



Sito di Interesse Nazionale di Massa Carrara

PROTOCOLLO OPERATIVO

di cui all'art. 10 dell'Accordo di Programma sottoscritto il 14.03.2011

“Stralcio Analisi di rischio”

Elaborato da:

Per ISS:

Dott.ssa Eleonora Beccaloni - Direttore del Reparto Suolo e Rifiuti

Dott.ssa Federica Scaini - Reparto Suolo e Rifiuti

Per ARPAT:

Dott.ssa Gigliola Ciacchini – Direttore del Dipartimento ARPAT di Massa Carrara

Dott.ssa Laura Balocchi per la Commissione Bonifiche di ARPAT

Ing. Stefano Santi per Equipe Bonifiche Area Vasta Costa di ARPAT

INDICE

Premessa

1. SIN di Massa Carrara
2. L'analisi di rischio
3. Modello concettuale
 - 3.1 Il percorso di lisciviazione in falda
4. Parametri da ricercare

Bibliografia

Premessa

Il presente documento è stato predisposto a seguito di quanto previsto nell'art. 10 dell'Accordo di Programma "Per il completamento degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle aree comprese nel Sito di Interesse Nazionale di Massa Carrara".

In particolare, nel comma 2, lettera a dell'art. 10 si legge che "...*Al fine di accelerare gli interventi di caratterizzazione, di messa in sicurezza e di bonifica dei suoli e delle acque di falda in aree private a destinazione industriale, ovvero concesse ai medesimi, i soggetti obbligati debbono definire il Piano della Caratterizzazione sulla base del Protocollo Operativo*"... ed nel comma 3, si precisa che "*Il Protocollo Operativo, [...], dovrà definire la strategia di campionamento, i parametri da ricercare, le metodologie da utilizzare, i criteri per l'esecuzione delle analisi di rischio sito specifica, i criteri per la valutazione e l'approvazione dell'analisi di rischio sito specifica, i criteri per la valutazione del rischio sanitario ambientale.*"

1. SIN di Masa e Carrara

Il SIN di Massa e Carrara è stato istituito con la Legge 426/98, perimetrato con D.M. del 21 dicembre 1999 e ridefinito con D.M. del 29 ottobre 2013 "*Ridefinizione del perimetro del sito di bonifica di interesse nazionale di Massa e Carrara*".

Il nuovo perimetro del SIN viene limitato alle seguenti aree a terra: area Syndial SpA, area Solvay Bario e derivati SpA, area ex-Farmoplant ed area del Consorzio Investimenti Produttivi (ex-Ferroleghes). Per tutte le aree a terra ricomprese finora nella perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale di bonifica di "Massa e Carrara" e per l'area marina ricompresa finora nella perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale di bonifica di "Massa e Carrara", la Regione Toscana subentra al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nella titolarità del relativo procedimento ai sensi dell'art. 242 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

2. L'analisi di rischio

L'analisi di rischio rappresenta una procedura avanzata per valutare il grado di contaminazione di un sito e dei rischi per la salute umana e per l'ambiente circostante connessi con l'inquinamento rilevato. Essa costituisce lo strumento più indicato per supportare le strategie di gestione della contaminazione e per quantificare i pericoli legati alla presenza di sostanze presenti in concentrazioni superiori a quelle previste dalla normativa vigente.

Tra le procedure operative adottate per l'effettuazione di un'analisi di rischio, la procedura Risk Based Corrective Action (RBCA) della ASTM (*American Society for Testing and Materials*) ^[1] è quella maggiormente utilizzata per guidare gli interventi di risanamento su siti contaminati e costituisce il criterio decisionale basato sull'analisi di rischio più nota a livello internazionale.

Per l'applicazione della metodologia ASTM è necessario seguire le seguenti fasi di studio:

- caratterizzazione del sito. In questa fase sono studiate le matrici ambientali contaminate e il contesto ambientale del sito;
- definizione del modello concettuale del sito. Il modello concettuale individua le interazioni esistenti tra le componenti (sorgenti di contaminazione, meccanismi di trasporto, vie di

esposizione e bersagli) che concorrono alla determinazione del potenziale rischio legato alla contaminazione;

- determinazione delle concentrazioni di contaminanti al punto di esposizione. In questa fase le concentrazioni al punto d'esposizione sono calcolate mediante modelli di trasporto dei contaminanti;
- calcolo del rischio. Le concentrazioni di contaminanti al punto di esposizione unitamente alla valutazione del tasso di esposizione e delle caratteristiche tossicologiche dei contaminanti consentono di calcolare il rischio per la salute umana;
- analisi decisionale. Nella fase di analisi decisionale vengono valutate le incertezze presenti nell'analisi di rischio e l'accettabilità del rischio; sono inoltre calcolate le concentrazioni massime ammissibili alla sorgente.

La procedura di analisi di rischio codificata dall'ASTM e ripresa dal D. Lgs. 152/06 Parte IV– Titolo V e s.m.i. prevede un approccio graduale di approfondimento. Tale approccio è articolato in tre differenti livelli di approfondimento, che si differenziano fondamentalmente per conservatività, difficoltà di applicazione e rappresentatività sito specifica.

Il livello di dettaglio dell'analisi di rischio è legato allo scopo che ci si prefigge e alla complessità e criticità del sito:

1. Risk Screening (livello 1)
2. Procedura sito specifica (livello 2)
3. Procedura approfondita (livello 3)

I tre livelli possono così essere definiti:

primo livello (Tier 1) coincide con una valutazione di screening in cui vengono derivati, sulla base di scenari, modelli ed assunzioni conservative generiche, i *Risk Based Screening Levels* (RBSL). I valori RBSL sono valori di concentrazione per le diverse matrici ambientali che hanno valore generico e non sito specifico. Se le concentrazioni rappresentative della contaminazione nel sito superano tali valori, i RBSL possono essere un riferimento per gli obiettivi di bonifica, oppure si può passare al livello 2 di analisi che prevede la caratterizzazione specifica del sito;

secondo livello (Tier 2) consiste in una valutazione sito specifica in cui sono calcolati i *Site Specific Target Level* (SSTL), che corrispondono ai valori di concentrazione che possono costituire gli obiettivi di bonifica per le matrici contaminate. Nel livello 2 sono usati modelli di trasporto analitici, in cui i dati d'ingresso sono ricavati da indagini ambientali condotte in sito. Qualora alcuni dati di input non siano disponibili, si ricorre a valori riportati in letteratura o a dati validati da studi condotti in contesti ambientali analoghi. Se le SSTL sono superate dalle concentrazioni rappresentative della contaminazione nel sito, le SSTL possono essere un riferimento per gli obiettivi di bonifica, oppure si può passare al livello 3 di analisi che prevede l'uso di modelli di simulazione complessi e un maggior numero di dati;

terzo livello (Tier 3) rappresenta lo stadio più approfondito di analisi di rischio. Il terzo livello prevede l'uso di strumenti di calcolo più complessi, costituiti da modelli numerici e stocastici per la simulazione dei fenomeni di trasporto dei contaminanti. L'applicazione dell'analisi di rischio di terzo livello è consentita dalla disponibilità di dati chimici, biologici e fisici specifici del sito

necessari alla completa determinazione dei fenomeni di riduzione del carico di contaminante in atto nel sottosuolo.

La normativa nazionale vigente prevede lo svolgimento di un'analisi sito specifica per la determinazione delle CSR, ovvero dei SSTL. Per l'area in oggetto è prevista un'analisi di rischio di **secondo livello**.

La formulazione di un'analisi di rischio di secondo livello prevede la conoscenza delle caratteristiche ambientali del sito e dell'area ad esso circostante. I principali parametri usati nelle analisi di rischio sito specifica di secondo livello per descrivere il sito, secondo quanto riportato nel parere di questo Istituto del 20/03/2007 prot. N° 0014612 e in un parere dell'ex APAT (attuale ISPRA), sono riportati nella Tab. 1. I documenti: “Criteri Metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati “ revisione 2- Marzo 2008 ^[2], la “Banca Dati ISS-INAIL – 2014 e il “Documento di supporto alla Banca Dati ISS-INAIL” ^[3] sono i riferimenti che permettono una corretta elaborazione dell'analisi di rischio.

Tab.1 - Parametri di input sito specifici da utilizzare per descrivere il sito stesso ai fini della procedura di analisi di rischio

simbolo	parametro	unità di misura	valore di default (*)
Geometria della zona satura e insatura di suolo			
L_{GW}	Profondità del piano di falda	cm	300
h_i	Spessore della zona insatura	cm	281.2
d_s	Spessore della falda	cm	---
Geometria della sorgente di contaminazione in zona satura e insatura			
W	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	cm	4500
S_w	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	cm	4500
A	Area della sorgente (rispetto alla direzione del flusso di falda)	cm ²	20250000
W'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento	cm	4500
S_w'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento	cm	4500
A'	Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento)	cm ²	20250000
$L_{(SS)}$	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	cm	0
$L_{(SP)}$	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	cm	100
L_f	Profondità della base della sorgente rispetto al p.c.	cm	300
d_i	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	cm	200
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	cm	100
L_F	Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	cm	300
Caratteristiche fisiche del terreno in zona insatura			
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1.7
f_{oc}	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo	g-C/g-suolo	0.01
I_{ef}	Infiltrazione efficace (**)	cm/anno	30
pH	pH del suolo insaturo	adim.	6.8
Caratteristiche fisiche del terreno in zona satura			
v_{gw}	Velocità di Darcy	cm/anno	2500
K_{sat}	Conducibilità idraulica del terreno saturo	cm/anno	---
i	Gradiente idraulico	adim.	---
v_e	Velocità media effettiva nella falda	cm/anno	7082
f_{oc}	Frazione di carbonio organico nel suolo saturo	g-C/g-suolo	0.001
pH	pH del suolo saturo	adim.	6.8
Caratteristiche dell'aria outdoor			
W'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento	cm	4500
S_w'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento	cm	4500
A'	Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento)	cm ²	20250000
U_{air}	Velocità del vento (***)	cm/s	225
Caratteristiche dell'aria indoor			
A_b	Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione	cm ²	700000
L_{crack}	Spessore delle fondazioni/muri	cm	15
L_b	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (RES.)	cm	200
L_b	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (IND.)	cm	300
L_T	Distanza tra il top della sorgente nel suolo insaturo (in falda) e la base delle fondazioni	cm	0 (285)
Z_{crack}	Profondità delle fondazioni	cm	15

(*) da manuale APAT "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati", rev.1, tabella 5.2

(**) per la determinazione vedi il manuale APAT "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati", rev.1, paragrafo 3.2.2

(***) per la determinazione vedi il manuale APAT "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati", rev.1, paragrafo 3.2.4

I parametri riportati in Tab.1 sono stati scelti in base ad un'analisi di sensitività dei modelli di analisi di rischio maggiormente utilizzati e quindi sono definibili come “parametri ad alta sensibilità”, cioè al variare degli stessi si otterranno diversi valori di rischio.

3. Modello concettuale

Nell'elaborazione dell'analisi di rischio sanitario (AdR), connesso alla contaminazione di un sito, è importante determinare il ‘Modello Concettuale del Sito’ (MCS). Le informazioni raccolte dovranno essere utili a definire l'estensione dell'area da bonificare, i volumi di suolo contaminato, le caratteristiche rilevanti dell'ambiente naturale e costruito, la tipologia (inquinanti presenti) e il grado di inquinamento nelle diverse matrici ambientali, le vie di esposizione e le caratteristiche della popolazione su cui possano manifestarsi gli effetti dell'inquinamento.

Tale modello è il frutto di indagini ed analisi di caratterizzazione del sito e la sua definizione comprende essenzialmente la ricostruzione dei caratteri delle tre componenti principali che costituiscono l'AdR:

Sorgente □ Trasporto □ Bersaglio

pertanto devono essere definiti:

1) **Le sorgenti di contaminazione:** queste si differenziano in sorgenti primarie, rappresentate dell'elemento che è causa di inquinamento, e sorgenti secondarie identificate invece con il comparto ambientale contaminato (suolo, acqua, aria). Le sorgenti secondarie possono suddividersi in:

- zona insatura, a sua volta distinta in Suolo Superficiale (SS) (profondità fino a 1 m) e Suolo Profondo (SP) (profondità superiori a 1 m e fino alla quota di rinvenimento della tavola d'acqua).
- Acqua sotterranea.

In accordo agli standard di riferimento la procedura di analisi di rischio viene applicata esclusivamente alle sorgenti secondarie di contaminazione.

2) **Le vie di migrazione:** Le vie di migrazione devono essere individuate dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli, nello scenario attuale e nello scenario futuro. Esse vengono distinte in base alla sorgente di contaminazione. Per il suolo superficiale si considerano i percorsi di esposizione diretta: l'ingestione di suolo, il contatto dermico, la volatilizzazione (inalazione outdoor di polveri; inalazione outdoor di vapori; inalazione indoor di vapori), e la lisciviazione verso la risorsa idrica sotterranea. Nel caso di un suolo profondo vengono attivati i percorsi di esposizione indiretta: volatilizzazione e lisciviazione in falda. Come noto le equazioni utilizzate nell'applicazione dell' AdR portano spesso a una sovrastima del rischio, pertanto ove vi sia la presenza di sostanze volatili in alta concentrazione e la presenza di bersagli sensibili, è possibile fare ricorso a misure dirette di campo (ad es. soil gas, aria ambiente, ecc), da effettuare in accordo con gli Enti territoriali di controllo (ARPAT , ASL, ecc). A titolo esemplificativo, ma non esaustivo, si ritiene opportuno citare due protocolli elaborati per il SIN di Porto Marghera: “Criteri e metodologie applicative per la misura del soil-gas” e “Protocollo per il monitoraggio dell'aria

indoor/outdoor ai fini della valutazione dell'esposizione inalatoria nei siti contaminati", il primo approvato dalla Conferenza di Servizi decisoria del 12 marzo 2014 e disponibile al seguente link: http://www.bonifiche.minambiente.it/page_protocolli.html e il secondo in corso di approvazione.

Per la zona satura in generale andrà considerata la migrazione verso il punto di conformità, cioè il punto "teorico" o "reale" di valle idrogeologico, in corrispondenza del quale devono essere rispettati gli obiettivi di qualità delle acque sotterranee.

3) ***I bersagli della contaminazione***: vengono presi in considerazione solo recettori umani, distinti in base alla destinazione d'uso del suolo contaminato, ovvero per aree residenziali/verde pubblico i bersagli sono adulti e bambini mentre per aree industriali/commerciali sono solo adulti (lavoratori).

3.1 Il percorso di lisciviazione in falda

Nel caso della **Messa In Sicurezza Operativa (MISO)**, ai fini del calcolo delle CSR, può non essere attivato il percorso di lisciviazione e trasporto in falda nel rispetto delle seguenti condizioni: ove esistano sufficienti garanzie del continuo presidio e controllo nel tempo dei sistemi di barriera. A tal fine dovrà essere previsto un piano di monitoraggio dell'efficienza/efficacia degli interventi, adeguato alla tipologia dell'intervento e dell'inquinamento presente nelle acque sotterranee, di durata complessiva da stabilire con gli Enti di Controllo.

Qualora la contaminazione risiedesse anche nei suoli insaturi, al fine di evitare il mero trasferimento della contaminazione dal suolo alle acque sotterranee, si ritiene opportuno che:

1. vengano programmati, compatibilmente con il mantenimento dell'attività produttiva, interventi sulle sorgenti attive di contaminazione per la falda, così come previsto dall'art.41 della L.98/13;
2. Venga effettuata una Analisi di Rischio in modalità diretta avendo cura di attivare il percorso di lisciviazione e trasporto in falda, non ai fini del calcolo del rischio o delle CSR, ma con l'obiettivo di stimare le concentrazioni attese al Punto di Conformità. Questa soluzione permetterebbe di utilizzare l'Analisi di Rischio come strumento decisionale di supporto utile all'ottimizzazione dei sistemi di monitoraggio delle acque sotterranee. In considerazione del fatto che i risultati dell'AdR in modalità diretta sono i rischi associati al permanere in sito di concentrazioni maggiori delle CSC in una determinata matrice (SS, SP Acqua sotterranea), la analisi dei risultati permetterà di individuare il migliore intervento da effettuare su una determinata matrice e per un determinato contaminante, al fine di diminuire il rischio associato al sito e programmare un efficiente sistema di monitoraggio.

Nel caso della **"Bonifica"** si ritiene opportuno che gli obiettivi della bonifica stessa vengano calcolati tenendo conto del percorso di lisciviazione e trasporto in falda, al fine di garantire l'efficienza/efficacia degli interventi nel lungo termine, anche nell'eventualità di passaggi di proprietà delle aree o fallimento dei soggetti responsabili delle attività di bonifica.

1. Parametri da ricercare

Sulla base delle caratterizzazioni ad oggi effettuate, si ritiene che i parametri per i quali andrà elaborata l'AdR siano in via generale i seguenti: metalli e metalloidi, fitofarmaci, idrocarburi (con relativa speciazione sia nella matrice Suolo che Acqua sotterranea), composti alogenati e IPA.

Ai fini dell'elaborazione dell'analisi di rischio ai sensi del D. Lgs 152/06, occorre individuare su base sito-specifica, per i terreni insaturi almeno i parametri quali: granulometria, pH, frazione di carbonio organico (foc), densità del suolo.

In caso di non conformità riscontrata per i metalli/metalloidi occorre individuare su base sito-specifica anche il parametro coefficiente di ripartizione solido/liquido (K_d); il soggetto obbligato dovrà pertanto conservare una aliquota dei campioni, per ogni orizzonte stratigrafico incontrato sia in suolo superficiale (SS), che in suolo profondo (SP), nell'intervallo di suolo insaturo nel quale è stata rinvenuta la contaminazione. Il numero dei campioni da sottoporre ad accertamento analitico per il parametro K_d deve garantire una buona copertura superficiale e rappresentatività del sito.

Analogamente a quanto individuato per il parametro K_d occorre che i vari orizzonti stratigrafici incontrati in ambiente insaturo, nell'ambito dell'intervallo di suolo contaminato, siano sottoposti ad esame granulometrico da parte di laboratorio geotecnico abilitato, al fine di certificare la litologia prevalente nei suoli e calcolare i parametri igeologici sito-specifici. Il numero dei campioni da sottoporre ad esame granulometrico deve permettere una buona copertura superficiale e rappresentatività del sito. In entrambi i casi (determinazione del K_d e della granulometrica) quale criterio di rappresentatività, potrebbe essere utilizzato quello riportato nell'allegato 2 al DM 471/1999, per determinare il numero dei punti di indagine.

Per le acque di falda è necessaria la determinazione della granulometria dei terreni saturi e della conducibilità idraulica dell'acquifero mediante prove di campo (slug test, prove di portata).

La documentazione inerente le prove sito-specifiche effettuate dovrà essere allegata alla relazione contenente l'analisi di rischio.

In allegato alla documentazione dovranno essere presentati su supporto informatico i file di input/output del codice di calcolo utilizzato per la valutazione del rischio e calcolo delle CSR, al fine di permettere agli Enti di controllo il coerente inserimento dei dati di caratterizzazione.

Bibliografia

[1] ASTM (1998), *Standard Provisional Guide for Risk-Based Action*, Report PS 104-98

[2] <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/siti-contaminati/analisi-di-rischio>

[3] <http://www.iss.it/iasa/index.php?lang=1&anno=2014&tipo=40>