, con riferimento sia all'attività del datore di lavoro committente sia alle attività dell'impresa appaltatrice e dei lavoratori autonomi, un proprio incaricato, in possesso di formazione, esperienza e competenza professionali, adeguate e specifiche in relazione all'incarico conferito, nonché di periodico aggiornamento e di conoscenza diretta dell'ambiente di lavoro, per sovrintendere a tale cooperazione e coordinamento. In caso di redazione del documento esso è allegato al contratto di appalto o di opera e deve essere adeguato in funzione dell'evoluzione dei lavori, servizi e forniture.

In tutti i casi in cui il datore di lavoro non coincide con il committente, il soggetto che affida il contratto redige il documento di valutazione dei rischi da interferenze (DUVRI) (art. 26, comma 3ter) recante una valutazione ricognitiva dei rischi standard relativi alla tipologia della prestazione che potrebbero potenzialmente derivare dall'esecuzione del contratto. Il soggetto presso il quale deve essere eseguito il contratto, prima dell'inizio dell'esecuzione, integra il predetto documento riferen-

dolo ai rischi specifici da interferenza presenti nei luoghi in cui verrà espletato l'appalto; l'integrazione, sottoscritta per accettazione dall'esecutore, completa gli atti contrattuali.

L'imprenditore committente risponde in solido con l'appaltatore, nonché con ciascuno degli eventuali subappaltatori, per tutti i danni per i quali il lavoratore, dipendente dall'appaltatore o dal subappaltatore, non risulti indennizzato ad opera dell'Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL).

Nella predisposizione delle gare di appalto e nella valutazione dell'anomalia delle offerte nelle procedure di affidamento di appalti di lavori pubblici, di servizi e di forniture, gli enti aggiudicatori sono tenuti a valutare che il valore economico sia adeguato e sufficiente rispetto al costo del lavoro e al costo relativo alla sicurezza, il quale deve essere specificamente indicato e risultare congruo rispetto all'entità e alle caratteristiche dei lavori, dei servizi o delle forniture.

Nell'ambito dello svolgimento di attività in regime di appalto o subappalto, il personale occupato dall'impresa appaltatrice o subappaltatrice deve essere munito di apposita tessera di riconoscimento corredata di fotografia, contenente le generalità del lavoratore e l'indicazione del datore di lavoro.

Inoltre, nel caso di *cantieri temporanei o mobili*, è previsto esplicitamente all'art. 96 che i datori di lavoro, i dirigenti e i preposti delle imprese affidatarie e delle imprese esecutrici, anche nel caso in cui nel cantiere operi una unica impresa, anche familiare o con meno di dieci addetti:

- adottino le misure conformi alle prescrizioni di sicurezza e di salute per la logistica di cantiere (allegato XIII);
- predispongano l'accesso e la recinzione del cantiere con modalità chiaramente visibili e individuabili;
- curino la disposizione o l'accatastamento di materiali o attrezzature in modo da evitarne il crollo o il ribaltamento;
- curino la protezione dei lavoratori contro le influenze atmosferiche che possono compromettere la loro sicurezza e la loro salute;
- curino le condizioni di rimozione dei materiali pericolosi, previo, se del caso, coordinamento con il committente o il responsabile dei lavori;
- curino che lo stoccaggio e l'evacuazione dei detriti e delle macerie avvengano correttamente;
- redigano il piano operativo di sicurezza (POS) (art. 89, comma 1, lettera h).

Il datore di lavoro può delegare ad altro soggetto, dotato dei requisiti di professionalità ed esperienza richiesti dalla specifica natura delle funzioni delegate, l'adempimento di tutti o parte degli obblighi ad eccezione della valutazione dei rischi e della sua elaborazione e della nomina del RSPP. Perché la delega sia efficace è necessario che abbia le caratteristiche previste dall'art. 16 del D.Lgs. 81/2008.

Il Servizio di Prevenzione e Protezione dai rischi, coordinato dal *Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP)*, è finalizzato (art. 33) a:

- individuare i fattori di rischio, valutare i rischi e individuare le misure per la sicurezza e la salubrità degli ambienti di lavoro, nel rispetto della normativa vigente sulla base della specifica conoscenza dell'organizzazione aziendale;
- elaborare, per quanto di competenza, le misure preventive e protettive (art. 28, comma 2) e i sistemi di controllo di tali misure;
- elaborare le procedure di sicurezza per le varie attività aziendali;
- proporre i programmi di informazione e formazione dei lavoratori;
- partecipare alle consultazioni in materia di tutela della salute e sicurezza sul lavoro, nonché alla riunione periodica prevista all'art. 35;

- fornire ai lavoratori le informazioni sui rischi per la salute e sicurezza, sulle procedure che riguardano il primo soccorso, la lotta antincendio e l'evacuazione, sui nominativi dei lavoratori incaricati, sui nominativi del RSPP e degli addetti del servizio di prevenzione e protezione, e del medico competente, sui rischi specifici cui è esposto ciascun lavoratore, sui pericoli connessi all'uso delle sostanze e dei preparati pericolosi, sulle misure e le attività di protezione e prevenzione adottate (art. 36).

Tutti i componenti del *Servizio di Prevenzione e Protezione* sono tenuti al segreto in ordine ai processi lavorativi di cui vengono a conoscenza nell'esercizio delle proprie funzioni. Il Servizio di Prevenzione e Protezione è utilizzato dal datore di lavoro.

Il *Medico Competente* (MC), secondo l'art. 25, è tenuto a:

- collaborare con il datore di lavoro e con il Servizio di prevenzione e protezione alla valutazione dei rischi, anche ai fini della programmazione, ove necessario, della sorveglianza sanitaria, alla predisposizione della attuazione delle misure per la tutela della salute e della integrità psico-fisica dei lavoratori, all'attività di formazione e informazione nei confronti dei lavoratori, per la parte di competenza, e alla organizzazione del servizio di primo soccorso considerando i particolari tipi di lavorazione ed esposizione e le peculiari modalità organizzative del lavoro. Egli collabora inoltre all'attuazione e valorizzazione di programmi volontari di "promozione della salute", secondo i principi della responsabilità sociale;
- programmare ed effettuare la sorveglianza sanitaria (art. 41) attraverso protocolli sanitari definiti in funzione dei rischi specifici e tenendo in considerazione gli indirizzi scientifici più avanzati;
- istituire, aggiornare e custodire, sotto la propria responsabilità, una cartella sanitaria e di rischio per ogni lavoratore sottoposto a sorveglianza sanitaria; tale cartella è conservata con salvaguardia del segreto professionale e, salvo il tempo strettamente necessario per l'esecuzione della sorveglianza sanitaria e la trascrizione dei relativi risultati, presso il luogo di custodia concordato al momento della nomina del medico competente;
- consegnare al datore di lavoro, alla cessazione dell'incarico, la documentazione sanitaria in suo possesso, nel rispetto delle disposizioni di cui al D.Lgs. 196/2003, e con salvaguardia del segreto professionale;
- consegnare al lavoratore, alla cessazione del rapporto di lavoro, copia della cartella sanitaria e di rischio, e fornire le informazioni necessarie relative alla conservazione della medesima; l'originale della cartella sanitaria e di rischio va conservata, nel rispetto di quanto disposto dal D.Lgs. 196/2003, da parte del datore di lavoro, per almeno dieci anni, salvo il diverso termine previsto da altre disposizioni;
- fornire informazioni ai lavoratori sul significato della sorveglianza sanitaria cui sono sottoposti e, nel caso di esposizione ad agenti con effetti a lungo termine, sulla necessità di sottoporsi ad accertamenti sanitari anche dopo la cessazione della attività che comporta l'esposizione a tali agenti. Egli fornisce inoltre, a richiesta, informazioni analoghe ai Rappresentanti dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS);
- informare ogni lavoratore interessato dei risultati della sorveglianza sanitaria (art. 41) e, a richiesta dello stesso, rilasciargli copia della documentazione sanitaria;
- comunicare per iscritto, in occasione delle riunioni periodiche (art. 35), al datore di lavoro, al RSPP, ai RLS, i risultati anonimi collettivi della sorveglianza sanitaria effettuata e fornisce indicazioni sul significato di detti risultati ai fini dell'attuazione delle misure per la tutela della salute e dell'integrità psico-fisica dei lavoratori;
- visitare gli ambienti di lavoro almeno una volta l'anno o a cadenza diversa stabilita in base alla valutazione dei rischi, in quest'ultimo caso la diversa periodicità deve essere comunicata al datore di lavoro ai fini della sua annotazione nel DVR;

- partecipare alla programmazione del controllo dell'esposizione dei lavoratori i cui risultati gli sono forniti con tempestività ai fini della valutazione del rischio e della sorveglianza sanitaria;
- comunicare, mediante autocertificazione, il possesso dei titoli e requisiti previsti dalla normativa (art. 38) al Ministero della Salute.

L'attività di medico competente è svolta secondo i principi della medicina del lavoro e del Codice etico della Commissione internazionale di salute occupazionale (ICOH). Egli può svolgere la propria opera in qualità di: dipendente o collaboratore di una struttura esterna pubblica o privata, convenzionata con l'imprenditore; libero professionista; dipendente del datore di lavoro. Nei casi di aziende con più unità produttive, nei casi di gruppi d'impresе e/o qualora la valutazione dei rischi ne evidenzi la necessità, il datore di lavoro può nominare più medici competenti individuando tra essi uno con funzioni di coordinamento.

Il *Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza (RLS)*, secondo l'art. 50, deve:

- accedere ai luoghi di lavoro in cui si svolgono le lavorazioni;
- essere consultato preventivamente e tempestivamente sulla valutazione dei rischi, sulla individuazione, programmazione, realizzazione e verifica della prevenzione nella azienda o unità produttiva; sulla designazione del RSPP, degli addetti al servizio di prevenzione, alla attività di prevenzione incendi, al primo soccorso, alla evacuazione e sulla designazione del medico competente; sull'organizzazione della formazione dei lavoratori (art. 37);
- ricevere le informazioni e la documentazione aziendale inerente alla valutazione dei rischi (DVR) e le misure di prevenzione relative, nonché quelle inerenti alle sostanze ed ai preparati pericolosi, alle macchine, agli impianti, alla organizzazione e agli ambienti di lavoro, agli infortuni ed alle malattie professionali; le informazioni provenienti dai servizi di vigilanza; riceve copia su richiesta del proprio DVR aziendale e del DUVRI per l'espletamento della loro funzione
- essere formato adeguatamente e, comunque, in conformità a quanto previsto dall'art. 37;
- promuovere l'elaborazione, l'individuazione e l'attuazione delle misure di prevenzione idonee a tutelare la salute e l'integrità fisica dei lavoratori;
- formulare osservazioni in occasione di visite e verifiche effettuate dalle autorità competenti, dalle quali è, di norma, sentito;
- partecipare alla riunione periodica (art. 35);
- fare proposte in merito alla attività di prevenzione;
- avvertire il responsabile dell'azienda dei rischi individuati nel corso della sua attività.

Inoltre egli può fare ricorso alle autorità competenti qualora ritenga che le misure di prevenzione e protezione dai rischi adottate dal datore di lavoro o dai dirigenti e i mezzi impiegati per attuarle non siano idonei a garantire la sicurezza e la salute durante il lavoro.

Il RLS deve disporre del tempo necessario allo svolgimento dell'incarico senza perdita di retribuzione, nonché dei mezzi e degli spazi necessari per l'esercizio delle funzioni e delle facoltà riconosciutegli, anche tramite l'accesso ai dati del sistema informativo nazionale per la prevenzione nei luoghi di lavoro (art. 18, comma 1, lettera r). Egli non può subire pregiudizio alcuno a causa dello svolgimento della propria attività e nei suoi confronti si applicano le stesse tutele previste dalla Legge per le rappresentanze sindacali.

Il rappresentante dei lavoratori per la sicurezza è tenuto al rispetto delle disposizioni in materia di protezione dei dati personali (D.Lgs. 196/2003) e del segreto industriale relativamente alle informazioni contenute nel DVR o nel DUVRI, nonché al segreto in ordine ai processi lavorativi di cui vengono a conoscenza nell'esercizio delle funzioni.

L'esercizio delle funzioni di RLS è incompatibile con la nomina di RSPP o ASPP.

Nelle aziende o unità produttive che occupano fino a 15 lavoratori, il RLS è di norma eletto diretta-

mente dai lavoratori al loro interno oppure è individuato per più aziende nell'ambito territoriale o del comparto produttivo secondo quanto previsto dall'art. 48. Nelle aziende o unità produttive con più di 15 lavoratori, il RLS è eletto o designato dai lavoratori nell'ambito delle rappresentanze sindacali in azienda. In assenza di tali rappresentanze il RLS è eletto dai lavoratori della azienda al loro interno. Qualora non si proceda alle elezioni del RLS, le sue funzioni sono esercitate dal rappresentante dei lavoratori per la sicurezza territoriale (art. 48) o esercitate dal rappresentante dei lavoratori per la sicurezza di sito produttivo (art. 49), salvo diverse intese tra le associazioni sindacali dei lavoratori e dei datori di lavoro comparativamente più rappresentative sul piano nazionale.

Al *Preposto* sono attribuiti i seguenti obblighi (art. 19):

- sovrintendere e vigilare sulla osservanza da parte dei singoli lavoratori dei loro obblighi di legge, nonché delle disposizioni aziendali in materia di salute e sicurezza sul lavoro e di uso dei Dispositivi di Protezione Collettiva (DPC) e individuale (DPI) messi a loro disposizione e, in caso di persistenza della inosservanza, informare i superiori diretti;
- verificare affinché soltanto i lavoratori che hanno ricevuto adeguate istruzioni accedano alle zone che li espongono ad un rischio grave e specifico;
- richiedere l'osservanza delle misure per il controllo delle situazioni di rischio in caso di emergenza e dare istruzioni affinché i lavoratori, in caso di pericolo grave, immediato e inevitabile, abbandonino il posto di lavoro o la zona pericolosa;
- informare il più presto possibile i lavoratori esposti al rischio di un pericolo grave e immediato circa il rischio stesso e le disposizioni prese o da prendere in materia di protezione;
- astenersi, salvo eccezioni debitamente motivate, dal richiedere ai lavoratori di riprendere la loro attività in una situazione di lavoro in cui persiste un pericolo grave ed immediato;
- segnalare tempestivamente al datore di lavoro o al dirigente sia le deficienze dei mezzi e delle attrezzature di lavoro e dei DPI, sia ogni altra condizione di pericolo che si verifichi durante il lavoro, delle quali venga a conoscenza sulla base della formazione ricevuta;
- frequentare appositi corsi di formazione (art. 37).

Il *Lavoratore* deve rispettare i seguenti obblighi in materia di salute e sicurezza sul lavoro (art. 20):

- prendersi cura della propria salute e sicurezza e di quella delle altre persone presenti sul luogo di lavoro, su cui ricadono gli effetti delle sue azioni o omissioni, conformemente alla sua formazione, alle istruzioni e ai mezzi forniti dal datore di lavoro;
- contribuire, insieme al datore di lavoro, ai dirigenti e ai preposti, all'adempimento degli obblighi previsti a tutela della salute e sicurezza sui luoghi di lavoro;
- osservare le disposizioni e le istruzioni impartite dal datore di lavoro, dai dirigenti e dai preposti, ai fini della protezione collettiva ed individuale;
- utilizzare correttamente le attrezzature di lavoro, le sostanze e i preparati pericolosi, i mezzi di trasporto i dispositivi di protezione e i dispositivi di sicurezza, messi a loro disposizione;
- segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le deficienze dei mezzi e dei dispositivi visti al punto precedente, nonché qualsiasi eventuale condizione di pericolo di cui vengano a conoscenza, adoperandosi direttamente, in caso di urgenza, nell'ambito delle proprie competenze e possibilità e fatto salvo l'obbligo di cui al punto successivo per eliminare o ridurre le situazioni di pericolo grave e incombente, dandone notizia al rappresentante dei lavoratori per la sicurezza;
- non rimuovere o modificare senza autorizzazione i dispositivi di sicurezza o di segnalazione o di controllo;
- non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non sono di loro competenza ovvero che possono compromettere la sicurezza propria o di altri lavoratori;
- partecipare ai programmi di formazione e di addestramento organizzati dal datore di lavoro;

- sottoporsi ai controlli sanitari previsti dal D.Lgs. 81/2008 o comunque disposti dal medico competente.

I lavoratori di aziende che svolgono attività in regime di appalto o subappalto, devono esporre apposita tessera di riconoscimento, corredata di fotografia, contenente le generalità del lavoratore e l'indicazione del datore di lavoro. Tale obbligo grava anche in capo ai lavoratori autonomi che esercitano direttamente la propria attività nel medesimo luogo di lavoro, i quali sono tenuti a provvedervi per proprio conto.

Il *Lavoratore autonomo* inoltre ha l'obbligo di (art. 21):

- utilizzare attrezzature di lavoro in conformità alle disposizioni di cui al Titolo III del D.Lgs. 81/2008;
- munirsi di DPI ed utilizzarli conformemente alle disposizioni di cui al Titolo III del D.Lgs. 81/2008;
- munirsi di apposita tessera di riconoscimento corredata di fotografia, contenente le proprie generalità, qualora effettuino la loro prestazione in un luogo di lavoro nel quale si svolgano attività in regime di appalto o subappalto.

Ai sensi dell'art. 26 il lavoratore autonomo ha l'obbligo di coordinarsi con il datore di lavoro committente. Nel campo di applicazione del Titolo IV, Capo I, fermo restando gli obblighi di cui sopra, si adegua alle indicazioni fornite dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori, ai fini della sicurezza.

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva (Tabella 1) che sintetizza, per ogni soggetto di cui sopra, la definizione, il ruolo ricoperto e le responsabilità attribuite dal D.Lgs. 81/2008 e del D.P.R. 207/2010, regolamento attuativo del D.Lgs. 163/2006 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" e s.m.i. .

Tabella 1: Ruoli e responsabilità in materia di salute e sicurezza

Soggetto	Definizione e ruolo	Responsabilità in materia di salute e sicurezza
Committente	È il soggetto per conto del quale l'intera opera viene realizzata, indipendentemente da eventuali frazionamenti della sua realizzazione (nel caso di appalto di opera pubblica, il committente è il soggetto titolare del potere decisionale e di spesa relativo alla gestione dell'appalto) (D.P.R. 207/2010).	artt. 15, 26, 90 D.Lgs. 81/2008
Responsabile unico del procedimento per la realizzazione di lavori pubblici (RUP)	È una delle figure responsabili del procedimento e programmazione in merito ai contratti pubblici relativi a lavori nei settori ordinari. Può essere assimilata per ruolo e responsabilità a quella del Committente (D.P.R. 207/2010, artt. 3, 9).	artt. 9, 10 D.P.R. 207/2010; art. 90, comma 1-bis D.Lgs. 81/2008
Responsabile dei lavori (RL)	È il soggetto che può essere incaricato dal committente per svolgere i compiti ad esso attribuiti dal D.Lgs. 81/2008 (nel caso di appalto di opera pubblica il responsabile dei lavori è il responsabile del procedimento) (art. 89, comma 1, lettera c).	art. 90 D.Lgs. 81/2008
Coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la progettazione (Coordinatore per la progettazione o CSP)	È il soggetto incaricato, dal Committente o dal Responsabile dei lavori, dell'esecuzione dei compiti relativi alla sicurezza e salute durante la progettazione (art. 89, comma 1, lettera e).	art. 91 D.Lgs. 81/2008
Coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la realizzazione (Coordinatore per l'esecuzione dei lavori o CSE)	È il soggetto incaricato, dal Committente o dal Responsabile dei lavori, dell'esecuzione dei compiti relativi alla sicurezza e salute durante la realizzazione (art. 89, comma 1, lettera f).	art. 92 D.Lgs. 81/2008
Direttore dei lavori (DL)	È la figura tecnica che cura che i lavori cui è preposto siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.	art. 148 D.P.R. 207/2010
Ispettore di cantiere	Soggetto, nominato dalla stazione appaltante ovvero dal RUP, presente a tempo pieno durante il periodo di svolgimento di lavori, oltre che a collaborare con il Direttore dei lavori, ha il compito, tra gli altri, di prestare assistenza al coordinatore per l'esecuzione (art. 150 del D.P.R. 207 del 2010).	art. 150 D.P.R. 207/2010

Segue Tabella 1

Soggetto	Definizione e ruolo	Responsabilità in materia di salute e sicurezza
Datore di lavoro	È il soggetto titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore o, comunque, il soggetto che, secondo il tipo e l'assetto dell'organizzazione nel cui ambito il lavoratore presta la propria attività, ha la responsabilità dell'organizzazione stessa o dell'unità produttiva in quanto esercita i poteri decisionali e di spesa. Nelle pubbliche amministrazioni, per datore di lavoro si intende il dirigente al quale spettano i poteri di gestione, ovvero il funzionario non avente qualifica dirigenziale, nei soli casi in cui quest'ultimo sia preposto ad un ufficio avente autonomia gestionale, individuato dall'organo di vertice delle singole amministrazioni tenendo conto dell'ubicazione e dell'ambito funzionale degli uffici nei quali viene svolta l'attività, e dotato di autonomi poteri decisionali e di spesa. In caso di omessa individuazione, o di individuazione non conforme ai criteri sopra indicati, il datore di lavoro coincide con l'organo di vertice medesimo (art. 2, comma 1).	artt. 17, 18, 26, 35, 96 D.Lgs. 81/2008
Dirigente	È la persona che, in ragione delle competenze professionali e di poteri gerarchici e funzionali adeguati alla natura dell'incarico conferitogli, attua le direttive del datore di lavoro organizzando l'attività lavorativa e vigilando su di essa (art. 2, comma 1 punto d).	art. 18 D.Lgs. 81/2008
Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP)	È designato dal datore di lavoro, a cui risponde, per coordinare il Servizio di Prevenzione e Protezione ovvero l'insieme delle persone, sistemi e mezzi esterni o interni all'azienda finalizzati all'attività di prevenzione e protezione dai rischi professionali per i lavoratori (art. 2, comma 1, punto g). Deve possedere le capacità ed i requisiti professionali di cui all'art.32.	art. 33 D.Lgs. 81/2008
Addetti al servizio di prevenzione e protezione (ASPP)	Coadiuvano il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione, sono in possesso delle capacità e dei requisiti professionali previsti all'articolo 32 del D.Lgs. 81/2008, (art. 2, comma 1, punto g). devono essere in numero sufficiente rispetto alle caratteristiche dell'azienda e disporre di mezzi e di tempo adeguati per lo svolgimento dei compiti loro assegnati e non possono subire pregiudizio a causa della attività svolta nell'espletamento del proprio incarico (art. 31, comma 2).	art. 33 D.Lgs. 81/2008
Medico competente (MC)	È un medico in possesso di uno dei titoli e dei requisiti formativi e professionali previsti all'articolo 38 del D.Lgs. 81/2008 (art. 2, comma 1, punto h), che collabora con il datore di lavoro ai fini della valutazione dei rischi ed è nominato dallo stesso per effettuare la sorveglianza sanitaria e per tutti gli altri compiti di cui al suddetto decreto (art. 29, comma 1).	art. 25 D.Lgs. 81/2008

Segue Tabella 1

Soggetto	Definizione e ruolo	Responsabilità in materia di salute e sicurezza
Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza (RLS)	Persona eletta o designata per rappresentare i lavoratori per quanto concerne gli aspetti della salute e della sicurezza durante il lavoro (art. 2, comma 1, lettera i).	art. 50 D.Lgs. 81/2008
Preposto	È la persona che sovrintende alla attività lavorativa e garantisce l'attuazione delle direttive ricevute, controllandone la corretta esecuzione da parte dei lavoratori ed esercitando un funzionale potere di iniziativa (art. 2, comma 1, punto e).	art. 19 D.Lgs. 81/2008
Lavoratore	Persona che, indipendentemente dalla tipologia contrattuale, svolge un'attività lavorativa nell'ambito dell'organizzazione di un datore di lavoro pubblico o privato, con o senza retribuzione, anche al solo fine di apprendere un mestiere, un'arte o una professione, esclusi gli addetti ai servizi domestici e familiari (art. 2, comma 1, lettera a).	art. 20 D.Lgs. 81/2008
Lavoratore autonomo	È quella persona fisica la cui attività professionale contribuisce alla realizzazione dell'opera senza vincolo di subordinazione (art. 89, comma 1, lettera d). L'art. 2222 del Codice civile definisce Contratto d'opera - Quando una persona si obbliga a compiere verso un corrispettivo un'opera o un servizio, con lavoro prevalentemente proprio e senza vincolo di subordinazione nei confronti del committente, si applicano le norme di questo capo, salvo che il rapporto abbia una disciplina particolare nel libro IV.	artt. 21, 26, Titolo IV, capo I, D.Lgs. 81/2008

Allegato 3.A

Definizione della frazione di polveri da campionare

Le particelle ambientali sono generalmente comprese in un intervallo di diametri tra 0,01 e 100 μm e classificate come:

- particelle ultrafini (diametro compreso tra 0,01 e 0,1 μm);
- particelle fini (diametro compreso tra 0,1 e 2,5 μm);
- particelle grossolane (diametro compreso tra 2,5 e 100 μm).

In Figura 1 sono presentate le curve di deposizione delle particelle inalate nelle varie regioni dell'apparato respiratorio in funzione delle loro dimensioni [Marconi, 2003]. Dal grafico emerge che le particelle ultrafini e fini si depositano prevalentemente nelle regioni alveolari e tracheobronchiali, mentre quelle grossolane si depositano maggiormente nel naso, nella faringe e nella laringe.

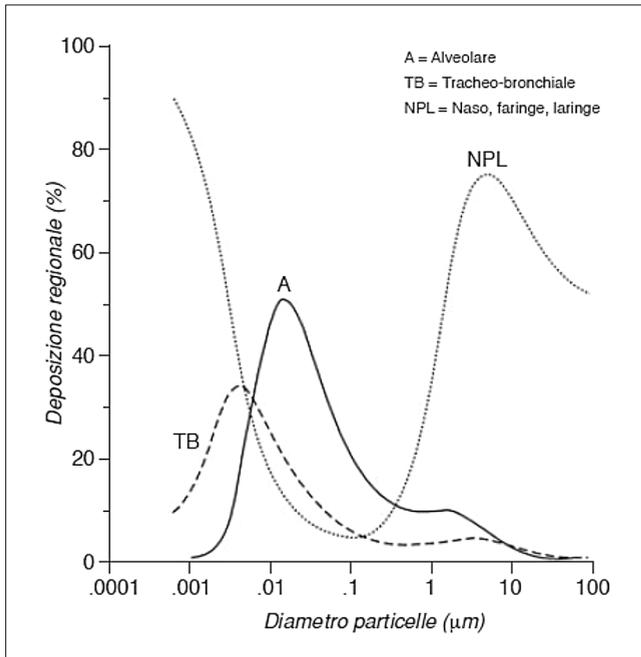


Figura 1: Deposizione delle particelle inalate nelle varie regioni dell'apparato respiratorio in funzione delle dimensioni delle particelle

Le Norme UNI-CEN EN 481¹ per gli ambienti di lavoro ("Atmosfera in ambiente di lavoro:

¹ La Norma UNI/CE 481 è un recepimento della norma europea CEN EN 481, elaborata dall'International Standards Organisation (ISO), dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) e dal Comitato Europeo di Normalizzazione (CEN).

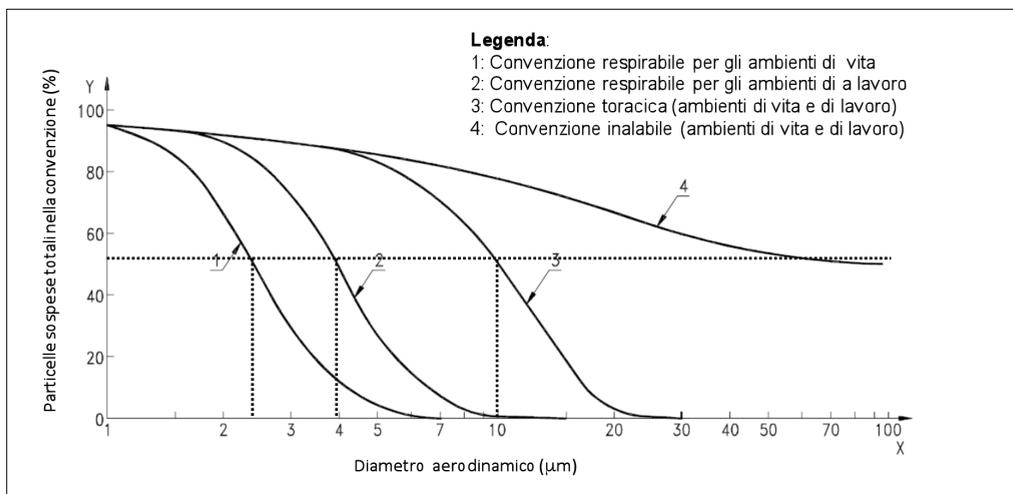
Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse”) e UNI-ISO 7708 per gli ambienti di vita (“Qualità dell’aria. Definizioni delle frazioni granulometriche per il campionamento relativo agli effetti sanitari”) definiscono delle convenzioni di campionamento per le frazioni granulometriche delle particelle e forniscono delle definizioni per le frazioni dimensionali di aerosol in base al grado di penetrazione di queste nelle varie regioni del tratto respiratorio, identificando le seguenti categorie:

- *frazione inalabile* è la frazione in massa delle particelle aerodisperse totali che viene inalata attraverso il naso e/o la bocca. Questa parte è considerata importante agli effetti della salute, perché le particelle si depositano ovunque nel tratto respiratorio;
- *frazione toracica* è la frazione in massa delle particelle inalate che penetra oltre la laringe. Questa frazione può essere messa in relazione con effetti sulla salute che nascono dal deposito di particolato nei condotti d’aria dei polmoni;
- *frazione respirabile* è la frazione in massa delle particelle inalate che penetra nelle vie respiratorie non ciliate. È la frazione delle particelle che può penetrare in profondità negli alveoli polmonari. Quindi questa frazione può portare ad effetti sulla salute dovuti al deposito di particelle nella regione alveolare dei polmoni.

Per le tre frazioni di cui sopra sono definite le convenzioni per il campionamento. Queste convenzioni sono rappresentate da curve aventi il 50% di efficienza in corrispondenza del diametro di taglio, pari a (Figura 2):

- 100 μm per la frazione inalabile (PM_{100});
- 10 μm per la frazione toracica (PM_{10});
- 4 μm per la frazione respirabile negli ambienti di lavoro (PM_4);
- 2,5 μm per la frazione respirabile negli ambienti di vita ($\text{PM}_{2,5}$).

Figura 2: Convenzioni per il campionamento delle frazioni inalabile, toracica e respirabile espresse come percentuale delle particelle sospese totali negli ambienti di vita e di lavoro



Fonte: Norme UNI-CEN EN 481 (modificata)

In linea teorica, nel caso specifico di risollevarimento di polveri da suolo contaminato, il campionamento dovrebbe essere effettuato in corrispondenza alla frazione inalabile (PM_{100}). In pratica però, anche in considerazione della disponibilità e della conservatività dei valori di TC_{aria} riportati nel documento, ad eccezione di situazioni specifiche da valutarsi caso per caso (esempio presenza di bersagli sensibili) si ritiene sufficientemente cautelativo considerare la frazione toracica (PM_{10}).

Allegato 3.B

Metodi di campionamento e di analisi

Nelle Tabelle 1 e 2 è riportato l'elenco indicativo dei metodi di campionamento ed analisi utili per il confronto rispettivamente con la CR_{aria} e con i VLEP. L'eventuale adozione di metodi alternativi a quelli sotto elencati dovrà garantire uguali, o superiori, livelli prestazionali.

Tabella 1: Metodi di campionamento e analisi per il confronto con la CR_{aria}

Agente chimico	Metodo di campionamento	Metodo di analisi	Limite di quantificazione
Inorganici gassosi			
Mercurio	UNI EN 15852:2010 NIOSH 6009, OSHA 140	UNI EN 15852:2010	10 ng/m ³
Aromatici			
Benzene	EPA TO15 1999 UNI EN 14662-2:2005 UNI EN 14662-4:2005 Unichim MU 1576: 2001 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007 UNI EN 14662 parti 1, 2, 3, 4, 5-2005	EPA TO15: 1999 UNI EN 14662-2:2005 UNI EN 14662-4:2005 Unichim 1576: 2001 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004 UNI EN 14662 parti 1, 2, 3, 4, 5-2005	0,5 µg/m ³
Stirene	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,5 µg/m ³
Toluene	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,5 µg/m ³

Segue Tabella 1

Agente chimico	Metodo di campionamento	Metodo di analisi	Limite di quantificazione
Alifatici clorurati (*)			
Cloruro di vinile	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004	0,3 µg/m ³
Tricloroetilene	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,3 µg/m ³
Alifatici clorurati cancerogeni (*)			
1,2 Dicloroetano	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 199 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 199 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,1 µg/m ³
Diclorometano	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,1 µg/m ³
Tetracloroetilene	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,1 µg/m ³
Idrocarburi alifatici (*)			
ΣC5-C8	EPA TO15: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	MassDEP APH 2009 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	50 µg/m ³

(*) Ad eccezione del Mercurio gassoso totale, non sono riportati i metodi NIOSH – OSHA perché nati per l'applicazione in ambito lavorativo/industriale.

Segue Tabella 1

Agente chimico	Metodo di campionamento	Metodo di analisi	Limite di quantificazione
Idrocarburi alifatici (*)			
$\Sigma C9-C12$	EPA TO15: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	MassDEP APH 2009 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	50 $\mu g/m^3$
$\Sigma C9-C10$	UNI EN 15549:2008 EPA TO15: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007 UNI EN ISO 16000-12:2008	UNI EN 15549:2008 MassDEP APH 2009 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004 UNI EN ISO 16000-12:2008	30 $\mu g/m^3$

(*) Ad eccezione del Mercurio gassoso totale, non sono riportati i metodi NIOSH – OSHA perché nati per l'applicazione in ambito lavorativo/industriale.

Tabella 2: Metodi di campionamento e analisi per il confronto con il VLEP

Std. Reference	Type (B)	Std. Num.	Year	Working Group (C)	Title	Keywords	Normative references (D)	International Classification for Standards	State	Status	NIOSH	OSHA	HSE	EPA
TRGS		40	2010		Risk assessment for activities involving hazardous substances	Risk Analysis, Risk Assessment, Risk Management			DE	Published				
TRGS		402	2018		Risks resulting from skin contact - Identification, assessment, measure	Risk Analysis, Risk Assessment			DE	Published				
TRGS		402	2010		Identification in the assessment of the risks from activities involving hazardous substances	Risk Analysis, Risk Assessment			DE	Published				
EN		481	1993	TC 137	State fraction definitions for measurement of airborne particles	Measurement, Size fraction			EU	Published				
EN		482	2012	TC 137	General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents	Measurement, Chemicals	EN 1076, 1231, 1232, 12919, 13005, 13006, 13007, 13008, 13009		EU	Published				
EN		689	1995	TC 137	Guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit value and measurement strategy	Assessment, Measurement			EU	Published				
EN		838	2010	TC 137	Procedures for measuring gases and vapours using diffusive samplers - Requirements and test methods	Procedures for measuring, Sampling, Pump, In situ units	EN 482, 1076, 1540		EU	Published				
EN		1076	2009	TC 137	Procedures for measuring gases and vapours using pumped samplers - Requirements and test methods	Sampling, Pump, In situ units	EN 482, 1232, 1540, 838		EU	Published				
EN		1221	1997	TC 137	Short term detector tube measurement systems - Requirements and test methods	Sampling, Pump, In situ units			EU	Published				
EN		1222	1997	TC 137	Pumps for personal sampling of chemical agents - Requirements and test methods	Sampling, Pump, In situ units	EN482		EU	Published				
EN		1540	2011	TC 137	Terminology	Terms and definitions	EN482		EU	Published				
ISO		7708	1995	H48-SC-2	Particle size fraction definitions for high-solvent sampling	Sampling, Size fraction			NTL	Published	7062, 7065	D-121	MDH6 673	
ISO		8818	2001	H48-SC-2	Determination of particulate lead and lead compounds - Flame or electrothermal atomic absorption spectrometric method	Determination, Lead			NTL	Published				
ISO	CD	1993	1993	WG2	Air quality - Determination of particulate matter by gravimetry	Determination, Gravimetric			NTL	Published				
ISO	CD	1993	1993	WG2	Air quality - Determination of nitrogen dioxide by ion chromatography	Determination, Ion chromatography			NTL	Published				
ISO		8700	1990	H48-SC-2	Determination of mass concentration of carbon monoxide - Method using detector tube	Determination, Carbon monoxide			NTL	Published	6904	D-209	MDHS 59	
ISO		8700	1990	H48-SC-2	Determination of mass concentration of carbon monoxide - Diffusion sampler method	Determination, Carbon monoxide			NTL	Published	6700			
ISO		8781	1989	H48-SC-2	Workplace air - Nitrogen dioxide in workplace atmosphere (by Chromatography)	Determination, Nitrogen dioxide			NTL	Published		D 182		
ISO		8408	1991	H48-SC-2	Workplace air - Determination of aliphatic chlorinated hydrocarbons - Chemical laboratory method	Determination, Chlorinated hydrocarbons			NTL	Published	1003			
ISO		8408	1991	WG2	Workplace air - Determination of aliphatic chlorinated hydrocarbons - Chromatographic method	Determination, Chlorinated hydrocarbons			NTL	Published				
ISO		9487	1991	WG2	Workplace air - Determination of aliphatic chlorinated hydrocarbons - Chromatographic method	Determination, Chlorinated hydrocarbons			NTL	Published	1911		MDHS 86	
ISO		11041	1996	WG2	Determination of particulate matter and arsenic compounds and arsenic trioxide in air	Determination, Arsenic			NTL	Published	7041			
ISO		11174	1996	WG2	Workplace air - Method by hydride generation and atomic absorption spectrometry	Determination, Arsenic			NTL	Published	7048	D 189, D-121	MDHS 102	
ISO		11174	1996	H48-SC-2	Determination of particulate cadmium and cadmium compounds - Flame and electrothermal atomic absorption spectrometric method	Determination, Cadmium			NTL	Published				
EN		12919	1999	TC 137	Pumps for the sampling of chemical agents, with a volume flow rate of over 5 l/min - Requirements and test methods	Sampling, Pump, In situ units	EN482		EU	Published				
EN		13098	2000	TC 137	Guidelines for measurement of airborne micro-organisms and moulds	Procedures for sampling, Pump, In situ units			EU	Published				
ISO	DE	13107	2012	H48-SC-2	Pumps for personal sampling of chemical and biological agents - Requirements and test methods	Sampling, Pump, In situ units			NTL	Under Approval				
EN		13108	2012	H48-SC-2	Workplace air - Sampling of chemical agents and biological agents - Requirements and test methods	Sampling, Pump, In situ units			NTL	Under Approval				
EN		13205	2001	TC 137	Assessment of performance of instruments for measurement of airborne particle concentrations	Sampling, Pump, In situ units	EN 13205, 481		EU	Published				
EN	PF	13205	1	TC 137	Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations - Part 1: General requirements	Sampling, Pump, In situ units	EN 1321, 12919, 13005, 13006, 13007, 13008, 13009, 1540, 481, 482		EU	Under Approval				
EN	PF	13205	2	TC 137	Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations - Part 2: Laboratory performance test based on determination of concentration	Sampling, Pump, In situ units			EU	Under Approval				
EN	PF/FR	13205	3	TC 137	Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations - Part 3: Analysis of sampling efficiency data	Sampling, Pump, In situ units			EU	Under Approval				
EN	PF	13205	4	TC 137	Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations - Part 4: Laboratory performance test based on comparison of concentrations	Sampling, Pump, In situ units			EU	Under Approval				
EN	PF	13205	5	TC 137	Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations - Part 5: Aerosol sampler performance test and sampler comparison	Sampling, Pump, In situ units			EU	Under Approval				
EN	PF	13205	6	TC 137	Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations - Part 6: Transport and handling tests	Sampling, Pump, In situ units			EU	Under Approval				
EN	PF	13205	7	TC 137	Assessment of sampler performance for measurement of airborne particle concentrations - Part 7: Field performance test	Sampling, Pump, In situ units			EU	Under Approval				
CR		13841	2000	TC 137	Scientific basis for the influence of the reference period on the presentation of results	Risk Analysis, Risk Assessment			EU	Published				
EN		13800	2009	TC 137	Procedures for measuring metals and metalloids in airborne particles - Requirements and test methods	Procedures for measuring	EN 1321, 12919, 13005, 1540, 481, 482		EU	Published				
EN	PF	13806		TC 137	Procedures for measuring a chemical agent present as a mixture of airborne particles and vapour - Requirements and test methods	Procedures for measuring			EU	Under Approval				

Segue Tabella 2

Std. Reference (A)	Type (B)	Std. Num.	Part	Year	Working Group (C)	Title	Keywords	Normative references (D)	International Classification for Standards	State	Status	NIOSH	OSHA	HSE	EPA
EN		14031		2003	TC 137	Workplace atmosphere	Determination of airborne endotoxins	Current facts. Airborne endotoxins.	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
EN		14042		2003	TC 137	Workplace atmosphere	Guide for the application and use of procedures for the assessment of exposure to atmospheric chemical and biological agents	Risk Analysis, Assessment, Chemical, Biological	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
ISO	TR	14294		2011	146 SC2 WG5	Workplace atmosphere	Measurement of dermal exposure - Principles and methods	Procedures for measuring	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Published				
ISO		14382		2012	146 SC2 WGA	Workplace atmosphere	Determination of butane diisocyanate vapours using 1,10-(phenyl)phenylene-coated sorbent tubes and performance liquid chromatography with ultraviolet and fluorescence detection	Determination, Toluene diisocyanate	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Published				
EN		14530		2004	TC 137	Workplace atmosphere	Determination of diesel particulate matter - General requirements	Determination, Diesel particulate	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
EN		14550		2004	TC 137	Workplace atmosphere	Isobaric biconic sampling devices - Requirements and test methods	Sampling, Pumps, Instruments	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
EN		16050		2006	TC 137	Workplace atmosphere	Measurement of the dustiness of bulk materials - Requirements and reference test methods	measuring, Bulk materials	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Under revision				
EN	Pf	16050	2			Workplace exposure	Measurement of the dustiness of bulk materials - Part 2: Rotating drum method	measuring, Bulk materials	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Under Approval				
EN	Pf	16050	3			Workplace exposure	Measurement of the dustiness of bulk materials - Part 3: Continuous drop method	Procedures for measuring, Bulk materials	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Under Approval				
ISO		16202	1	2012	146 SC2 WG2	Workplace air	Determination of metals and metalloids in airborne particulate matter by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry - Part 1: Sampling	Procedures for measuring, Metals	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Published	7300			
ISO		16202	2	2012	146 SC2 WG2	Workplace air	Determination of metals and metalloids in airborne particulate matter by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry - Part 2: Sample preparation	Procedures for measuring, Metals	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Published	7300			
ISO		16202	3	2004	146 SC2 WG2	Workplace air	Determination of metals and metalloids in airborne particulate matter by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry - Part 3: Analysis	Procedures for measuring, Metals	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Published	7300			
CEN	TR	16230		2005	TC 137	Workplace atmosphere	Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions	Sampling, Aerosol fractions	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
CEN	TR	16278		2006	TC 137	Workplace atmosphere	Strategy for the evaluation of dermal exposure	Determination, Procedures for measuring, Dermal exposure	13.100 - Occupational safety, Industrial hygiene	EU	Published				
CEN	TS	16279		2006	TC 137	Workplace exposure	Measurement of dermal exposure - Principles and methods	measuring, Dermal exposure	13.100 - Occupational safety, Industrial hygiene	EU	Published				
CEN	TR	16547		2007	TC 137	Workplace atmosphere	Calculation of the health-related aerosol fraction concentration from the atmospheric concentration measured by a sampler with known performance characteristics	Procedures for measuring, Aerosol fractions	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
ENISO		16767		2009	146 SC2 WGS	Workplace atmosphere	Controlling and characterizing uncertainty in weighing collected aerosols	Procedures for measuring	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
CEN	TR	16815	1	2010	TC 137	Workplace exposure	Guide for the use of direct-reading instruments for aerosol monitoring - Part 1: Choice of monitor for specific applications	Sampling, Pumps, Instruments, Aerosol monitoring	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
CEN	TR	16815	2	2010	TC 137	Workplace exposure	Guide for the use of direct-reading instruments for aerosol monitoring - Part 2: Sampling, Pumps	Sampling, Pumps	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
CEN	TR	16815	3	2010	TC 137	Workplace exposure	Guide for the use of direct-reading instruments for aerosol monitoring - Part 3: Evaluation of airborne particle concentrations using photometers	Sampling, Pumps, Instruments, Aerosol monitoring	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
ISO		16107		2007	146 SC2 WGA	Workplace atmosphere	Protocol for evaluating the performance of diffusive samplers	Sampling, Instruments	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Published				
ISO		16200	1	2001	146 SC2 WGA	Workplace air	Sampling and analysis of volatile organic compounds by solvent desorption/gas chromatography - Part 1: Sampling and analysis of volatile organic compounds by solvent desorption/gas chromatography - Part 2: Diffusive air sampling method	Sampling, Organic vapours	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Published				
ISO		16200	2	2000	146 SC2 WGA	Workplace air	Sampling and analysis of volatile organic compounds by solvent desorption/gas chromatography - Part 2: Diffusive air sampling method	Sampling, Organic vapours	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Published				
ISO	CD	16289	1		146 SC2 WGA	Workplace air	Respirable crystalline silica by x-ray diffraction - Part 1: Method by direct on filter analysis	Procedures for measuring	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Under development				
ISO	CD	16289	2		146 SC2 WGA	Workplace air	Respirable crystalline silica by x-ray diffraction - Part 2: Method by indirect analysis	Procedures for measuring	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Under development	7600			
ISO	NP	16702		2007	146 SC2 WGA	Workplace air	Determination of total organic isocyanate groups in air using 1,4-dimethylpiperazine and liquid chromatography	Determination, Organic vapours	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Under revision				
ISO		16740		2005	146 SC2 WGA	Workplace air	Determination of hexavalent chromium in airborne particulate matter - Method by ion chromatography and spectrophotometric measurement using diphenylpicrylhydrazyl	Determination, Hexavalent chromium	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Published	7605			
ISO	DIS	17099			146 SC2 WGA	Workplace air	Determination of lithium hydroxide, sodium hydroxide, potassium hydroxide and calcium hydroxide - Method by measurement of corresponding cations by suppressed ion chromatography	Determination, Lithium hydroxide, sodium hydroxide, potassium hydroxide, calcium hydroxide	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Under development				
ISO	WD	17621			146 SC2 WGS	Workplace air	Determination of lithium hydroxide, sodium hydroxide, potassium hydroxide and calcium hydroxide - Method by measurement of corresponding cations by suppressed ion chromatography	Determination, Lithium hydroxide, sodium hydroxide, potassium hydroxide, calcium hydroxide	13.040.30 - Workplace atmospheres	NL	Under development				

Segue Tabella 2

Std. Reference (A)	Type (B)	Std. Numk.	Part	Year	Working Group	Title	Keywords	Normative references (D)	International Classification for Standards	State	Status	NIOSH	OSHA	HSE	EPA
ISO		17733		2004	146 SC 2 WG2	Determination of mercury and organic mercury compounds – Method by cold-vapour atomic absorption spectrometry or atomic fluorescence spectrometry	Determination, Mercury	ISO 17733	13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published	6009	D-140		
ISO		17734	1	2006	146 SC 2 WG4	Determination of organotin compounds in air using liquid chromatography and mass spectrometry - Part 2: Arsenic and antimony species using diethylene and	Determination, Organotin compounds		13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Under revision				
ISO		17734	2	2006	146 SC 2 WG4	Determination of organotin compounds in air using liquid chromatography and mass spectrometry - Part 2: Arsenic and antimony species using diethylene and	Determination, Organotin compounds		13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Under revision				
ISO		17735		2009	146 SC 2 WG4	Determination of total inorganic acids in air using 1,4-	Determination, Inorganic acids		13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published	5625			
ISO		17736		2010	146 SC 2 WG4	Determination of inorganic acids by ion chromatography – Part 2: Volatile acids, except hydrofluoric acid (hydrobromic acid, hydrobromic acid and nitric acid)	Determination, Inorganic acids		13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published				
ISO	TR	17737		2012	146 SC 2 WG4	Guidelines for selecting analytical methods for sampling and analysing isocyanates in air	Assessment		13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published				
ISO	WD	18158			146 SC 2 WG9	Terminology	Terms and definitions		13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Under development				
ISO		20552		2007	146 SC 2 WG2	Determination of mercury vapour – Method using gold-amalgam collection and analysis by atomic absorption spectrometry or atomic fluorescence spectrometry	Determination, Mercury	ISO 17733	13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published				
ISO		21438	1	2007	146 SC 2 WG2	Determination of inorganic acids by ion chromatography – Part 1: Nonvolatile acids	Determination, Inorganic acids	ISO 7708	13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published	7803	D-165GG		
ISO		21438	2	2009	146 SC 2 WG2	Determination of organic acids by ion chromatography – Part 2: Volatile acids, except hydrofluoric acid (hydrobromic acid, hydrobromic acid and nitric acid)	Determination, Inorganic acids		13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published	7803	D-165GG		
ISO		21438	3	2010	146 SC 2 WG2	Determination of inorganic acids by ion chromatography – Part 3: Hydrofluoric acid and particulate fluorides	Determination, Inorganic acids	ISO 7708	13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published	7803	D-165GG		
ISO		24095		2009	146 SC 2 WG7	Guidance for the measurement of respirable crystalline silica	Assessment, Measurement for monitoring	EN 15051	13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published				
ISO	TR	27628		2007	146 SC 2 WG1	Ultrafine, nanoparticle and nano-structured aerosols - Inhalation exposure characterization and assessment	Assessment, Size		13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published				
EN/ISO	TR	28439		2011	WG1/TC	Characterization of ultrafine aerosols/nanoparticles - Determination of the size distribution and number concentration using differential electrical mobility analysing	Determination, Size	ISO RT 71658	13.040.30 - Workplace atmospheres	EU	Published				
ISO		30111		2010	146 SC 2 WG2	Determination of metals and metalloids in airborne particulate matter by inductively coupled plasma mass spectrometry	Determination, Metals	ISO 15203-1 ISO 15202-2	13.040.30 - Workplace atmospheres	INTL	Published	7000/7301/7300			

Note:

- (A) (TRGS) Technische Regeln für Gefahrstoffe - (EN) European Standards - (ISO) International Organization for Standardization - (CEN) Comité Européen de Normalisation
- (B) (p) project - (TR) Technical Reports - (TS) Technical Specifications - (CD) Committee Draft - (NP) New Project - (DIS) Draft International Standard - (WD) Working Draft
- (C) (TC) Technical Committee - (SC) Sub Committee - (WG) Working Group
- (D) This list of normative references is purely indicative

Allegato 3.C

Misure di protezione collettiva (misure mitigative)

L'art. 15 del D.Lgs. 81/2008 indica le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro, distinguendole di fatto in misure di prevenzione e misure di protezione, collettiva e individuale.

Lo stesso Testo Unico definisce la "prevenzione" come "il complesso delle disposizioni o misure necessarie anche secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, per evitare o diminuire i rischi professionali nel rispetto della salute della popolazione e dell'integrità dell'ambiente esterno".

Queste disposizioni consistono in:

- *misure organizzative*: riconducibili alla definizione del ruolo dei lavoratori e dei gestori dell'organizzazione, nonché alle competenze degli stessi. Essendo le competenze aspetti incrementabili attraverso specifici processi formativi, appartengono alle misure organizzative la formazione e l'addestramento dei lavoratori a comportamenti corretti;
- *misure tecniche*: relative all'impiego e la gestione di attrezzature e componenti delle attrezzature, strutture ed elementi;
- *misure procedurali*: specifiche modalità di esecuzione dei processi operativi finalizzati al contenimento o all'eliminazione dei rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori, trasferite ai lavoratori attraverso l'addestramento.

Gli interventi di prevenzione da attuare sono principalmente di tipo organizzativo e procedurale. Se ne riporta un elenco a titolo esemplificativo: formazione, informazione e addestramento, adeguata programmazione della manutenzione di ambienti, macchine e attrezzature, regolazione della circolazione di automezzi e pedoni, ecc.

Per misure di protezione collettiva si intendono, generalmente, quei sistemi atti a minimizzare il danno per i lavoratori presenti in un ambiente. Tali misure possono essere anche intese quali misure mitigative in grado di riportare il rischio a livelli trascurabili (ossia equiparabili a quelli della popolazione generale) anche nei casi di lavoratori esposti ad agenti chimici non connessi alla propria mansione.

Nell'art. 15 del D.Lgs. 81/2008 è sancito un principio molto importante, quello della priorità delle misure di protezione collettiva rispetto alle misure di protezione individuale (DPI), tale principio è richiamato anche dall'art. 75 che indica che "I DPI devono essere impiegati quando i rischi non possono essere evitati o sufficientemente ridotti da misure tecniche di prevenzione, da mezzi di protezione collettiva, da misure, metodi o procedimenti di riorganizzazione del lavoro", e dall'art. 111 che, tra gli obblighi del datore di lavoro nell'uso di attrezzature per lavori in quota, propone tra i criteri di scelta delle misure di protezione la "priorità delle misure di protezione collettiva rispetto alle misure di protezione individuale".

Nel presente allegato sono riportate le principali misure di protezione collettiva per il rischio di esposizione ad agenti chimici provenienti da suolo insaturo e/o acque di falda contaminate. Nella trattazione tali misure di protezione collettiva sono differenziate in funzione della tipologia di

ambiente: aperto (*outdoor*) o chiuso (*indoor*). Le strategie per ridurre l'esposizione a sostanze chimiche per inalazione in ambienti chiusi (*indoor*) si possono differenziare in:

- *sistemi di protezione attivi*: tali sistemi richiedono un consumo continuo di energia, la maggior parte si basa sull'ottenimento di un gradiente di pressione positivo nell'ambiente indoor (o negativo nelle aree adiacenti all'ambiente di lavoro) in cui si effettua l'intervento rispetto alle zone adiacenti, ottenuto con apporto di aria pulita. Alcune tecniche attive inoltre prevedono la rimozione, la diluizione dei vapori o gas presenti nell'ambiente o impediscono l'ingresso di sostanze volatili pericolose nell'ambiente stesso.
- *sistemi di protezione passivi*: tali sistemi richiedono un apporto di energia nullo o al più minimo per il funzionamento, questi si impiegano soprattutto nel caso di concentrazione di modesta entità. L'installazione di questi sistemi permette una riduzione della concentrazione di gas o vapori molto variabile, ma comunque inferiore a quella che si avrebbe con i sistemi attivi. Di contro l'efficacia di questo tipo di sistemi può essere influenzata dalle variazioni stagionali o da fattori meteorologici.

In Tabella 1 sono riportati i sistemi di protezione collettiva attivi e passivi descritti nel seguito dell'allegato. Si sottolinea che gli stessi possono essere impiegati singolarmente o in modo combinato, per migliorare l'efficacia dell'abbattimento. Per ulteriori approfondimenti è possibile fare riferimento ai documenti richiamati nella stessa.

Tabella 1: Principali sistemi di protezione collettiva attivi e passivi

Sistemi di protezione attivi	
Depressurizzazione: del terreno, al di sotto del solaio, delle pareti dell'edificio, degli ambienti adiacenti.	[US EPA, 2008] [ITRC, 2007] [US EPA, 1987] [NJ DEP, 2013] [ASTM E2435, 2010]
Pressurizzazione: Inversione della direzione del flusso d'aria o sovrappressione dello strato sottostante, Sistemi di ventilazione che aumentano il tasso di ricambio dell'aria o producono sovrappressioni tra interno ed esterno.	[US EPA, 2008] [ITRC, 2007] [ITRC, 2003] [Cal EPA, 2011]
Purificazione dell'aria interna o filtrazione/adsorbimento.	[US EPA, 2008] [ITRC, 2007]
Sistemi di protezione passivi	
Sigillatura delle fessure/fratture del basamento e/o delle pareti dell'edificio.	[US EPA, 2008] [ITRC, 2007] [US EPA, 1987]
Installazione di barriere al vapore.	[US EPA, 2008] [ITRC, 2007] [MassDEP, 2011] [ASTM E2435, 2010]
Ventilazione passiva: Ventilazione passiva al di sotto del solaio, Aumento del tasso di ricambio d'aria.	[US EPA, 2008] [ITRC, 2007] [CalEPA, 2011b] [ASTM E2435, 2010] [NJ DEP, 2013]
Monitoraggio ambientale.	[US EPA, 2008] [ITRC, 2007] [Cal EPA, 2011]
Buone prassi: Disporre gli edifici di cantiere in maniera selettiva sul sito, Disposizione degli spazi di lavorazione negli ambienti indoor.	[ITRC, 2007] [ITRC, 2003]

3.C.1.a Sistemi di protezione ATTIVI

Sistemi di depressurizzazione

Depressurizzazione del terreno o al di sotto del solaio. Questi sistemi impiegano dei ventilatori che aspirano l'aria contaminata convogliandola direttamente all'esterno, in tal modo creano una depressione al di sotto dell'edificio. La depressione d'aria che si crea per l'aspirazione fa sì che i composti volatili presenti nel suolo tendano a penetrare ulteriormente nel pozzetto o in prossimità del punto di aspirazione, piuttosto che all'interno dell'edificio. Tali ventilatori possono essere posti in pozzetti realizzati direttamente nel terreno, al di sotto del solaio o all'esterno dell'edificio e possono aspirare direttamente da uno o più pozzetti, dal vespaio o per mezzo di canalizzazioni permeabili. È importante che la bocchetta di espulsione dell'aria sia distante da finestre, porte, aperture e condotte di aspirazione dell'impianto di climatizzazione dell'ambiente indoor. Il numero di punti di aspirazione è ovviamente funzione dell'estensione e della conformazione dell'edificio, alcune pubblicazioni (esempio [US EPA, 2008]), suggeriscono di posizionare un aspiratore ogni 250m² ca. per ambienti di lavoro indoor all'interno di edifici con caratteristiche residenziali e un aspiratore ogni 4650 m² ca. per ambienti di lavoro all'interno di edifici con caratteristiche industriali (in questo secondo caso è previsto l'impiego di condotte di diametro maggiore) [US EPA, 1987]. Il sistema è applicabile principalmente a terreni con alta e media permeabilità, la sua efficacia è limitata solo nei casi di terreni molto umidi o con bassa permeabilità. La conformazione del solaio o delle fondazioni può porre delle limitazioni al posizionamento dei componenti del sistema. Richiede un'attenta manutenzione periodica.

Questi sistemi sono impiegati anche in altri ambiti, come nei casi di infiltrazione di radon, ed hanno riscosso grande successo per via della comprovata efficacia, trovando quindi un'ampia diffusione. Qualora applicati, a seguito di un'attenta progettazione, garantiscono un'efficacia che spesso può superare il 90% dell'abbattimento dei contaminanti. Inoltre possono essere associati ad altri sistemi attivi o passivi, quali ad esempio i sistemi di pressurizzazione dell'ambiente *indoor* o di sigillatura delle fessure/fratture dell'edificio. A proposito di quest'ultimo intervento, bisogna prestare attenzione all'impiego di sistemi di ventilazione che creino una depressione senza aver adeguatamente isolato gli ambienti di lavoro dalla zona in depressione, infatti la depressurizzazione di per sé tende ad aumentare l'entrata dei composti volatili richiamandoli per diffusione dal suolo. Un'altra accortezza che deve essere adottata qualora si impieghi questo sistema è il posizionamento del terminale di uscita della condotta di espulsione dei composti volatili aspirati ad una quota superiore alle aperture dell'edificio, per sicurezza sarebbe consigliabile superare la linea di colmo dell'edificio.

Per valutare il corretto funzionamento del sistema è possibile misurare il gradiente di pressione (negativo rispetto all'ambiente indoor) presente nel terreno o sotto il solaio. I sistemi di depressurizzazione sono generalmente progettati per realizzare un differenziale di pressione di almeno 0,02 pollici di colonna d'acqua (5 Pascal). È anche possibile effettuare un monitoraggio dell'aria indoor, a condizione che non siano presenti rilevanti sorgenti interne d'inquinamento. Un altro metodo per valutarne il corretto funzionamento è l'impiego di gas traccianti.

Depressurizzazione delle pareti o degli ambienti adiacenti all'area di lavoro o aspirazione dei vapori. Per questi sistemi valgono, approssimativamente, le stesse considerazioni fatte in precedenza. Il principio di protezione dei lavoratori è lo stesso infatti, evitare che i lavoratori siano esposti ad una qualsiasi fonte di inquinamento per inalazione creando una barriera formata da una via preferenziale per un potenziale contaminante. Questo tipo di sistema è impiegato quando la sorgente inquinante dell'ambiente indoor, nel quale si trovano gli addetti alla bonifica si trova non solo sotto all'ambiente stesso, ma anche tutt'attorno. In questo caso è importante isolare con cura l'ambiente di lavoro indoor dall'esterno o dagli ambienti adiacenti per evitare che avvengano possibili infiltrazioni di sostanze contaminanti. La depressurizzazione delle pareti può essere attuata solo in pre-

senza di particolari conformazioni costruttive quali ad esempio muratura a blocchetti cavi o presenza di intercapedini. L'applicazione di questo tipo di sistemi (soprattutto per l'aspirazione dalle pareti) risulta agevole principalmente in edifici di nuova progettazione, diventando di difficile attuazione o al limite impossibile per edifici preesistenti [US EPA, 1987]. Anche in questo caso è necessario porre una particolare cura nell'isolare le zone in depressione dagli ambienti di lavoro per limitare l'introduzione di composti volatili in questi ultimi ambienti. Così come per il sistema precedente è consigliabile posizionare il terminale di uscita della condotta di espulsione dei composti volatili aspirati ad una quota superiore alle aperture dell'edificio o meglio al di sopra della linea di colmo dell'edificio.

Confinamento dinamico. In relazione alla depressurizzazione, nei casi in cui la fonte di inquinamento sia circoscritta e qualora non si voglia la sua diffusione nell'ambiente circostante, si può mettere in depressione un intero ambiente. Questo tipo di intervento, largamente utilizzato nel caso delle bonifiche di amianto, viene realizzato installando appositi estrattori d'aria che, prelevando aria da un ambiente "chiuso", mantengono lo stesso in costante depressione. L'aria estratta dall'ambiente deve essere opportunamente filtrata prima di poter essere espulsa nell'ambiente esterno. Si presti attenzione al fatto che ponendo l'ambiente in depressione si crea un canale preferenziale di diffusione dei composti volatili che quindi raggiungono concentrazioni molto elevate all'interno dell'ambiente chiuso. In conseguenza di quanto appena detto, per la sicurezza degli operatori che dovranno eventualmente lavorare all'interno di questo ambiente con alte concentrazioni di composti volatili, dovranno essere adottati Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) che possano proteggere adeguatamente gli operatori. Questo tipo di intervento, necessariamente deve essere abbinato ad una sigillatura dell'ambiente che ne mantenga inalterata l'efficacia.

Sistemi di pressurizzazione

Inversione della direzione del flusso d'aria o sovrappressione dello strato sottostante. Nei casi in cui i sistemi depressurizzazione/aspirazione dell'aria dal terreno sottostante o i sistemi di diluizione dei contaminanti con aria ambiente risultino avere un'efficacia insufficiente è possibile adottare un sistema che inverte il flusso d'aria indirizzandolo dall'ambiente di lavoro verso il terreno. Questo sistema ha lo scopo di creare una zona di sovrappressione sotto ai locali indoor con presenza di lavoratori, convogliando quindi i vapori verso il perimetro dell'edificio. Questo tipo di tecnologia è generalmente impiegato quando la permeabilità del terreno sottostante l'ambiente è troppo elevata per garantire una depressurizzazione sufficiente. L'installazione è possibile sia in strutture esistenti che nuove, soprattutto nel caso in cui la struttura sia provvista di vespaio sottostante o membrana. Presentano lo svantaggio di richiedere più energia di un sistema con depressurizzazione, inoltre bisogna prestare particolare attenzione a sigillare crepe, fessurazioni, punti di ingresso delle condotte dei servizi che possono rappresentare vie di ingresso preferenziali.

Sistemi di ventilazione che producono sovrappressioni tra interno ed esterno. Questi si basano sullo stesso principio di protezione dei sistemi di depressurizzazione del terreno, del solaio sottostante, delle pareti o degli ambienti adiacenti quello di lavoro, ovvero creare una zona protetta, per mezzo di una sovrappressione, nella quale è impedito l'ingresso di vapori o gas nocivi per i lavoratori. La sovrappressione è ottenuta per mezzo di sistemi di ventilazione attivi che immettono aria eventualmente filtrata all'interno dell'ambiente indoor. Questo metodo è adottato quale misura di mitigazione del rischio d'inalazione, per via della minore efficacia da solo, infatti la sovrappressione dell'ambiente indoor da sola non è garanzia che si eviti l'ingresso di sostanze volatili pericolose. Sono sistemi con costi di installazione e manutenzione limitati e la cui installazione è possibile anche in strutture già esistenti, di contro gli organi meccanici del sistema richiedono una manutenzione regolare. Anche in questo caso, analogamente ai sistemi di depressurizzazione del terreno, per valutarne il corretto funzionamento è possibile misurare il gradiente di pressione (positivo rispetto all'esterno) presente nell'ambiente di lavoro.

Sistemi di purificazione o ventilazione

Sistemi di purificazione dell'aria interna o sistemi di adsorbimento. Questo metodo concettualmente ha un approccio complementare all'aumento della ventilazione indoor o alla sigillatura della struttura, infatti consiste nel trattamento dell'aria presente all'interno dell'ambiente indoor di lavoro per mezzo di sistemi di:

- purificazione dell'aria. Questi si basano su filtri passivi che quindi hanno un meccanismo di filtraggio di tipo meccanico;
- filtrazione per adsorbimento. Questi sistemi, di tipo chimico, si possono basare su diversi meccanismi, come l'impiego di zeolite, l'adsorbimento con carbonio, l'ossidazione con ozono, l'ossidazione foto catalitica, ecc. a seconda del tipo di contaminante presente.

Bisogna evidenziare che alcuni metodi di filtrazione basati sull'adsorbimento, quali quelli che fanno uso di zeolite e carbonio, generano dei rifiuti che devono essere smaltiti in modo appropriato, mentre quelli che producono ozono durante la filtrazione possono portare potenzialmente ad altri problemi per la salute degli occupanti, come evidenziato da alcune agenzie di regolamentazione, quale ad esempio quella dello Stato della California.

La tecnologia attualmente considerata più interessante è quella di ossidazione foto catalitica, poiché si converte la maggior parte dei composti organici volatili indoor in anidride carbonica e acqua. Tuttavia uno studio [Henschel, 1998] ha confrontato la convenienza economica di questo tipo di sistemi con quelli a carboni attivi per alcune delle sostanze più pericolose (TCE, formaldeide, acetone, benzene e toluene), e ha concluso che per la maggior parte dei contaminanti il sistema a carboni attivi è il più conveniente in rapporto all'efficacia.

In generale questi sistemi risultano avere una elevata efficienza e tempi di pulizia dell'aria molto ridotti, di contro possono avere costi molto elevati sia per l'installazione che per la manutenzione, inoltre generano dei rifiuti che vanno smaltiti in modo appropriato. Sono sistemi di agevole installazione in edifici preesistenti.

Sistemi di diluizione dei contaminanti con aria. Questo sistema, molto diffuso, viene impiegato in alternativa ai sistemi di depressurizzazione/aspirazione dell'aria dal terreno o dal vespaio. La diluizione dei contaminanti con aria si ottiene immettendo all'interno dell'ambiente di lavoro di aria pulita esterna ed estraendo, con opportuni sistemi di filtrazione, una quantità leggermente inferiore (per garantire una leggera sovrappressione dell'ambiente di lavoro) di aria contaminata.

Questo tipo di approccio è risultato il più efficace ed economicamente conveniente per l'impiego in strutture esistenti o in alternativa dove l'installazione di un sistema di ventilazione depressurizzazione/aspirazione dell'aria dal terreno o dal solaio sottostante risulti tecnicamente di difficile realizzazione o antieconomica. È necessario garantire un adeguato flusso d'aria all'interno dell'ambiente di lavoro, al fine di diluire in tempi brevi i contaminanti presenti. Alcuni studi [CIRIA, 1994] hanno dimostrato che i metodi che si basano esclusivamente sull'aumento della ventilazione nello spazio indoor senza sovrappressione possono ottenere riduzioni delle concentrazioni al massimo del 50-75%.

Una sintesi di quanto detto in relazione ai sistemi attivi e alle loro caratteristiche è riportata in Tabella 2.

Tabella 2: Sistemi di protezione attivi

Sistema	Costi ¹	Vantaggi	Svantaggi	Applicazioni ²	Livello di riduzione ottenibile ^{2,3}	Costi relativi ²		
						I	G&M	Mon.
Depressurizzazione del terreno o al di sotto del solaio.	Installazione 1000-5000 \$ (escluso il costo delle eventuali barriere impermeabili necessarie), esercizio e manutenzione 50-400 \$/anno.	Efficace anche in assenza di una perfetta sigillatura dell'edificio. Efficacia di abbattimento pari al 90-99%. Applicabile principalmente a terreni con alta e media permeabilità.	Richiede una manutenzione periodica. Scarsa efficacia in terreni umidi o a bassa permeabilità. La conformazione del solaio o delle fondazioni può porre delle limitazioni al posizionamento delle parti del sistema.	Industriale, Commerciale, Residenziale Nuovi o esistenti (solo con determinate configurazioni delle fondazioni)	B - E	M-E	B-M	B
Sistemi di depressurizzazione/aspirazione dei vapori delle pareti o degli ambienti adiacenti all'area di lavoro.	Installazione 1000-5000 \$ (escluso il costo delle eventuali barriere impermeabili necessarie), esercizio e manutenzione 50-200 \$/anno.		Sono sistemi complessi da realizzare e mantenere in esercizio; di difficile applicabilità in edifici preesistenti.	Industriale, Commerciale, (anche Residenziale per aspiraz. dei vapori dalle pareti) Nuovi o esistenti				
Sistemi di inversione della direzione del flusso d'aria o sovrappressione dello strato sottostante	Installazione 10 - 50 \$/m ² , esercizio e manutenzione > 50-400 \$/anno.	È più efficace della depressurizzazione per i terreni molto permeabili. È possibile installarli sia in strutture esistenti che in strutture nuove, soprattutto se con vespaio o membrana sottostante.	Richiede più energia di un sistema con depressurizzazione; crepe o fessurazioni possono rappresentare vie di ingresso preferenziali; non è ne efficiente ne conveniente per suoli poco permeabili.	Industriale, Commerciale, Residenziale Nuovi o esistenti	B	B-M	B	B-M
Sistemi di ventilazione che producono sovrappressioni tra interno ed esterno.	Installazione 300-1000 \$ (escluso il costo delle eventuali barriere impermeabili necessarie), esercizio e manutenzione 200-750 \$/anno.	Sono sistemi di protezione che richiedono spese di installazione e manutenzione minori; è possibile installarli sia in strutture esistenti che in strutture nuove.	È utilizzabile solo per brevi periodi di tempo; richiede una manutenzione regolare.	Industriale, Commerciale Nuovi o esistenti	B	B	M-E	B B-M

Segue Tabella 2

Sistema	Costi ¹	Vantaggi	Svantaggi	Applicazioni ²	Livello di riduzione ottenibile ^{2,3}			Costi relativi ²	
					B	M-E	I	G&M	Mon.
Sistemi di purificazione dell'aria interna o sistemi di adsorbimento come la filtrazione con filtri ai carboni attivi.	Installazione 20000 \$, esercizio e manutenzione 15000-20000 \$/anno.	Sono sistemi molto efficienti, che prevedono tempi di pulizia dell'aria ambiente particolarmente rapidi e risultano di facile applicabilità in edifici preesistenti.	I metodi di filtrazione basati sull'adsorbimento generano dei rifiuti che devono essere smaltiti in modo appropriato, mentre quelli che producono ozono durante la filtrazione possono portare potenzialmente ad altri problemi per la salute degli occupanti. Presentano costi di installazione e gestione elevati.	Industriale, Commerciale	B	M-E	B-E	B-E	B-M
Sistemi di diluizione dei contaminanti con aria ambiente		Maggiore efficacia e convenienza in strutture esistenti o dove l'installazione di un sistema di depressurizzazione /aspirazione dell'aria dal terreno o dal solaio sottostante risulti tecnicamente di difficile realizzazione. Facilmente installabili anche in strutture esistenti.	I metodi che si basano esclusivamente sull'aumento della ventilazione nello spazio indoor senza sovra pressione possono ottenere riduzioni delle concentrazioni dell'ordine del 75%.	Industriale, Commerciale	B	M-E	B-E	B-E	B-M

Fonte: ITRC, 2003; ITRC, 2007; US EPA, 2008; CalEPA, 2011 b

Note:

B=Basso; M=Medio; E=Elevato

I=Installazione; G&M= Gestione e Manutenzione; Mon.=Monitoraggio

¹ Tutti i costi sono inclusivi di manodopera, attrezzature, e materiali e non comprendono trattamento dei gas. I costi unitari sono in dollari al 2004, sono stimati sulla base dei prezzi del mercato e dell'esperienza di alcuni progetti statunitensi. Questi costi non includono le spese di coordinamento, ottenimento dei permessi, progetto, parcella dei professionisti, osservazione / controllo, monitoraggio aria / laboratorio di analisi, rilievi di cantiere. I costi riportati, laddove sono unitari, si riferiscono al trattamento di una superficie di circa 4000 ft² (371 Mq).

² [Cal EPA, 2011b]

³ Stima basata sull'approccio "multiple lines of evidence" secondo quanto previsto nel documento [CalEPA, 2011].

3.C.1.b Sistemi di protezione PASSIVI

Sistemi di sigillatura

Una delle possibili fonti di infiltrazione nell'ambiente indoor è data dalle imperfezioni della pavimentazione, dei punti di penetrazione di impianti e servizi e da fessure e crepe che si sono formate nel tempo nelle pareti e che permettono la penetrazione nell'ambiente di lavoro di gas e vapori nocivi provenienti dal sottosuolo.

Sigillatura del perimetro/involucro dell'ambiente. Per limitare il fenomeno si possono sigillare le fessure, crepe, aperture e gli attraversamenti e gli ingressi degli impianti e dei servizi nell'ambiente indoor. Tale operazione, limitando la penetrazione di gas e vapori, rende altre tecniche di protezione collettiva più efficaci. In considerazione di quanto appena detto è utile abbinare questa tecnica ad altre di protezione da vapori o gas nocivi quale ad esempio la depressurizzazione/aspirazione dei vapori dal terreno, l'inversione della direzione del flusso d'aria o sovrappressione dello strato sottostante. I materiali impiegati per sigillare l'ambiente indoor devono possedere le seguenti caratteristiche: una buona aderenza ai materiali da costruzione, una buona lavorabilità a temperatura ambiente, un'alta elasticità e compressibilità per resistere alle sollecitazioni in fondazione, avere un buon grado di recupero dopo lo stiramento o la compressione, avere buona durata e impermeabilità e infine avere basse emissioni di COV. Generalmente per questo tipo di applicazioni vengono impiegate gomme sintetiche, materiali acrilici, sigillanti a base di olii, cemento espansivo (o con basso contenuto di acqua per evitare porosità e screpolature), siliconi speciali e polimeri elastomerici ad alta densità. È in generale sconsigliato l'impiego di silicone o di polimeri elastomerici a bassa densità a causa della loro maggiore permeabilità. Se si impiega questo tipo di tecnica bisogna prestare la massima attenzione a individuare e sigillare correttamente tutte le vie di ingresso dei potenziali contaminanti e a che non vi siano fonti di contaminazione interne, in quest'ultimo caso si avrebbe un eccessivo aumento della concentrazione degli inquinanti. In considerazione di quanto appena detto è sempre bene eseguire una verifica dell'integrità del sistema dopo l'installazione (esempio con gas traccianti). Questo sistema prevede una regolare manutenzione al fine di garantire la perfetta efficienza della sigillatura, infatti anche fori di piccole dimensioni potrebbero renderlo inefficace.

Installazione di barriere al vapore. Nel caso di realizzazione di barriere al vapore che limitino la diffusione degli inquinanti volatili nell'ambiente di lavoro ed eventualmente da questo verso l'esterno, è opportuno impiegare per la loro realizzazione materiali impermeabili a gas e vapori. I principali materiali impiegati per la realizzazione di barriere passive si dividono in due categorie quelli in fogli o membrane e quelli fluidi applicati a spruzzo o per colaggio. Il primo è composto generalmente da fogli di polietilene, di polietilene ad alta densità, polivinilcloruro o di gomma EPDM (Etilene Propilene Diene Monomero). Il limite principale di questo tipo di materiali è la scarsa resistenza meccanica verso i ferri di armatura e la difficile modellabilità, quindi l'applicazione deve essere effettuata con attenzione. Il secondo tipo di materiali sono le membrane fluide applicate alla struttura che permettono di seguire la forma della struttura sigillando anche le fessure di minori dimensioni pur avendo una minore durata nel tempo rispetto ai primi. Anche in questo caso è opportuno, dopo l'installazione, effettuare una verifica dell'integrità del sistema.

Confinamento statico. Nel caso in cui la zona di diffusione degli inquinanti volatili sia circoscritta e qualora non si voglia la loro diffusione nell'ambiente circostante, è possibile realizzare attorno all'area o alla struttura da cui si diffondono, strutture prefabbricate (generalmente con tubi e giunti o con travetti di legno) alle quali vengono fissati teli che realizzano una completa sigillatura della zona. Questo tipo di intervento è largamente utilizzato nel caso delle bonifiche di amianto. L'impiego di questo sistema di sigillatura prevede obbligatoriamente l'adozione di sistemi di ricambio dell'aria con apporto di aria "pulita" esterna e filtrazione dell'aria prima dell'espulsione al fine di evitare concentrazioni eccessive al proprio interno. A questo riguardo, per la sicurezza degli ope-

ratori che dovranno eventualmente lavorare all'interno di questo ambiente con alte concentrazioni di composti volatili, è opportuno che siano adottati anche appropriati Dispositivi di Protezione Individuale (DPI).

Sistemi di ventilazione passiva

Sistema di ventilazione passivo del vespaio con flusso convettivo. Questo metodo di protezione degli ambienti di lavoro consiste nell'installazione di un sistema di aerazione naturale supplementare e nel posizionamento di una barriera al vapore supplementare che isoli l'ambiente indoor dal terreno o eventualmente dal vespaio.

Viene realizzato installando all'interno dell'edificio una o più canalizzazioni di sfianto che, attraversando la barriera supplementare, mettono in comunicazione l'area sottostante l'ambiente di lavoro (vespaio, ambiente tecnico, ecc.) con l'esterno in posizione sopraelevata rispetto all'edificio. La canalizzazione può essere riscaldata in modo da favorire il moto convettivo ascendente dell'aria, inoltre le dimensioni di questa dovranno essere adeguate alla concentrazione di contaminanti volatili presenti. In aggiunta si può prevedere l'installazione di una rete di raccolta dei vapori o gas con condotte orizzontali al di sotto dell'ambiente indoor, la cui installazione può avere anche costi considerevoli, quindi ne deve essere valutata la convenienza di volta in volta. Questo sistema ha il vantaggio, se progettato con attenzione, di poter essere facilmente trasformato in un sistema attivo e di essere facilmente adottabile in edifici di nuova realizzazione. Gli svantaggi principali sono la minore efficienza rispetto ai sistemi attivi (migliorabile con un'attenta progettazione), la forte dipendenza dai gradienti di temperatura e di vento e la limitata efficacia talvolta in strutture esistenti.

Aumento della ventilazione naturale nell'ambiente di lavoro. Tale strategia è attuabile con la realizzazione di aperture supplementari, finestre, porte o sfianti, nell'involucro dell'edificio. L'aumento della ventilazione naturale è finalizzato a miscelare l'aria interna contenente vapori o gas con quella esterna "pulita", riducendo così i livelli interni dei contaminanti. I vantaggi sono che è realizzabile, in alcuni casi, con risorse economiche molto contenute e che può essere di facile applicabilità negli edifici preesistenti a patto che vengano rispettate le norme di protezione sismica e i calcoli di resistenza statica dell'edificio. Tuttavia, se l'ambiente di lavoro indoor sfrutta un "effetto camino", per la ventilazione interna degli ambienti, bisogna considerare che una nuova apertura ad uno dei piani superiori a quello con pressione neutra può alterare i flussi di ventilazione interna, aumentando in alcuni casi l'aspirazione di inquinanti dal sottosuolo. Tale misura di protezione ha un carattere temporaneo, infatti alcuni studi [Babyak e Welt, 2006] hanno dimostrato che chiudendo le aperture supplementari realizzate il livello di contaminazione indoor, in una struttura permeabile al passaggio dei contaminanti, torna ai valori precedenti entro circa 12 ore.

Modifica delle fondazioni. Per limitare la contaminazione indoor all'interno di edifici o strutture preesistenti si può prevedere di modificare, nel rispetto delle norme di protezione sismica e dei calcoli di resistenza statica dell'edificio, la conformazione delle fondazioni. Questo tipo di intervento, che principalmente viene compiuto realizzando aperture supplementari nel vespaio o nelle fondazioni, ha la finalità di permettere un migliore ricambio d'aria al di sotto della costruzione e quindi una diluizione dei contaminanti. Questo intervento generalmente è abbinato alla sigillatura delle fondazioni o del vespaio della costruzione e può essere adottato sia per edifici con caratteristiche industriali/commerciali che in quelli con caratteristiche residenziali. L'opportunità di applicare questa soluzione deve essere valutata di volta in volta in considerazione dell'economicità dell'intervento. È utile prevedere un monitoraggio per controllare l'efficacia della soluzione [CalEPA, 2011b]. Per tutte le misure fin qui esposte andrebbe verificata periodicamente l'efficacia e, di conseguenza, predisposto un adeguato piano di manutenzione.

Sistemi di monitoraggio

Per tutti i sistemi sopra descritti, quale misura ulteriore, si può prevedere di effettuare un monito-

raggio ambientale [US EPA, 2008]. Questo aiuta a verificare che durante la permanenza dei lavoratori permangano le condizioni di sicurezza, verificando istantaneamente le concentrazioni delle sostanze tossiche presenti nell'atmosfera. Questa misura permette di verificare con immediatezza l'efficacia dei metodi di limitazione della contaminazione indoor e il loro corretto funzionamento e di ricavare il livello di rischio cui sono esposti i lavoratori [Cal EPA, 2011].

Buone pratiche

Una misura gestionale è ottenuta con la disposizione degli edifici di cantiere in maniera selettiva sul sito, qualora le caratteristiche del sito e i processi lavorativi lo permettano, al fine di evitare un'eccessiva esposizione dei lavoratori per inalazione. In tal senso può essere utile evitare le aree di maggior contaminazione del terreno poiché i vapori e i gas che esalano dal suolo potrebbero introdursi all'interno degli edifici di cantiere esponendo i lavoratori a concentrazioni eccessive di sostanze pericolose per inalazione e comunque prevedere una base sufficientemente ventilata sulla quale posizionare gli edifici di cantiere [ITRC, 2007]. Tale sistema ha il vantaggio poter essere realizzato, nei casi più semplici, senza costi aggiuntivi.

Seguendo lo stesso principio precauzionale è utile un'attenta disposizione degli spazi di lavoro negli ambienti indoor, qualora i processi lavorativi lo permettano, al fine di minimizzare l'esposizione dei lavoratori per inalazione. Anche questa misura può essere realizzata senza costi aggiuntivi, qualora attuabile, in considerazione delle fasi e dei processi lavorativi.

Misure comportamentali

Tra le misure generali di tutela, negli ambienti indoor a potenziale rischio inalazione per i lavoratori, che riguardano una corretta gestione e organizzazione del lavoro, vanno annoverate alcune indicazioni di carattere comportamentale [ITRC, 2007]:

- ridurre al minimo la presenza dei lavoratori per numero di ore,
- ridurre al minimo la presenza dei lavoratori per numero di addetti,
- ridurre al minimo la presenza dei lavoratori per vicinanza alle aree a maggior rischio.

Inoltre i lavoratori dovrebbero evitare di fumare, bere o mangiare pasti all'interno delle aree a maggiore rischio o durante le operazioni nelle quali l'esposizione per inalazione è maggiore. Tutti i lavoratori dovrebbero fare una doccia a fine turno. Nel caso di sostanze di agenti chimici potenzialmente infiammabili o esplosivi bisogna evitare di adottare lavorazioni che prevedano l'impiego di fiamme libere, adottare impianti elettrici e attrezzature antideflagranti, adottare materiali e abiti da lavoro che evitino l'innesco di cariche elettrostatiche, rendere facilmente disponibili i mezzi antincendio specifici (coperta antifiama, estinguenti specializzati, ecc.) [ITRC, 2003].

Una sintesi di quanto detto in relazione ai sistemi passivi e alle loro caratteristiche è riportata in Tabella 3.

Tabella 3: Sistemi di protezione collettiva passivi

Sistema	Costi¹	Vantaggi	Svantaggi
Sistema di ventilazione passivo del vespaio con flusso convettivo	Installazione 500 - 3000 \$ (escluso il costo delle eventuali barriere impermeabili necessarie) [0.50-5 \$/ft ²], esercizio e manutenzione 100 - 500 \$/anno.	Non richiede grandi spese di manutenzione; può essere realizzato, nei casi più semplici, con costi limitati; può essere convertito facilmente, se progettato adeguatamente, in un sistema attivo; è facilmente applicabile ad edifici di nuova edificazione.	Non è efficiente come i sistemi attivi; risente dei gradienti di temperatura e del vento; richiede un'attenta progettazione per avere una buona efficienza; richiede, se riscaldato, un minimo apporto di energia; può avere una limitata efficacia nelle strutture esistenti.
Aumento della ventilazione naturale dell'ambiente di lavoro	Variabile	Economicità dell'intervento; Basse spese di manutenzione; di facile applicabilità negli edifici preesistenti a patto che vengano rispettate le norme di protezione sismica e i calcoli di resistenza statica dell'edificio.	Alterazione dei flussi di ventilazione interna nel caso di una costruzione che sfrutta l'"effetto camino". Limitata durata nel tempo dei benefici in caso di chiusura delle aperture.
Modifica della fondazione delle costruzioni preesistenti.	Variabile	Non richiede grandi spese di gestione e di manutenzione.	Costo dell'intervento elevato potenzialmente; può essere di difficile applicazione per la necessità di rispettare la normativa antisismica e la resistenza statica dell'edificio.
Sigillatura del perimetro/involucro dell'ambiente o installazione di barriere al vapore.	Installazione 2 - 3 \$/ft (0.50 - 5 \$/ft ² per membrane fluide), esercizio e manutenzione 200-500 \$/anno.	Migliora di molto l'efficacia di altre tecniche di protezione; ha costi moderati; non ha parti meccaniche; perfetta sigillatura di tutte le crepe e fessure con le membrane fluide; di facile applicabilità anche in edifici preesistenti	Da solo non sempre garantisce una protezione adeguata; può essere difficile individuare e sigillare correttamente tutte le vie di ingresso dei potenziali contaminanti; non è applicabile nel caso di fonti di contaminazione interne; piccoli fori lo possono rendere inefficace; di difficile applicabilità su edifici esistenti. È indispensabile eseguire una verifica dell'integrità dopo l'installazione e eseguire scrupolosamente il programma di manutenzione. Per i materiali sotto

Segue Tabella 3

Sistema	Costi ¹	Vantaggi	Svantaggi
			forma di guaina: scarsa resistenza meccanica verso i ferri di armatura, difficile modellabilità, lavorazione complessa. Per le membrane fluide: minore resistenza meccanica, minore durata nel tempo.
Disposizione selettiva degli edifici di cantiere sul sito per evitare un'eccessiva esposizione dei lavoratori per inalazione.		Può essere realizzato, nei casi più semplici, senza costi aggiuntivi.	Non è sempre attuabile, in considerazione della morfologia del sito, della vastità della contaminazione e delle fasi e dei processi lavorativi.
Disposizione selettiva degli spazi di lavorazione nell'ambiente indoor al fine di minimizzare l'esposizione dei lavoratori per inalazione.		Può essere realizzato, nei casi più semplici, senza costi aggiuntivi.	Non è sempre attuabile, in considerazione delle fasi e dei processi lavorativi.

Fonte: ITRC, 2003; ITRC, 2007; US EPA 2008

¹ Tutti i costi sono inclusivi di manodopera, attrezzature, e materiali e non comprendono trattamento dei gas. I costi unitari sono in dollari al 2004, sono stimati sulla base dei prezzi, dei prezzi di mercato e dell'esperienza di alcuni progetti statunitensi. Questi costi non includono le spese di: coordinamento, ottenimento dei permessi, progetto, parcella dei professionisti, osservazione / controllo, monitoraggio aria / laboratorio di analisi, rilievi di cantiere [US EPA 2008].

3.C.2 Inalazione in ambienti aperti

Le misure di protezione collettiva per i lavoratori esposti all'aperto a sostanze chimiche per inalazione sono quasi tutte di natura gestionale, ad eccezione di quelle di natura tecnica che di seguito verranno esposte.

Abbattimento delle polveri e degli odori ad umido. Le polveri sono dei sistemi di trasporto dei contaminanti chimici, risultando di conseguenza pericolose per gli operatori sia per contatto dermico che per inalazione. L'abbattimento ad umido è la principale e più diffusa misura di natura tecnica e viene generalmente utilizzato per controllare lo sviluppo incontrollato di gas, vapori o particelle solide. Le polveri sono separate dall'aria per effetto dell'impatto fisico con l'acqua, mentre i gas e i vapori vengono separati efficacemente solo se sono solubili nel liquido utilizzato per l'abbattimento. In alcuni casi, in alternativa all'acqua, si possono impiegare miscele di sostanze che agiscono modificando la volatilità della sostanza inquinante. L'efficienza di abbattimento dipende dalla dimensione delle polveri: è alta per particelle di grandi dimensioni, mentre per particelle di dimensioni ridotte è necessario adottare particolari condizioni operative (Tabella 4). L'abbattimento delle polveri e dei vapori ad umido è realizzabile attraverso la semplice bagnatura dei terreni da movimentare. In caso di inquinamento da amianto è raccomandabile l'utilizzo in soluzione di sostanze inglobanti. Per riuscire ad ottenere un abbattimento più efficace e con notevole risparmio idrico sono disponibili dei sistemi capaci di nebulizzare l'acqua e di trasferirla anche ad una notevole distanza dal punto di emissione, in tal modo si riesce ad abbattere una percentuale maggiore di polveri, vapori e gas.

Sistemi di copertura temporanea del terreno con teli. Questi consentono di "isolare" temporaneamente la sorgente di contaminazione, evitando il contatto diretto e il trasporto di polveri nonché abbattere eventuali vapori potenzialmente contaminati. Questa misura di protezione consiste nell'installare una barriera, generalmente costituita da un telo, che impedisca la propagazione per via aerea dei contaminanti ed è complementare in termini temporali ai sistemi ad umido. Ha il pregio di ridurre il rischio di contaminazione del suolo e della falda sottostante poiché limita l'infiltrazione di acque meteoriche inoltre limita le emissioni di gas, previene la fuoriuscita superficiale di contaminanti e protegge dall'azione erosiva degli agenti atmosferici. A seconda del materiale con cui è realizzata presenta caratteristiche variabili di impermeabilità e di resistenza meccanica, inoltre alcuni materiali sono chimicamente suscettibili di degradazione a contatto con alcuni inquinanti (ad esempio il Polietilenclorosolfonato CSPE si degrada in presenza di idrocarburi e solventi clorurati). Generalmente non sono coperture carabibili salvo la stesura di un ulteriore strato di regolarizzazione [Provincia di Milano, 2003] (Tabella 4).

Limitazione delle polveri diffuse dalle ruote degli automezzi. A tal fine possono essere previsti dei sistemi di pulizia delle ruote degli automezzi di cantiere potenzialmente contaminati. Questi sistemi generalmente sono realizzati con degli spruzzatori e/o delle vasche vere e proprie per il lavaggio, a spruzzo o ad immersione, delle ruote degli automezzi (Tabella 4).

Reti antivento. Per limitare la propagazione delle polveri verso le zone limitrofe del cantiere è utile anche il semplice utilizzo di reti antivento ai margini delle zone di lavoro, preferibilmente di maggiore altezza rispetto a quelle di utilizzo comune.

Isolamento delle macchine da cantiere. In caso di inquinamenti di particolare intensità, è raccomandabile l'utilizzo di macchine operatrici con cabina pressurizzata e climatizzata, dotate di filtri antipolvere ad alta efficienza (HEPA) con eventuale aggiunta di filtri a carbone attivo specifici se le necessità di protezione coinvolgono sostanze volatili. In assenza di tali dispositivi, l'operatore della macchina dovrà utilizzare adeguati DPI e dovrà essere prevista una specifica procedura di controllo e sanificazione delle cabine al termine del lavoro.

Buone pratiche e misure comportamentali

Anche in questo caso come per gli ambienti indoor è necessario pianificare preliminarmente la disposizione delle postazioni di lavoro al fine di minimizzare l'esposizione dei lavoratori per inalazione. Tra le precauzioni inerenti la gestione delle attività svolte dagli operatori vanno annoverate le seguenti indicazioni:

- prevedere specifici momenti di formazione sui rischi di ogni cantiere e sulle procedure di sicurezza definite,
- prevedere spogliatoi con rigida separazione tra indumenti da lavoro e indumenti civile e con servizi igienici adeguati,
- progettare un efficiente sistema di viabilità interna in grado di ridurre la *cross contamination*,
- ridurre al minimo la presenza dei lavoratori per numero di ore,
- ridurre al minimo la presenza dei lavoratori per numero di addetti,
- ridurre al minimo la presenza dei lavoratori per vicinanza alle aree a maggior rischio,
- evitare di fumare, bere o mangiare pasti all'interno delle aree a rischio,
- mantenere chiusi i finestrini dei mezzi di cantiere aerando le cabine con l'impianto di condizionamento,
- pulire e verificare periodicamente la pulizia delle cabine di guida e dei pneumatici dei mezzi di cantiere,
- sostituire e verificare periodicamente l'efficienza e la pulizia dei filtri dell'impianto di condizionamento dei mezzi di cantiere,
- verificare periodicamente l'efficienza delle attrezzature e dei dispositivi di sicurezza del cantiere
- limitare la velocità dei mezzi sulle strade non pavimentate.

Tabella 4: Sistemi di protezione in ambienti aperti

Sistema	Costi	Vantaggi	Svantaggi
Sistemi di abbattimento delle polveri a umido e di pulizia delle ruote degli automezzi.	Costi di esercizio e manutenzione elevati.	Efficace sistema di abbattimento delle polveri e degli odori outdoor.	Elevati consumi idrici, presenza di superfici fangose con liquidi inquinati; per il sistema di abbattimento delle polveri ad umido, dato il diametro ridotto degli ugelli è molto probabile che si otturino per accumulo di residui terrosi, pertanto è fondamentale una corretta e costante manutenzione degli stessi.
Copertura temporanea del terreno con teli	Costi limitati	Sono di agevole utilizzo e messa in opera; riduce il rischio di contaminazione del suolo e della falda; limita le emissioni di gas; previene la fuoriuscita in superficie di contaminanti; protegge dall'azione erosiva.	Generalmente non sono transitabili con automezzi; a seconda del materiale possono presentare delle incompatibilità chimiche con il contaminante; devono essere stoccati in condizioni idonee per evitare la degradazione.

Fonte: NEPC, 1999; US EPA, 2008; Provincia Milano, 2003

Allegato 3.D

Dispositivi di protezione individuale (DPI)

Dal punto di vista della sicurezza il D.Lgs. 81/2008 tratta il tema dei Dispositivi di Protezione Individuale nel Titolo III, Capo II (artt. 74-79) e nell'allegato VIII. Nello specifico si legge all'art 74, comma 1.

«Si intende per dispositivo di protezione individuale, di seguito denominato «DPI», qualsiasi attrezzatura destinata ad essere indossata e tenuta dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi suscettibili di minacciarne la sicurezza o la salute durante il lavoro, nonché ogni complemento o accessorio destinato a tale scopo».

L'uso dei DPI diviene obbligatorio (art. 75 del D.Lgs. 81/2008) quando, a seguito della preventiva valutazione dei rischi, emerge che vi sono rischi e che questi non possono essere evitati o sufficientemente ridotti da misure tecniche di prevenzione, da mezzi di protezione collettiva, da misure, metodi o procedimenti di riorganizzazione del lavoro. Di conseguenza, i DPI non devono essere sostituiti di protezioni collettive, quando queste ultime siano tecnicamente realizzabili.

Una volta stimato il rischio residuo (vale quel rischio che si può comunque manifestare nonostante l'attuazione delle possibili azioni previste), il datore di lavoro ha l'obbligo di scegliere, insieme con il Medico Competente, il Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione e il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza, DPI necessari e idonei ai rischi (artt.18 e 77 del D.Lgs. 81/2008), come indicato dalla Figura 1, e di fornirli ai lavoratori. Il D.Lgs. 81/2008 prevede che i DPI siano conformi alle norme di cui D.Lgs. 475/1992 e che siano adeguati ai rischi da prevenire, senza comportare di per sé un rischio maggiore; adeguati alle condizioni esistenti sul luogo di lavoro, tengano conto delle esigenze ergonomiche o di salute del lavoratore, possano essere adattati all'utilizzatore secondo le sue necessità (Art. 76 D.Lgs. 81/2008).

Al riguardo il D.M. 2 maggio 2001 riporta i "Criteri da utilizzare per l'individuazione e l'uso dei dispositivi di protezione individuale" la cui applicazione è stata confermata dal D.Lgs. 81/2008 fino all'emanazione del decreto previsto dall'art.79 comma 2 (Figura 1).

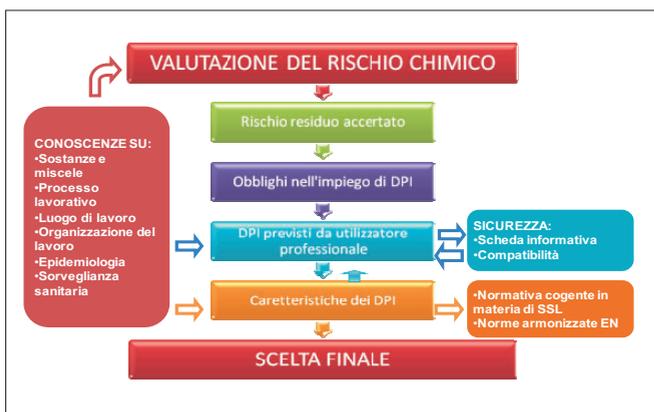


Figura 1: Procedura di scelta dei DPI

Si tenga, inoltre, conto che l'art. 18, comma 1, lettera z) del D.Lgs. 81/2008 prevede che "il datore di lavoro aggiorni le misure di prevenzione, ovvero in relazione al grado di evoluzione della tecnica della prevenzione e protezione" (principio ribadito anche in diverse sentenze che hanno sancito il principio della "fattibilità tecnologica" per la tutela della salute di un lavoratore).

I DPI sono divisi in tre categorie in funzione del tipo di rischio:

- *I categoria* – comprende tutti i DPI di progettazione semplice destinati a salvaguardare la persona da rischi di danni fisici di lieve entità;
- *II categoria* - appartengono alla seconda categoria i DPI che non rientrano nelle altre due categorie (esempio per occhi, mani, braccia, viso, ecc.);
- *III categoria* - comprende tutti i DPI di progettazione complessa destinati a salvaguardare da rischi di morte o di lesioni gravi e di carattere permanente (esempio vie respiratorie, protezione dagli agenti chimici aggressivi, ecc.).



Figura 2: Esempio di compatibilità tra diversi dispositivi di protezione

Per ogni categoria di appartenenza il DPI deve essere accompagnato almeno dalla seguente documentazione:

- *I categoria* – Dichiarazione di conformità rilasciata dal produttore;
- *II categoria* - prototipo corredato di Attestato di certificazione CE rilasciato da un organismo di controllo autorizzato e notificato;
- *III categoria* - prototipo corredato di Attestato di certificazione CE rilasciato da un organismo di controllo autorizzato e notificato e controllato nella fase di produzione (controllo del prodotto finito o controllo del sistema di qualità, artt. 9, 10 D.Lgs. 475/1992).

In generale i DPI possono essere classificati in base alle parti del corpo che devono proteggere:

- dispositivi di protezione della testa;
- dispositivi di protezione dell'udito;
- dispositivi di protezione degli occhi e del viso;
- dispositivi di protezione delle vie respiratorie;
- dispositivi di protezione delle mani e delle braccia;
- dispositivi di protezione dei piedi e delle gambe;
- dispositivi di protezione della pelle;
- dispositivi di protezione del tronco e dell'addome;
- dispositivi di protezione dell'intero corpo.

Il D.Lgs. 475/1992, che recepisce la Direttiva Europea 89/686 CEE, stabilisce le condizioni di immissione sul mercato e della libera circolazione intracomunitaria, nonché i requisiti essenziali di sicurezza cui i DPI devono soddisfare per preservare la salute e garantire la sicurezza degli utilizzatori. Tale decreto prevede:

- l'obbligatorietà della rispondenza del DPI a determinati requisiti di sicurezza e la loro compatibilità (Figura 2), elencati nell'allegato II del suddetto decreto;
- la possibilità di riferirsi alle norme comunitarie armonizzate CEE o a norme tecniche nazionali;
- l'obbligatorietà della Marcatura CE, nelle forme sotto riportate dove le quattro cifre riportate accanto al simbolo CE rappresentano il numero identificativo dell'Organismo Notificato che è intervenuto nella fase di certificazione del DPI, e del rilascio della Dichiarazione di conformità.

1° Categoria



2° Categoria



2° Categoria



La marcatura di conformità CE, secondo quanto previsto nel D.Lgs. 475/92, deve essere riportata in modo visibile e duraturo. Genericamente oltre alla marcatura CE su ogni dispositivo, se non meglio specificato dalla eventuale norma tecnica seguita, deve essere almeno presente: identificazione del fabbricante, riferimento al modello di DPI, qualsiasi riferimento opportuno caratteristico del DPI, norma di riferimento seguita (se presente).



Figura 3: Il Simbolo CE

Corretta scelta dei DPI

Ciò che emerge dalla lettura della Direttiva Europea 89/686 CEE, che definisce gli obblighi di Legge in materia di DPI, è il fatto che:

- un primo basilare elemento di conoscenza tecnica dei DPI lo si può trovare nelle Norme Tecniche Armonizzate (un elenco delle Norme Tecniche Armonizzate è disponibile nel documento *“Comunicazione della Commissione nell’ambito dell’applicazione della Direttiva 89/686/CEE del Consiglio, del 21 dicembre 1989, concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale”* pubblicato periodicamente sulla Gazzetta ufficiale dell’Unione europea [GUE, 2013]. A queste, infatti, la sopracitata normativa assegna il compito di definire, nei dettagli tecnici, la rispondenza dei DPI considerati ai richiesti requisiti essenziali di sicurezza; le stesse individuano perciò requisiti prestazionali protettivi minimi e metodologie di prova necessarie a testarli la cui osservanza assicura a questi prodotti una presunzione di conformità ai requisiti essenziali della direttiva;
- un secondo importante elemento per orientare la corretta scelta dei DPI è la Nota informativa¹ (o Libretto d’uso e manutenzione) fornita dal costruttore come documento obbligatorio previsto dal regime certificativo CE, in quanto considerata tra i requisiti essenziali di sicurezza che tutti i DPI devono possedere; in essa si trovano le informazioni inerenti lo specifico DPI selezionato (Figura 2);
- nel caso di protezione da agenti chimici pericolosi, quanto indicato al Punto 8 della Scheda di dati di Sicurezza della sostanza o preparato, verificando che le informazioni relative al DPI suggerito corrispondano alle effettive condizioni operative.

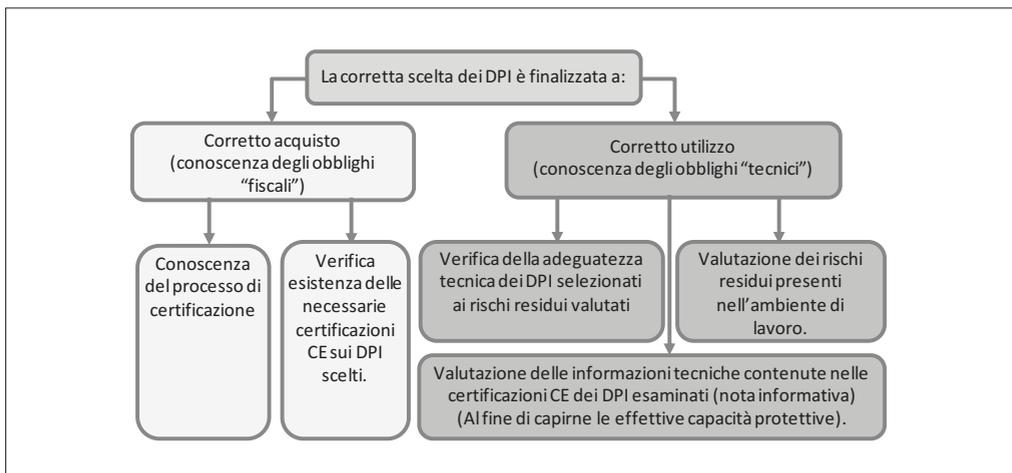
¹ La nota informativa preparata e rilasciata obbligatoriamente dal fabbricante per i DPI immessi sul mercato deve contenere, oltre al nome e all’indirizzo del fabbricante o del suo mandatario nella Comunità, ogni informazione utile concernente: a) le istruzioni di deposito, di impiego, di pulizia, di manutenzione, di revisione e di disinfezione. I prodotti di pulizia, di manutenzione o di disinfezione consigliati dal fabbricante non devono avere nell’ambito delle loro modalità di uso alcun effetto nocivo per i DPI o per l’utilizzatore; b) le prestazioni ottenute agli esami tecnici effettuati per verificare i livelli o le classi di protezione dei DPI; c) gli accessori utilizzabili con i DPI e le caratteristiche dei pezzi di ricambio appropriati; d) le classi di protezione adeguate a diversi livelli a rischio e i corrispondenti limiti di utilizzazione; e) la data o il termine di scadenza dei DPI o di alcuni dei loro componenti; f) il tipo di imballaggio appropriato per il trasporto dei DPI; g) il significato della marcatura, se questa esiste (vedi punto 2.12); h) se del caso, i riferimenti delle direttive applicate conformemente all’articolo 12-bis, comma 1 (1); i) nome, indirizzo, numero di identificazione degli organismi notificati che intervengono nella fase di certificazione dei DPI. La nota informativa deve essere redatta in modo preciso, comprensibile e almeno nella o nelle lingue ufficiali dello Stato membro destinatario.

Solo dalla conoscenza dei riferimenti sopraindicati le seguenti domande, che sempre devono accompagnare la scelta e l'uso dei DPI, possono trovare una risposta:

- Scopo del dispositivo, ovvero “da cosa il DPI protegge”, con individuazione chiara dei rischi da cui protegge;
- Funzionamento e modalità di impiego, ovvero “come funziona e si usa”, con indicazioni delle operazioni da compiere necessariamente prima, durante e dopo l'uso;
- Campi di impiego ovvero “dove si usa”, con individuazione delle situazioni in cui può essere proficuamente impiegato con esemplificazioni delle situazioni di intervento tipo;
- Classe di protezione ovvero “quanto protegge”, con individuazione del fattore di abbattimento dell'aggressione (qualunque essa sia) che indica la prestazione protettiva;
- Limiti di impiego, ovvero “quando si usa” e quando no, con individuazione delle situazioni in cui, in relazione alla classe di protezione propria del dispositivo, questo smette di proteggere.

Ogni parte del corpo protetta vede una famiglia di DPI corrispondente (esempio guanti di protezione, calzatura di protezione, caschi protettivi, indumenti protettivi, ecc.) ed ogni settore di rischio lavorativo vede, per ciascuna famiglia, un gruppo di norme EN di riferimento che lo interessano. Si può sintetizzare quanto detto finora con lo schema sotto riportato (Figura 4).

Figura 4: Schema per la corretta scelta dei Dispositivi di Protezione Individuale



Al riguardo, ferme restando le indicazioni fornite dal D.M. 2 maggio 2001, l'allegato VIII del D.Lgs. 81/2008 al punto 4 “Indicazioni non esaurienti per la valutazione dei dispositivi di protezione individuale” riporta una tabella utile ai fini della scelta del DPI poiché fornisce per ogni rischio il criterio di sicurezza e prestazionale richiesto al DPI.

Per le attività di bonifica bisogna tenere conto che spesso queste comportano l'allestimento di “cantieri” nei quali le lavorazioni svolte possono essere anche molto diverse tra loro, di conseguenza anche i rischi presenti sono eterogenei e in alcune circostanze specifici dell'attività svolta (rischio chimico, fisico, rumore/vibrazioni, uso di attrezzature elettriche/meccaniche, asfissia, rischi vari/residuali) [Cortis, 2008].

Durante le attività di bonifica uno dei rischi peculiari, e in alcuni casi preponderante, è quello legato alla presenza di agenti chimici pericolosi e cancerogeni. In tal caso possiamo focalizzare l'attenzione su due tipologie di dispositivi di protezione individuale (Figura 5) quelli per la protezione delle vie respiratorie, quando gli stessi agenti chimici risultano dannosi per l'apparato respiratorio, e quelli per la protezione di cute e occhi nel caso di agenti chimici che, per contatto, possono determinare un pericolo per l'utilizzatore.

Nel caso di lavorazioni che si svolgano in ambienti confinati può essere prevista l'adozione di idonei DPI, la cui scelta, in ottemperanza anche a quanto disposto dal D.P.R. 177/2011, può essere effettuata avvalendosi del "Manuale illustrato per lavori in ambienti sospetti di inquinamento o confinati ai sensi dell'art. 3 comma 3 del D.P.R. 177/2011" dell'INAIL [INAIL, 2011] [ISPESL, 2008].

Figura 5: Dispositivi di protezione individuale contro il rischio chimico



DPI a protezione degli operatori

Nel seguito vengono descritte alcune caratteristiche dei DPI a protezione delle mani, degli occhi e del viso, del corpo e delle vie respiratorie [Evans et al., 2001].

Protezione delle mani

I guanti devono proteggere le mani contro uno o più rischi o da prodotti e sostanze nocive per la pelle. Nel caso del rischio chimico la scelta dei guanti dipende dal tipo di sostanza con la quale è possibile venire in contatto. Tuttavia non è sicuro che essi assicurino una protezione totale contro la penetrazione cutanea. La Norma che regola gli aspetti generali dei guanti (taglie, pittogrammi, ecc.) è la UNI EN 420 (Figura 6 e Figura 8).

I guanti di protezione dal rischio chimico e dal rischio microbiologico devono essere di III Categoria (protezione da rischi di morte o di lesioni gravi e di carattere permanente). Inoltre essi devono essere marcati CE e certificati EN 374 "Guanti di protezione contro prodotti chimici e microorganismi", Parte 1 (UNI EN 374-1): Terminologia e requisiti prestazionali; Parte 2 (UNI EN 374-2): Determinazione della resistenza alla penetrazione; Parte 3 (UNI EN 374-3): Determinazione della resistenza alla permeazione dei prodotti chimici o eventualmente con altro metodo usato dal fabbricante purché riconosciuto dall'organismo notificato che dimostri il possesso dei RES.

Figura 6: Pittogrammi relativi ai DPI per il rischio chimico; microbiologico; con livello di permeazione inferiore a 30 minuti (ad almeno 3 sostanze chimiche) ma conformi alla prova di penetrazione (riferito a DPI Cat. 1 o 2)



Dalla Norma UNI EN 374 si riportano le seguenti definizioni:

- *penetrazione*: diffusione, a livello non molecolare, di un prodotto chimico e/o microorganismo, attraverso porosità, cuciture, punte di spillo o altre imperfezioni del materiale del guanto di protezione; in altre parole, con il termine penetrazione si definisce quel processo con il quale un agente chimico passa attraverso le porosità o le aperture del DPI.
- *permeazione*: processo con il quale un prodotto chimico si diffonde attraverso il materiale del DPI a livello molecolare. La permeazione comprende quanto segue:
 - assorbimento delle molecole del prodotto chimico nella superficie di contatto (esterna) di un materiale;
 - diffusione delle molecole assorbite nel materiale;
 - desorbimento delle molecole dalla superficie opposta (interna) del materiale.

Ogni combinazione guanti di protezione/prodotto chimico di prova è classificata in termini di tempo di passaggio, in base a ciascun prodotto chimico per il quale il guanto impedisce la permeazione. I livelli prestazionali di seguito elencati si basano su tempi di passaggio determinati durante il contatto costante con il prodotto chimico di prova in condizioni di laboratorio normalizzate, come descritto nella Norma UNI EN 374-3. La durata effettiva della protezione fornita sul posto di lavoro può variare in modo considerevole da tali livelli prestazionali [Pizzella et al., 2011] [CISL-CGIL-UIL, 2008].

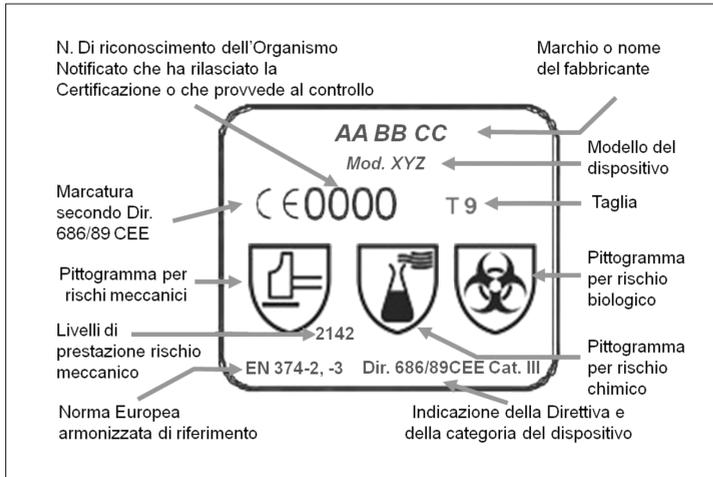
Gli indici di permeazione (Tabella 1) esprimono il tempo di passaggio della sostanza chimica attraverso il guanto, individuando 6 classi come riportato di seguito:

Tabella 1: Indici di permeazione

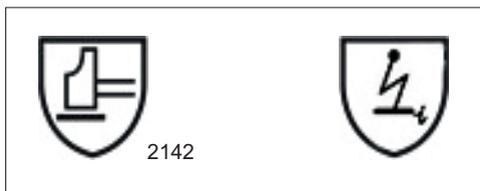
Indice prestazionale di permeazione	Tempo di passaggio
1	> 10 minuti
2	> 30 minuti
3	> 60 minuti
4	> 120 minuti
5	> 240 minuti
6	> 480 minuti

In base al D.Lgs 475/92 i guanti appartenenti alla III categoria devono essere corredati da parte del fabbricante da:

- attestazione d'esame CE di tipo effettuato da un laboratorio notificato;
- dichiarazione di conformità del fabbricante;
- marcatura: CE e numero dell'Organismo Notificato che interviene nella fase di certificazione, nome del fabbricante, referenza del guanto, indicazione della taglia, come indicato in Figura 7;
- nota informativa. (Si veda nota 1 del presente allegato) [ISPESL et al., 2008b].

Figura 7: Esempio di marcatura di guanto di protezione per rischi chimici, microbiologici e meccanici

Uno schema per facilitare la scelta del materiale del guanto, in funzione dell'agente chimico dal quale ci si deve proteggere, è riportato in Figura 9. Qualora dalla valutazione dei rischi emerga la necessità di protezione da rischi meccanici dovranno essere forniti dati anche sulle prove meccaniche come descritto in EN 388.

Figura 8: Pittogrammi relativi ai guanti per il rischio meccanico e elettricità statica.

I quattro indici che accompagnano il pittogramma che indica la resistenza meccanica (si vedano Figure 7 e 8) riportano gli indici prestazionali ai diversi tipi di prove cui i DPI sono sottoposti.

Tabella 2: Indici prestazionali di resistenza meccanica

Posizione	Tipo di prova	Indici di prestazione				
		1	2	3	4	5
1 ^a cifra	Resistenza all'abrasione (cicli richiesti per raschiare il guanto)	100	500	2000	8000	-
2 ^a cifra	Resistenza al taglio (numero di passaggi necessari per tagliare il guanto)	1,2	2,5	5	10	20
3 ^a cifra	Resistenza lo strappo (1 strappo)	10	25	50	75	-
4 ^a cifra	Resistenza alla perforazione (N)	20	60	100	150	-

A titolo esemplificativo in Figura 9 è presente uno schema che riporta alcuni agenti chimici con i guanti adatti, utilizzabili o sconsigliati all'impiego. Si specifica che la compatibilità del tipo guanto all'agente chimico può variare da produttore a produttore e inoltre le certificazioni CE sono limitate a alcune famiglie di agenti chimici, in tal caso l'utilizzatore deve preoccuparsi di verificare l'idoneità del guanto alle proprie esigenze.

Figura 9: Tipo di guanto più adatto per alcuni tipi di agente chimico

Agente chimico						
	Nitrile	Neoprene	Lattice	PVC	Vinile	
Acetaldeide						
Acetone						
Acetonitrile						
Acido acetico						
Acido cloridrico						
Acido fosforico						
Acido nitrico						
Acido solforico						
Acqua ossigenata						
Alcool butilico						
Alcool etilico						
Alcool isopropilico						
Alcool metilico						
Anilina						
Cicloesano						
Dietilamina						
Esano						
Fenolo						
Formaldeide						
Pentano						
Toluene						
Xilene						



Indica che il guanto è idealmente adatto all'impiego con la corrispondente sostanza chimica



Indica che il guanto può essere utilizzato in quest'applicazione, controllandone le condizioni di utilizzo



Indica che l'impiego del guanto con la sostanza chimica corrispondente deve essere evitato

Figura 10: Istruzioni per rimuovere in sicurezza i guanti contaminati da sostanze chimiche o microbiologiche

- 1) Prendere il guanto all'altezza del polso e tirare.
- 2) Con cautela e lentamente tirare il guanto verso la punta delle dita e contemporaneamente rovesciando il guanto in modo che la parte interna vada verso l'esterno.
- 3) Continuare a tirare il guanto verso la punta delle dita.
- 4) Rimuovere completamente il guanto trattenendolo nella mano guantata.
- 5) Inserire un dito della mano libera nel guanto rimasto, fino a circa metà del dito.
- 6) Ruotare il dito di circa 180° e tirare il guanto verso la punta delle dita. Facendo ciò, il primo guanto rimosso verrà racchiuso nel guanto che si sta togliendo. Anche per il secondo guanto la parte interna viene portata all'esterno.
- 7) Prendere i guanti con la mano già libera toccando solo la superficie non contaminata, ovvero la superficie interna del guanto. Tirare leggermente per liberare anche la punta delle dita della seconda mano. Gettare i guanti nell'apposito recipiente. Lavarsi con cura le mani.

Tabella 3: Principali Norme Europee (EN) relative ai dispositivi di protezione degli arti superiori

Norma Europea	Argomento della norma
EN 420	Norma generale: taglie, pittogrammi, ecc.
EN 374/1	Guanti di protezione contro prodotti chimici e microrganismi: Terminologia e requisiti prestazionali.
EN 374/2	Guanti di protezione contro prodotti chimici e microrganismi: Determinazione della resistenza alla penetrazione.
EN 374/3	Guanti di protezione contro prodotti chimici e microrganismi: Determinazione della resistenza alla permeazione.
EN 388	Guanti di protezione contro i rischi meccanici.
EN 407	Guanti di protezione contro il calore o il fuoco.
EN 421	Guanti per radiazioni ionizzanti.
EN 511	Guanti di protezione contro il freddo.

Protezione degli occhi

Gli “occhiali” con e senza protezioni laterali, insieme alle “maschere” (Figura 11), agli “schermi facciali” o “visiere” (Figura 12), sono i più importanti dispositivi di protezione individuale degli occhi e del volto dell’operatore contro i rischi chimici (vapori, nebbie e fumi, soluzioni acide ed alcaline), meccanici (polveri, trucioli, schegge), ottici (raggi UV ed IR, laser), e termici (il freddo può causare lacrimazione protratta, il calore può provocare infiammazioni o ustioni). Nel caso in cui l’operatore sia esposto ad un rischio elevato secondo la valutazione dei rischi di spruzzi e/o gocce di sostanze nocive devono essere indossati DPI di III Categoria conformi alle specifiche tecniche della UNI EN 166 - Protezione personale degli occhi.



Figura 11: Maschera di protezione degli occhi

Quando invece si manipolano agenti chimici di qualsiasi natura e se esiste una ragionevole possibilità di schizzarsi con queste sostanze (ad esempio durante le operazioni di travaso, quando si lavora in pressione con liquidi, quando si lavora con sostanze che reagiscono violentemente) è obbligatorio indossare gli occhiali di protezione a maschera o la visiera di protezione. Le prime per la loro conformazione forniscono una protezione contro la penetrabilità di agenti chimici, le seconde forniscono una copertura ancora più estesa, ma non sono ermetiche. Il protettore oculare deve essere marcato sia sulla lente sia sulla montatura e può essere classificato in base al tipo di filtrazione; per gli occhiali a mascherina la marcatura viene impressa sulla montatura (Figura 13); per le visiere deve essere presente sulla struttura reggente. Le maschere inoltre devono prevedere delle aperture che evitino l’appannamento.



Figura 12: Visiera di protezione

Nel caso in cui l'operatore faccia uso di lenti a contatto si raccomanda in particolar modo l'utilizzo di dispositivi di protezione degli occhi. Infatti l'utilizzo delle lenti comporta particolari rischi (ad esempio assorbimento di agenti chimici dall'aria, scioglimento della lente polimerica, ecc), soprattutto se queste sono del tipo gas permeabile. Gas e vapori possono condensarsi tra lenti e occhio causando danni permanenti all'occhio stesso, mentre eventuali schizzi che arrivassero nell'occhio sarebbero difficili da rimuovere con i lavaggi oculari.

Nel caso di lavori che richiedano una visione ottimale nella scelta degli "occhiali" dovrà essere posta una particolare attenzione alla scelta delle lenti, che hanno la funzione di proteggere gli occhi e per i quali sono definite 3 classi ottiche (1 la migliore, 2, 3) in funzione della qualità di visione. Infatti si consideri che anche i DPI senza effetto correttivo possono presentare un certo grado di potere rifrattivo, ovvero di deformazione o sfocatura dell'immagine, dovuto alle tolleranze di produzione. Nel caso di rischio chimico e limitatamente a occhiali e/o visiere si ricorre alla classe I. caso Per i DPI a protezione degli occhi la marcatura è presente sulla stanghetta e sulle lenti (montatura + lenti) oppure solo sulla stanghetta per un'unica unità. In Tabella 4 si riporta un elenco non esaustivo di norme tecniche dei dispositivi di protezione individuale per occhi e viso.



Figura 13: Marcatura CE su dispositivo di protezione degli occhi

Tabella 4: Principali Norme Europee (EN) relative ai dispositivi di protezione per occhi e viso

Norma Europea	Argomento della norma
EN 1654	Vocabolario.
EN 166	Delinea i requisiti a cui tutti i dispositivi devono rispondere.
EN 167	Metodi di prova ottici.
EN 168	Metodi di prova non ottici.
EN 1731	Protettori degli occhi e del viso.
EN 10912	Guida per la selezione, l'uso e la manutenzione dei dispositivi di protezione individuale degli occhi e del viso per attività lavorative.

Protezione delle vie respiratorie

È importante che tutte le persone per le quali si rende indispensabile l'impiego di un dispositivo di protezione delle vie respiratorie siano adeguatamente addestrate, istruite al suo uso e sottoposte periodicamente ad accertamento medico.

Gli agenti pericolosi possono essere presenti sul posto di lavoro sia sottoforma gassosa sia sottoforma di particolati. Un inquinante sottoforma di particolato può essere costituito da polveri, fibre, fumi, nebbie, aerosol, ma anche da microrganismi come batteri, spore e virus. Un contaminante gassoso invece può essere costituito da gas e vapori.

La protezione da agenti diversi richiederà l'impiego di dispositivi differenti. È molto importante quindi in fase di scelta del DPI individuare il tipo di dispositivo o di filtro appropriato alla forma di agente contaminante dal quale è necessario proteggersi. La Norma UNI EN 529 stabilisce le linee guida sui criteri di selezione, uso e manutenzione dei dispositivi di protezione per le vie respiratorie. I DPI di protezione delle vie respiratorie appartengono tutti alla III categoria.

In linea generale con questo dispositivo, costituito da un facciale che copre solitamente il mento, la bocca e il naso, l'utilizzatore viene messo in grado di respirare l'aria per l'azione di un filtro, oppure quella proveniente da una qualsiasi altra fonte di alimentazione.

L'operatore potrà utilizzare un dispositivo denominato "facciale filtrante" (Figura 14), preferibilmente munito di valvola di espirazione. I DPI, qualora del tipo monouso, non devono essere riutilizzati e in ogni caso vanno scartati se danneggiati, sporchi o contaminati.

Figura 14: Facciale filtrante con valvola di espirazione



Figura 15: Maschera intera



Le **semimaschere a costruzione integrale** sono utilizzate per proteggere contro le particelle, gas e vapori indicati dal fabbricante a seconda dello scopo per cui sono state progettate possono filtrare le particelle, i gas e i vapori, o una combinazione di questi elementi pericolosi. Ad ogni condizione dell'ambiente di lavoro corrisponde un determinato respiratore appositamente indicato, sono solitamente provviste di una o due valvole di espirazione che permettono all'aria inspirata di essere rilasciata, senza dover passare attraverso il filtro. Questo tipo di semimaschere sono costituite da fibre che catturano e trattengono le particelle pericolose, o da assorbenti che imprigionano e fermano il gas e i vapori durante l'inspirazione attraverso il filtro, questo DPI non protegge dall'insufficienza di ossigeno.

Le **semimaschere a filtri intercambiabili** (Figura 16) coprono, come le semimaschere a costruzione integrale, il naso e la bocca. Essi rendono l'aria respirabile attraverso filtri per particelle, gas o vapori che possono essere sostituiti, il facciale è riutilizzabile, dato che le parti possono essere sostituite quando sono danneggiate.

Gli **autorespiratori** (Figura 17), invece, si utilizzano quando la concentrazione degli inquinanti gassosi è molto elevata (superiore al 2% in volume) o quella dell'ossigeno scende al di sotto del 17%; ne esistono di 2 tipi: a circuito aperto e a circuito chiuso. Quelli a **circuito aperto** sono apparecchi ad aria compressa, dotati di un'autonomia di 40-60 minuti. L'aria, compressa fino a 300 bar è contenuta in una bombola posta sulla schiena del lavoratore e viene distribuita automaticamente secondo il fabbisogno. Il sistema di distribuzione dell'aria è collegato, mediante un tubo flessibile, alla maschera a pieno facciale. Gli autorespiratori a **circuito chiuso** sono invece apparecchi che consentono la rigenerazione dell'aria espirata. L'aria espirata arriva alla "cartuccia" di rigenerazione dove si ha la fissazione dell'anidride carbonica, per passare poi alla "sacca polmonare" da dove, nella fase inspiratoria, giunge al boccaglio. Questo tipo di DPI non è molto utilizzato a causa

della complessità e delicatezza di esercizio. Entrambi i tipi di autorespiratori richiedono comunque, per essere utilizzati, un addestramento specifico.

Figura 16: Semimaschere a filtri intercambiabili



Figura 17: Autorespiratore a circuito chiuso



Figura 18: Respiratore a presa d'aria esterna



I **respiratori a presa d'aria esterna** (Figura 18) vengono impiegati quando la concentrazione degli inquinanti gassosi è molto elevata (superiore al 2% in volume) o quella dell'ossigeno scende al di sotto del 17%. Sono costituiti essenzialmente da una maschera a pieno facciale collegata ad una fonte di aria pulita, mediante un lungo tubo flessibile solitamente di gomma. La fonte di aria pulita può provenire da un compressore, da una pompa d'aria, oppure da un serbatoio di aria compressa. In Tabella 5 si riporta un elenco non esaustivo di norme tecniche dei dispositivi di protezione individuale di tipo respiratorio

Tabella 5: Principali Norme europee (EN) relative ai dispositivi di protezione individuale di tipo respiratorio

Norma Europea	Tipo di DPI per le vie respiratorie
EN 133	Classificazione
EN 136	Maschere intere
EN 137	Autorespiratori ad aria compressa a circuito aperto
EN 138	Respiratori a presa d'aria esterna per l'uso con maschera intera, semimaschera o boccaglio
EN 140	Semimaschere e quarti di maschera
EN 143	Filtri antipolvere
EN 145	Autorespiratori a circuito chiuso ad ossigeno compresso o ad ossigeno-azoto compressi
EN 149	Semimaschere filtranti antipolvere

Segue Tabella 5

Norma Europea	Tipo di DPI per le vie respiratorie
EN 405	Semimaschere filtranti antigas o antigas e antipolvere dotate di valvole
EN 529	Dispositivi di protezione delle vie respiratorie - Raccomandazioni per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione
EN 1827	Semimaschere senza valvole di inspirazione e con filtri smontabili per la protezione contro gas o gas e particelle o solamente particelle
EN 10720	Guida alla scelta e all'uso degli apparecchi di protezione delle vie respiratorie
EN 12941	Elettrorespiratori a filtro completi di elmetto o cappuccio
EN 12942	Elettrorespiratori a filtro completi di maschere intere, semimaschere o quarti di maschere
EN 14387	Filtri antigas e filtri combinati

La Norma UNI 10720 è stata ritirata e sostituita dalla UNI EN 529, ma facendo parte del D.M. 2 maggio 2001 è comunque in vigore.

Protezione contro gas e vapori

I gas e i vapori, essendo di dimensioni più piccole rispetto a polveri, fumi e nebbie, penetrano i filtri per particolati. Per proteggersi da questo tipo di contaminanti è necessario un filtro di tipo chimico. Questi DPI hanno la capacità di ridurre le concentrazioni dei gas e dei vapori pericolosi fino a livelli consentiti. Le famiglie di sostanze pericolose dalle quali il filtro è in grado di proteggere l'operatore sono indicate sull'etichetta del filtro stesso, anche se a questo livello va ribadito che le semimaschere non proteggono dall'insufficienza di ossigeno.

Il livello di protezione dei filtri antigas è definito da 3 classi che corrispondono a tre limiti di esposizione consentiti.

- Classe 1 con bassa capacità filtrante (Conc. Lim. 1000 ppm)
- Classe 2 con media capacità filtrante (Conc. Lim. 5000 ppm)
- Classe 3 con alta capacità filtrante (Conc. Lim. 10000 ppm)

La UNI EN 14387 stabilisce per ogni classe di filtro antigas un limite di concentrazione ed attribuisce una lettera ed un determinato colore ad ogni categoria di filtro, in relazione all'agente chimico in grado di assorbire come mostrato in Tabella 6. Pertanto le differenze sostanziali che contraddistinguono i diversi tipi di semimaschere sono determinate dalla natura dei filtri montati.

I filtri delle maschere, anche se non usati, hanno una durata limitata e prima dell'uso occorre sempre verificare la data di scadenza. Prima del loro impiego è indispensabile ricordarsi di togliere il tappo di chiusura del filtro.

Tabella 6: Classificazione dei filtri per la protezione delle vie aeree

Tipo	Colore	Protezione da
A	Marrone	Vapori organici e solventi
B	Grigio	Gas e vapori inorganici (es: gas alogenati e nitrosi, gas d'incendio, idrogeno solforato, acido cianidrico)
E	Giallo	Anidride solforosa e acidi solforosi
K	Verde	Ammoniaca
P	Bianco	Polveri tossiche, fumi, nebbie (esempio polveri di amianto, silicio, alluminio)

Esistono in commercio diversi modelli che abbinano più tipi di filtro (Tabella 7).

Tabella 7: Classificazione dei filtri combinati per la protezione delle vie aeree

Tipo	Colore	Protezione da
ABE	marrone + grigio + giallo	vapori organici, gas acidi, anidride solforosa.
ABEK	marrone + grigio + giallo + verde	vapori organici, gas acidi, anidride solforosa, ammoniaca
P3	bianco	Polvere e fumi
A-P3	marrone + bianco	vapori organici, polvere e fumi
B-P3	grigio + bianco	gas acidi, polveri e fumi
E-P3	giallo + bianco	anidride solforosa, polveri e fumi
K-P3	verde + bianco	ammoniaca, polveri e fumi
ABE-P3	marrone + grigio + giallo + bianco	vapori organici, gas acidi, anidride solforosa, polveri e fumi
ABEK-P3	marrone + grigio + giallo + verde + bianco	vapori organici, gas acidi, anidride solforosa, ammoniaca, polveri e fumi

Per i filtri antipolvere oltre alla classe sono riportate le sigle "NR" = Non Riutilizzabile o "R" = Riutilizzabile ed in alcuni casi la lettera "D" che indica il superamento della prova di intasamento con polvere di dolomite e quindi garantisce maggiore efficienza filtrante.

Le *maschere intere* (Figura 15), sono analoghe alle semimaschere con filtri antigas intercambiabili, ma con l'aggiunta del facciale per proteggere gli occhi e il viso; tali maschere si adattano a coprire interamente il volto.

Protezione contro il particolato (polveri, nebbie, fumi)

POLVERI – le polveri si formano quando un materiale solido viene scomposto in minuscoli frammenti. Più la polvere è fine, maggiore è il rischio di diffusione.

NEBBIE – le nebbie sono minuscole gocce che si formano da materiali liquidi mediante processi di nebulizzazione e condensazione.

FUMI – i fumi si formano quando un materiale solido viene vaporizzato dall'elevato calore. Il vapore si raffredda velocemente e condensa in particelle estremamente fini.

La classificazione EN 143 prevede la divisione dei filtri antipolvere in tre classi:

- **P1** – filtri con bassa separazione contro particelle solide;
- **P2** – filtri con media separazione contro particelle solide e/o liquide;
- **P3** – filtri con alta separazione contro particelle solide e liquide (filtro assoluto).

La classificazione EN 149 prevede a sua volta la divisione dei facciali filtranti antipolvere in tre classi:

- **FFP1** – filtri con bassa separazione contro particelle solide;
- **FFP2** – filtri con media separazione contro particelle solide e/o liquide;
- **FFP3** – filtri con alta separazione contro particelle solide e liquide (filtro assoluto).

Per la protezione contro le polveri (Tabella 8), in funzione del tipo e delle caratteristiche del contaminante si possono utilizzare facciali filtranti di diversa natura.

Tabella 8: Classe di protezione dei dispositivi respiratori anti-polvere

Classe	Efficienza filtrante totale minima	Fattori di protezione nominale	Massima concentrazione esterna inquinante	Tipo di contaminante
FFP1 / P1	78%	4	4 x TLV	Polveri nocive
FFP2 / P2	92%	12	12 x TLV	Polveri a bassa tossicità
FFP3 / P3	98%	50	50 x TLV	Polveri tossiche

Alcune osservazioni

A ciascun DPI è attribuito un Fattore di Protezione (FP) in relazione alla sua efficienza. In tal senso le indicazioni di utilizzo dei filtri vengono espresse con il Fattore di Protezione Nominale (FPN) ovvero il rapporto tra la concentrazione di inquinante presente nell'atmosfera ambiente e la sua concentrazione nell'aria inspirata determinato in laboratorio in condizioni particolari (UNI EN 529), un parametro più realistico è rappresentato dal Fattore di Protezione Operativo FPO è un valore realistico del fattore di protezione associato a ciascun dispositivo (UNI EN 10720). Al fine di calcolare il fattore minimo di protezione richiesto da una particolare situazione di uso, è necessario stabilire il valore della concentrazione del contaminante presente e dividerlo per il valore del TLV Threshold Limit Value (valore limite di soglia) di tale contaminante (ad esempio: Concentrazione presente = 200; TLV = 10; Fattore di protezione Operativo minimo richiesto = $200/10 = 20$). Lo stesso metodo viene impiegato sia per i contaminanti sotto forma di gas e vapori, sia per quelli sotto forma di particolati. In caso di presenza contemporanea di più forme o tipi di contaminanti (ad esempio particolati e gas, diversi tipi di gas, ecc.) è necessario calcolare il fattore di protezione minimo per tutti gli agenti presenti e adottare quello di valore più alto nella scelta del dispositivo di protezione. La scelta dovrà sempre cadere su di un dispositivo il cui fattore di protezione sia superiore a quello minimo calcolato.

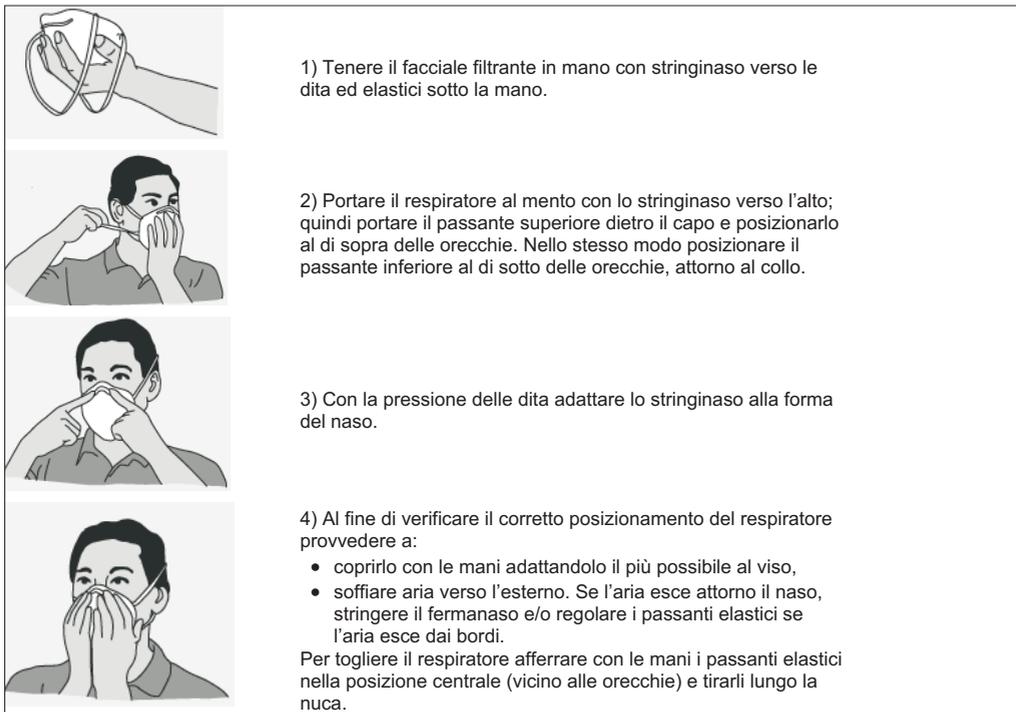
Oltre al fattore di protezione è necessario considerare altri elementi al fine di scegliere il mezzo protettivo più idoneo:

- il livello di lavoro fisico (ad esempio è consigliabile utilizzare ventilatori filtranti o sistemi di alimentazione di aria esterna in caso di pesante attività fisica);

- non devono essere utilizzati mezzi protettivi filtranti in presenza di rischio di perdita di conoscenza e asfissia, come nel caso di spazi ristretti in cui l'atmosfera potrebbe essere carente di ossigeno ($O_2 < 17\%$);
- la durata del mezzo protettivo (per esempio nel caso in cui il tempo di utilizzo superi la durata di un'ora, è opportuno utilizzare ventilatori filtranti o sistemi air-line per ridurre l'affaticamento dell'utilizzatore);
- in caso di presenza di più di un contaminante gassoso (ad esempio gas organici e gas acidi), è necessario adottare un filtro antigas di tipo polivalente (ad esempio ABEK);
- in caso di presenza contemporanea di contaminanti gassosi e di particolato, è necessario l'utilizzo di filtri combinati per gas e polveri (ad esempio A-P3, ABEK-P3);
- nel caso in cui il fattore minimo di protezione necessario calcolato sia molto vicino al Fattore di Protezione Operativo del mezzo prescelto, dovrebbe essere seriamente valutata la possibilità di passaggio a un mezzo protettivo in grado di fornire un fattore di protezione più elevato;
- Il fattore di protezione delle maschere difficilmente viene raggiunto in presenza di baffi e barba;
- i mezzi protettivi che forniscono aria compressa pulita e respirabile (Sistemi Air-Line e autorespiratori) offrono il più alto livello di protezione e sono pertanto raccomandati per impieghi in cui il tipo di contaminante o la sua concentrazione non sono conosciuti,
- se le informazioni o strumenti forniti con i filtri non sono sufficienti a garantire i tempi di durata dei filtri (valori di *breakthrough* o esaurimento) questi possono essere stimati utilizzando appositi software di previsione.

Al riguardo è necessario esaminare sempre con attenzione la nota informativa e rispettare i limiti in essa segnalati.

Figura 19: Istruzioni per indossare correttamente una maschera facciale filtrante



Protezione del corpo

La protezione del corpo viene attuata con una grande varietà di indumenti, che coprono o sostituiscono gli indumenti personali, realizzati per proteggere da uno o più rischi e diversi anche per tipo di protezione del corpo. Questo tipo di dispositivi può essere:

- a protezione parziale, se il rischio riguarda solo una regione corporea (esempio grembiuli),
- a copertura parziale, per probabilità di accadimento basse e per rischi lievi (esempio giacche, pantaloni o camici),
- a copertura completa (ad esempio tuta - Figura 20).

I materiali utilizzati per il confezionamento dei DPI sono testati e ripartiti in classi in funzione delle loro proprietà di tenuta. La natura della contaminazione permette di selezionare la classe e la scelta dell'articolo adeguato. I DPI a protezione del corpo contro il rischio chimico devono essere di Categoria III o di categoria inferiore in funzione dell'aggressività dell'agente e corredati di nota informativa.

Dovrebbero essere predisposte apposite procedure gestionali che stabiliscano le modalità di gestione dopo l'uso (in funzione dei livelli di protezione da raggiungere), le modalità di conservazione e eventuale decontaminazione oppure le modalità per un corretto smaltimento. L'utilizzatore è tenuto a rispettare le indicazioni di manutenzione stabilite dal fabbricante. In materia di pulizia e mantenimento dello stato di efficienza degli indumenti di lavoro il documento "Linee Operative per l'organizzazione aziendale della pulizia e del mantenimento dello stato di efficienza degli indumenti di protezione individuale (indumenti DPI)" [CISL-CGIL-UIL, 2008] fornisce alcune utili indicazioni. In base alle norme EN gli indumenti a protezione chimica vengono suddivisi in 6 "tipi" (Tabella 9). Per ottenere la certificazione corrispondente ad uno di questi tipi gli indumenti, devono superare dei test di movimento e di tenuta all'interno di una cabina nella quale vengono a contatto con liquidi e particelle. Il livello di esposizione determina la scelta del tipo di indumento.

Per le tute di protezione si intende per "tipo" la protezione da agenti chimici (a tenuta di gas, non stagna ai gas, a tenuta di liquidi, ecc.), per "classe" il tempo di permeazione (tempo occorrente ad un prodotto chimico per diffondersi attraverso un materiale a livello molecolare) Tabella 10, come da Norma UNI EN ISO 6529; i requisiti di tali tute non si fermano a quelli di barriera appena citati, ma vanno anche nel campo dei requisiti fisici, come resistenza a strappo, scoppio, abrasione, ecc. Gli indumenti, costituiti da più parti, devono essere progettati in modo da fornire protezione in tutte le prevedibili posture di lavoro, inoltre qualsiasi indumento deve assicurare sempre un'adeguata tenuta lungo le parti di chiusura.



Figura 20: Tuta di protezione del corpo

Tabella 9: Tipologia di protezione offerta

I 6 “tipi” di protezione				Tipo di assemblaggio	Norma armonizzata di riferimento
 “PERICOLO CHIMICO” In conformità con le Direttive Europee per gli indumenti di protezione chimica		Tipo 1	Tenuta stagna ai gas	Saldato Impermeabile A tenuta stagna	EN 943
		Tipo 2	Tenuta non stagna ai gas	Saldato impermeabile	EN 943
		Tipo 3	Tenuta ai liquidi	Saldato impermeabile	EN 14605
		Tipo 4	Tenuta agli spruzzi	Saldato impermeabile	EN 14605
		Tipo 5	Tenuta alle particelle	Cucito impermeabile	EN ISO 13982
		Tipo 6	Tenuta agli schizzi	Cucito traspirante	EN 13034

Tabella 10: Classe di protezione offerta

Classe EN	Tempo di permeazione (min)
1	≥ 10
2	≥ 30
3	≥ 60
4	≥ 120
5	≥ 240
6	≥ 480

Dalle Norme UNI EN 6529 e UNI EN 6530 si riportano le seguenti definizioni per gli indumenti di protezione:

- *permeazione* - processo mediante il quale un prodotto chimico si sposta attraverso un materiale utilizzato per indumenti di protezione a livello molecolare (nota: la permeazione comprende a) l'assorbimento delle molecole del prodotto chimico nella superficie (esterna) di contatto di un materiale, b) la diffusione delle molecole assorbite nel materiale, c) il desorbimento delle molecole dalla superficie opposta (interna) del materiale nel mezzo di raccolta);
- *penetrazione* – flusso di un prodotto chimico attraverso chiusure, materiali porosi, giunzioni e

fori o altre imperfezioni in un possibile materiale utilizzato per indumenti di protezione a livello non molecolare.

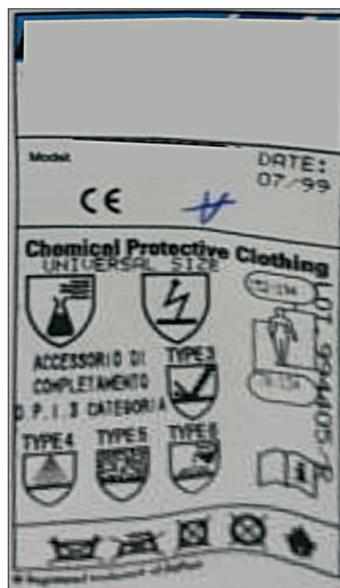
La Norma UNI EN 13688 contiene i requisiti generali dell'abbigliamento protettivo definito come "l'abbigliamento da indossare sopra agli indumenti oppure in sostituzione degli stessi e concepito per proteggere contro uno o più pericoli", e prevede che la marcatura (Figura 22 e Figura 23) riporti chiaramente:

- nome, marca commerciale;
- tipo di prodotto;
- taglia;
- numero della normativa di riferimento;
- pittogrammi;
- etichetta di manutenzione;
- istruzioni per l'uso.

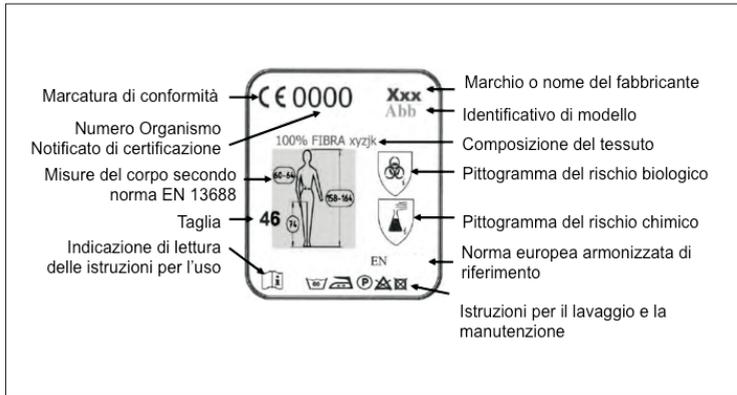
Figura 21: Pantaloni di una tuta di protezione del corpo



Figura 22: Etichetta apposta su indumento di protezione del corpo



In genere, se non si devono svolgere operazioni rischiose, è sufficiente che il personale indossi indumenti adeguati all'attività/destinazione del sito. Si ricorda che, ai sensi dell'art.74 del D.Lgs. 81/2008, gli indumenti di lavoro ordinari e le uniformi non specificamente destinati a proteggere la sicurezza e la salute del lavoratore non costituiscono DPI e la necessità di indossare indumenti protettivi deve risultare dal processo di valutazione dei rischi. In Tabella 11 e in Tabella 12 si riporta un elenco non esaustivo rispettivamente di norme tecniche dei dispositivi di protezione del corpo e dei metodi di prova dei dispositivi di protezione del corpo.

Figura 23: Esempio di marcatura di dispositivo di protezione del corpo per rischi chimici**Tabella 11:** Principali Norme Europee (EN) relative ai dispositivi di protezione del corpo

Norma Europea	Argomento della norma
EN 471	Indumenti ad alta visibilità
EN 943/1	Indumenti di protezione contro prodotti chimici liquidi e gassosi, inclusi aerosol liquidi e particelle solide - Requisiti prestazionali per tute di protezione chimica, ventilate e non ventilate, a tenuta di gas (Tipo 1) e non a tenuta di gas (Tipo 2)
EN 943/2	Indumenti di protezione contro prodotti chimici liquidi e gassosi, inclusi aerosol liquidi e particelle solide - Requisiti prestazionali per tute di protezione chimica "a tenuta di gas" (Tipo 1) per squadre di emergenza (ET)
EN 13982/1	Indumenti di protezione per l'utilizzo contro particelle solide - Parte 1: Requisiti prestazionali per indumenti di protezione contro prodotti chimici che offrono protezione all'intero corpo contro particelle solide disperse nell'aria (indumenti tipo 5)
EN 13034	Indumenti di protezione contro agenti chimici liquidi - Requisiti prestazionali per indumenti di protezione chimica che offrono una protezione limitata contro agenti chimici liquidi (equipaggiamento tipo 6 e tipo PB [6])
EN 13688	Indumenti di protezione - Requisiti generali
EN 14126	Requisiti prestazionali e metodi di prova per gli indumenti di protezione contro gli agenti infettivi.
EN 14605	Requisiti minimi degli indumenti di protezione chimica con collegamenti a tenuta di spruzzi di prodotti chimici liquidi tra le diverse parti dell'indumento e tra guanti e stivali. Specifica inoltre i requisiti prestazionali per i materiali costitutivi dell'indumento di protezione e l'articolo di abbigliamento completo

Tabella 12: Principali Norme Europee (EN) relative ai metodi di prova dei dispositivi di protezione del corpo

Norma Europea	Metodi di prova dei dispositivi di protezione del corpo
EN 6529	Indumenti di protezione - Protezione contro prodotti chimici - Metodo di prova per la resistenza dei materiali alla permeazione di prodotti chimici liquidi
EN 6530	Indumenti di protezione - Protezione contro agenti chimici liquidi - Metodo di prova per la resistenza dei materiali alla penetrazione di liquidi
EN 17491/3	Indumenti di protezione - Metodi di prova per indumenti che forniscono protezione contro prodotti chimici - Parte 3: Determinazione della resistenza alla penetrazione mediante un getto di liquido (prova al getto)
EN 17491/4	Indumenti di protezione - Metodi di prova per indumenti che forniscono protezione contro prodotti chimici - Parte 4: Determinazione della resistenza alla penetrazione mediante spruzzo di liquido (prova allo spruzzo)
EN ISO 13982-2	Indumenti di protezione per l'utilizzo contro particelle solide - Parte 2: Metodo di prova per la determinazione della perdita di tenuta verso l'interno di aerosol di particelle fini nelle tute
EN 464	Indumenti di protezione contro prodotti chimici liquidi e gassosi, inclusi aerosol e particelle solide. Metodi di prova: Determinazione della tenuta delle tute protettive di gas (prova della pressione interna).

