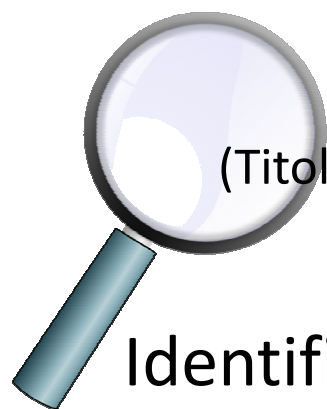


L'analisi di rischio sito specifica applicata ai siti contaminati

Laura Schiozzi

Trieste 22 maggio 2023

COS'E' UN SITO CONTAMINATO?



E' una definizione giuridica

(Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006 – Testo Unico Ambientale)

Identifica un sito (luogo, porzione di territorio) in cui vengono superate le **CSR** (concentrazioni soglia di rischio) per uno o più contaminati per le matrici ambientali di interesse

(suolo, sottosuolo ed acque sotterranee)

SUPERATE LE CSR È NECESSARIO INTERVENIRE CON PROGETTI DI BONIFICA

A COSA SERVE UN PROGETTO DI BONIFICA?

L'obiettivo di un progetto di bonifica è quello di eliminare le sorgenti dell'inquinamento dalle matrici di interesse (suolo, sottosuolo ed acque sotterranee) o comunque di ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti di modo che sia garantita un'assenza di rischio per la salute umana e l'ambiente



RESTITUIRE IL SITO ALLA SUA FRUIZIONE



COS'E' UN SITO CONTAMINATO?

MA QUAL E' IL PERCORSO CHE PORTA ALLA DEFINIZIONE DI UNA CSR E QUINDI ALLA NECESSITA' DI UN INTERVENTO DI BONIFICA?

EVENTO CONTAMINANTE CHE POSSA AVER INTERESSATO LE MATRICI SUOLO,
SOTTOSUOLO ED ACQUE SOTTERANEE

Evento accidentale (es. sversamento)
Presenza di serbatoi interatti (es. punti vendita carburanti)
Attività industriali

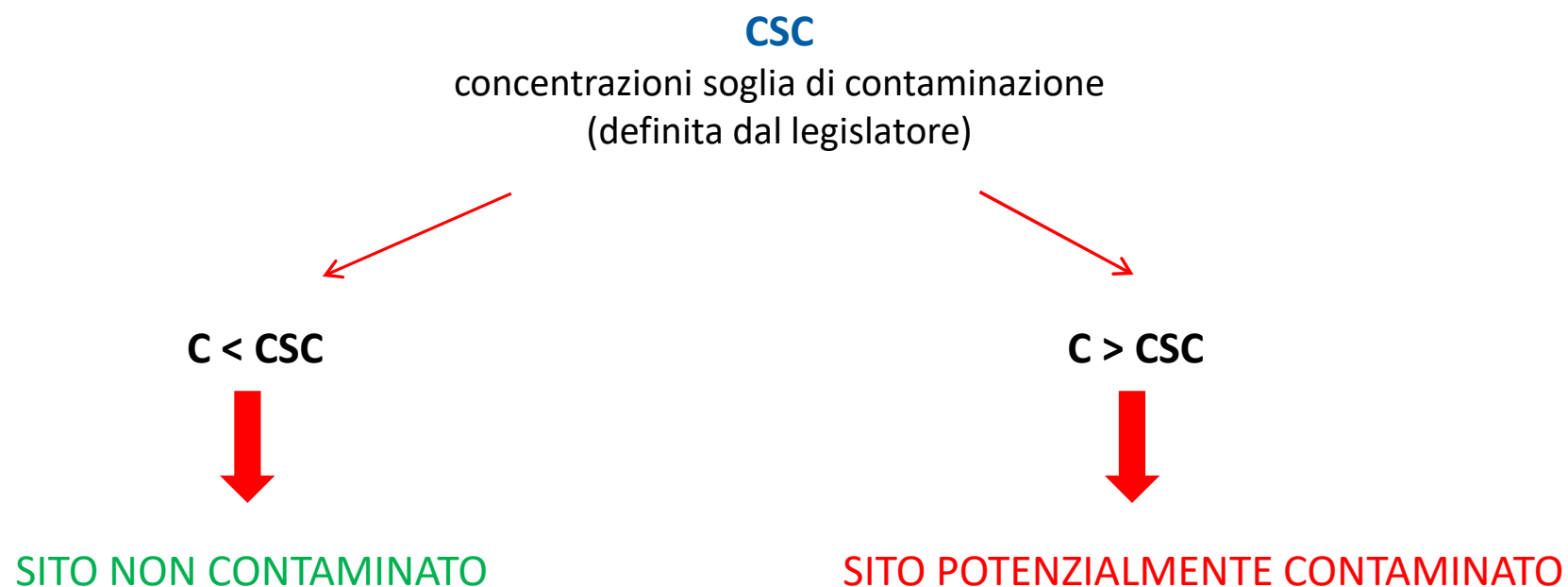


INDAGINI AMBIENTALI VOLTE A **CARATTERIZZARE** LE MATRICI DI INTERESSE

COS'E' UN SITO CONTAMINATO?

ESITI INDAGINI AMBIENTALI

Analisi chimiche per determinati analiti sulle matrici di interesse (C) che portano a definire la concentrazione di un dato inquinante nella matrice di interesse



COS'E' UN SITO CONTAMINATO?

Se $C > CSC$



ULTERIORI INDAGINI

definite **Piano di caratterizzazione ambientale**



PROCEDURA DI CALCOLO ANALITICO (MODELLO)
PER LA DEFINIZIONE DEL RISCHIO SANITARIO ED AMBIENTALE ACCETTABILE



$C < CSR$



SITO NON CONTAMINATO

Eventuale monitoraggio per la
conferma degli assunti del calcolo



$C > CSR$



SITO CONTAMINATO

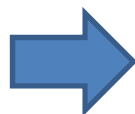
NECESSITA' DI INTERVENTI DI
BONIFICA

QUAL E' IL RUOLO DI ARPA FVG IN UN SITO CONTAMINATO?



Attività di supporto tecnico
Attività istruttoria
Attività di controllo
Attività di certificazione/collaudo

INTERLOCUTORI



Ministero dell'Ambiente
Regione
Comuni

RUOLO DI GARANZIA PER LA P.A. E LE AZIENDE

Attività di controllo e supporto tecnico

ATTIVITA' di CAMPO

Le attività di controllo da parte della Pubblica Autorità sarà soprattutto **qualitativo** e potrà essere realizzato durante lo svolgimento delle attività di campo, attraverso la verifica dell'applicazione delle specifiche definite nel Piano di Indagini.

ATTIVITA' di LABORATORIO

Le attività di controllo da parte degli enti preposti, potrà essere realizzato durante lo svolgimento delle analisi di laboratorio.

VALIDAZIONE

La **validazione dell'intero percorso analitico**, dal prelievo dal campione alla restituzione del dato, potrà essere eseguita dagli Enti di Controllo, attraverso l'approvazione dei certificati analitici.

ATTIVITA' ISTRUTTORIA

- Verifica del modello concettuale
- Verifica della corretta applicazione della procedura di analisi di rischio sito specifica

ATTIVITA' DI CERTIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA

- Relazioni ex art. 248 del D.Lgs. 152/2006

PREMESSA: l'Allegato 1 definisce i criteri minimi da applicare nella procedura di analisi di rischio inversa che verrà utilizzata per il calcolo delle CSR, cioè degli obiettivi di bonifica sito-specifici

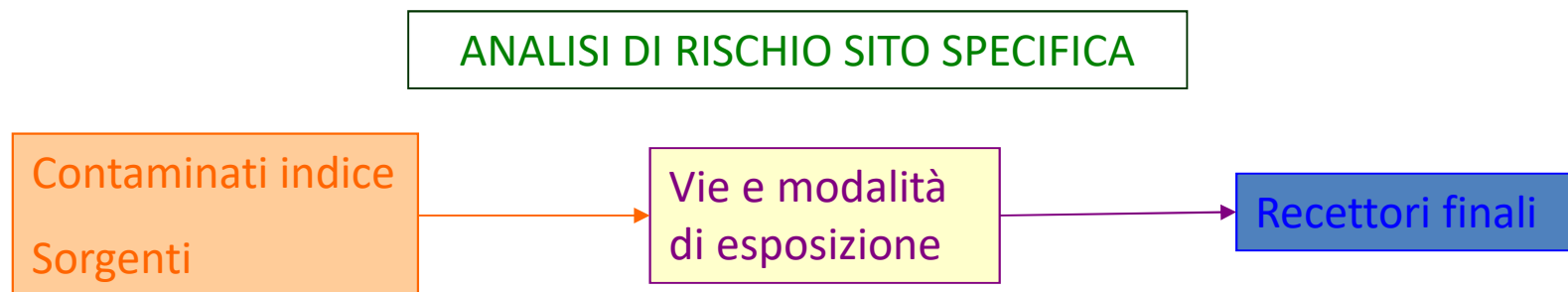
CONCETTI E PRINCIPI DI BASE: Si sottolinea l'importanza della scelta dei parametri da impiegare nell'analisi di rischio che deve rispondere a criteri di conservatività e di sitospecificità; l'applicazione dell'analisi di rischio sito specifica per la definizione degli obiettivi di bonifica deve tenere conto anche della destinazione d'uso prevista dagli strumenti di programmazione territoriale

COMPONENTI DELL'ANALISI DI RISCHIO DA PARAMETRIZZARE: indirizzi necessari alla parametrizzazione di: contaminanti indice, sorgenti, vie e modalità di esposizione, recettori o bersagli della contaminazione con particolare riferimento al punto di conformità e ai criteri di accettabilità del rischio

PROCEDURE DI CALCOLO E STIMA DEL RISCHIO: si sottolinea che le procedure di calcolo del rischio devono essere conformi a metodologie di comprovata validità sia dal punto di vista delle basi scientifiche che della riproducibilità dei risultati (es: ASTM PS104)

PROCEDURA DI VALIDAZIONE: la validazione dei risultati ottenuti da parte degli Enti di Controllo può avvenire solo se tutti i dati di input utilizzati vengono riportati in modo chiaro negli elaborati progettuali con particolare riferimento a:

- 1) criteri di scelta dei contaminanti indice;
- 2) modello concettuale del sito;
- 3) procedure di calcolo utilizzate;
- 4) fonti utilizzate per la determinazione dei parametri di input e degli algoritmi di calcolo



La Valutazione del Rischio è stata definita in modi diversi da molti autori che hanno affrontato la materia (Rowe, 1977; NRC, 1983; OTA, 1993; US EPA, 1984; Bowles et al., 1987; Asante-Duah, 1990)

In termini estremamente tecnici il *Risk Assessment* viene definito come:

**processo sistematico per la stima di tutti i fattori di rischio
significativi che intervengono in uno scenario di esposizione
causato dalla presenza di pericoli**

In termini meno tecnici la *Valutazione del Rischio* è:

la stima delle conseguenze sulla salute umana di un evento
potenzialmente dannoso, in termini di probabilità che le stesse conseguenze si
verifichino

DEFINIZIONE ADOTTATA NELLE PROCEDURE DI SICUREZZA INDUSTRIALE:

$$R = P \times D = P \times F_p \times F_e$$

R: rischio associato ad un dato evento

P: probabilità di accadimento

D: danno provocato dall'evento

F_p: fattore di pericolosità (entità del possibile danno - morte, lesioni, intossicazione)

F_e: fattore di contatto (funzione della durata di esposizione)

DEFINIZIONE ADOTTATA NEL CASO DI SITI CONTAMINATI:

$$R = E \times T$$

P = probabilità accadimento del danno conclamata (P = 1), ovvero l'evento è già accaduto

F_p = T [mg/kg d]⁻¹ (Tossicità dell'inquinante)

F_e = E [mg/kg d] (Portata effettiva di Esposizione)

RISCHIO = ESPOSIZIONE x TOSSICITA'

SOSTANZE TOSSICHE

$$HI = \frac{E}{TDI}$$

E = Esposizione cronica effettiva [mg/kg-giorno]

TDI (o RfD) = Dose di riferimento [mg/kg-giorno]

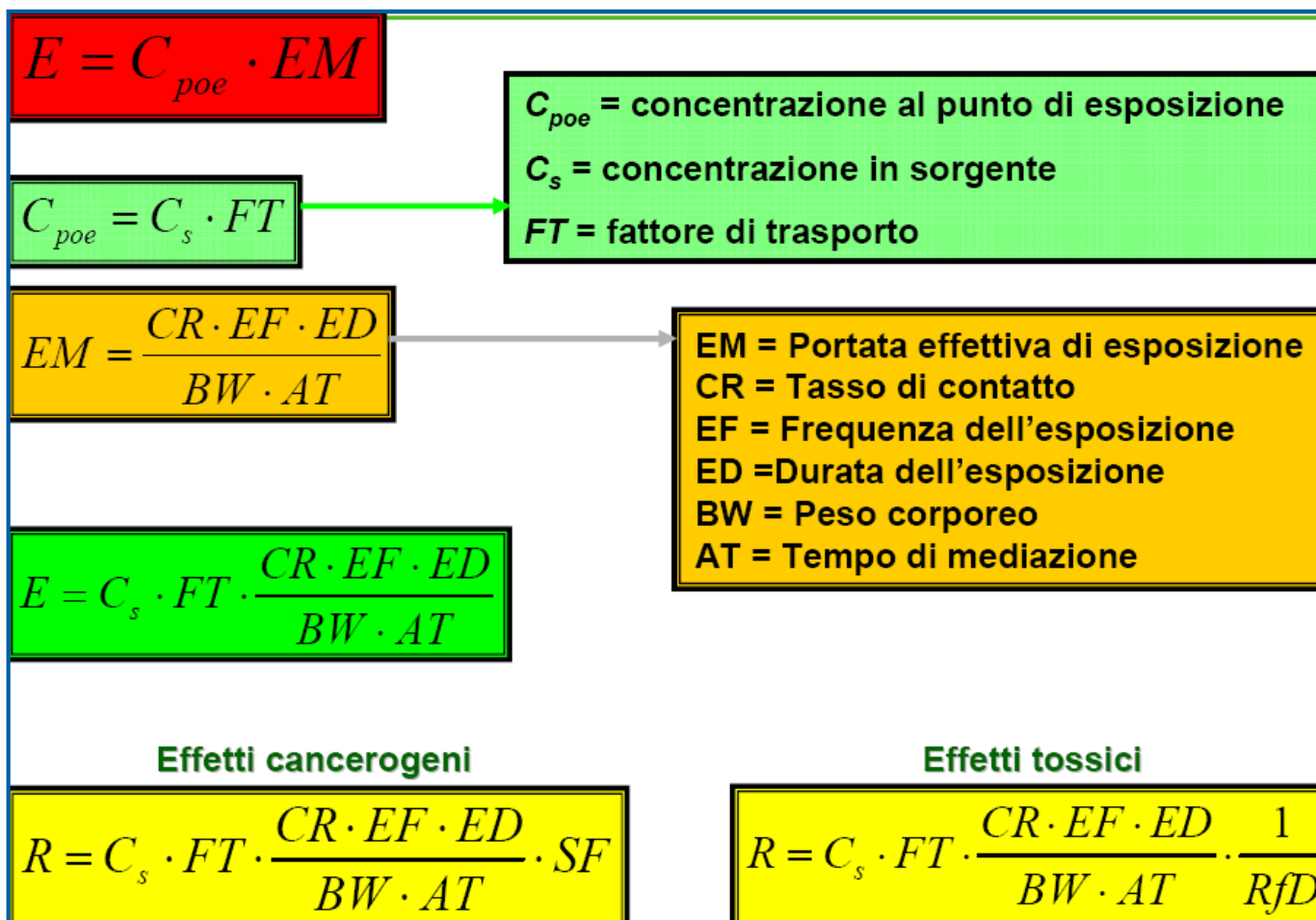
SOSTANZE CANCEROGENE

$$R = E \times SF$$

E = Esposizione cronica effettiva [mg/kg-giorno]

SF = Grado di cancerogenicità [mg/kg-giorno]⁻¹

ANALISI DI RISCHIO FORMULE APPLICATIVE



ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA

MODALITA' DIRETTA



STIMA DEL RISCHIO
SANITARIO

(Baseline Risk Assessment)



MODALITA' INVERSA



STIMA VALORI GUIDA o
OBIETTIVI DI BONIFICA

(Guideline values o Clean-up
targets)

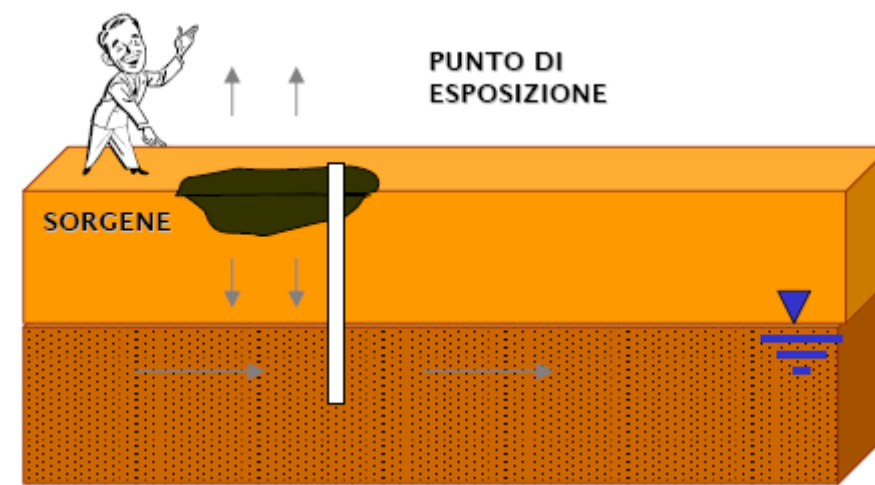
ANALISI DI RISCHIO PROCEDURA RBCA



- ❖ approccio basato su 3 livelli di valutazione;
- ❖ il passaggio a livelli successivi prevede una caratterizzazione sempre più accurata del sito e il progressivo abbandono di ipotesi generiche conservative;
- ❖ il grado di protezione della salute e dell'ambiente non varia comunque tra i diversi livelli di analisi.

Basata su standard ASTM (E1739/95 e PS108/98), derivata da US EPA Risk Assessment Guidance (1989)

- ANALISI DI TIPO **SITO-GENERICA**
- VALUTAZIONE DEI POTENZIALI PER **BERSAGLI ON-SITE**
- SIMULAZIONE DEL TRASPORTO ATTRAVERSO **MODELLI ANALITICI**



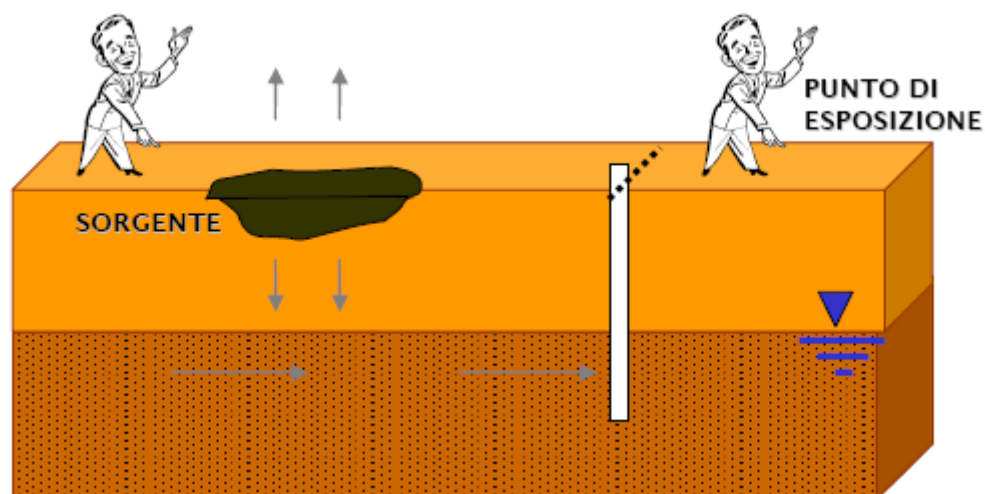
Basta conoscere la concentrazione alla sorgente
e la posizione dei bersagli

Risultati estremamente conservativi

Costi di analisi ridotti

ANALISI DI RISCHIO - PROCEDURA RBCA LIVELLO 2 (TIER 2)

- ANALISI DI TIPO **SITO-SPECIFICA**
- VALUTAZIONE DEI POTENZIALI PER **BERSAGLI ON-SITE e OFF-SITE**
- SIMULAZIONE DEL TRASPORTO ATTRAVERSO **MODELLI ANALITICI**



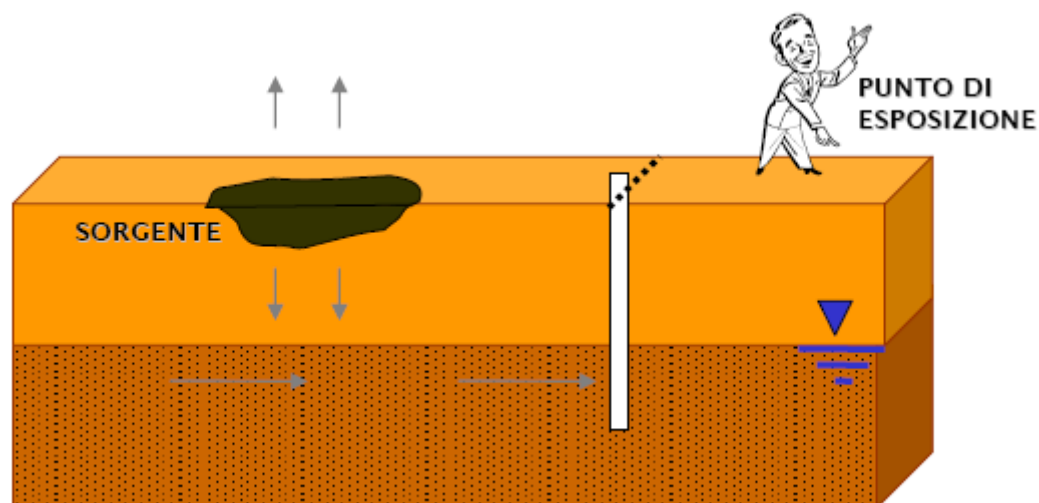
L'analisi risulta più dettagliata e precisa

Aumento dei costi di caratterizzazione per
la determinazione dei parametri sito-specifici

E' IL LIVELLO DI ANALISI PREVISTO DAL D. Lgs. 152/06

ANALISI DI RISCHIO - PROCEDURA RBCA LIVELLO 3 (TIER 3)

- ANALISI DI TIPO **SITO-SPECIFICA**
- VALUTAZIONE DEI POTENZIALI PER **BERSAGLI OFF-SITE**
- SIMULAZIONE DEL TRASPORTO ATTRAVERSO **MODELLI NUMERICI**



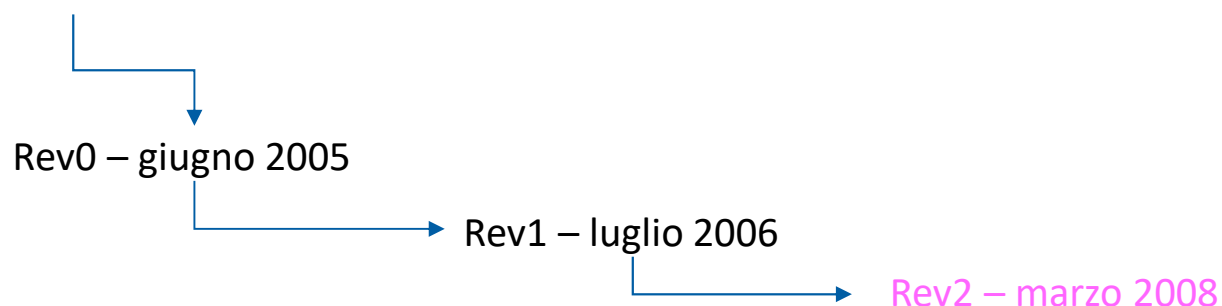
Analisi molto dettagliata
 Valutazione del fattore tempo

Costi estremamente elevati per la determinazione
 dei molti parametri sito-specifici necessari



Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati

Documento sviluppato da un gruppo di lavoro ISPRA (ex APAT), ISS e ISPESL per rispondere alle esigenze sorte per la valutazione da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per la valutazione dei progetti di bonifica entro i siti di interesse nazionale



Il documento costituisce la base per l'elaborazione di un'analisi di rischio sanitaria così come prevista dalla normativa nazionale (D. Lgs. 152/2006 e D.Lgs. 04/2008)

CONTENUTI

1. Introduzione
2. Materiale di riferimento
3. Costruzione del modello concettuale
4. Calcolo del rischio e degli obiettivi di bonifica sito-specifici
5. Analisi critica dei software e criteri di validazione

- A-L Equazioni per il calcolo dei fattori di trasporto
- M Approccio statistico Montecarlo
- N Analisi di sensibilità
- O Banca dati delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche
- P Prodotto libero (NAPL)
- Q Criteri per il calcolo degli obiettivi di bonifica sito-specifici
- R Modelli analitici e numerici per il trasporto dei contaminanti in zona insatura
- S Intrusione di vapori nei luoghi di lavoro
- T Modelli analitici e numerici per il trasporto dei contaminanti in falda

SORGENTE

PERCORSI
DI MIGRAZIONE

BERSAGLIO



STIMA DEL RISCHIO

ANALISI DI RISCHIO

DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE

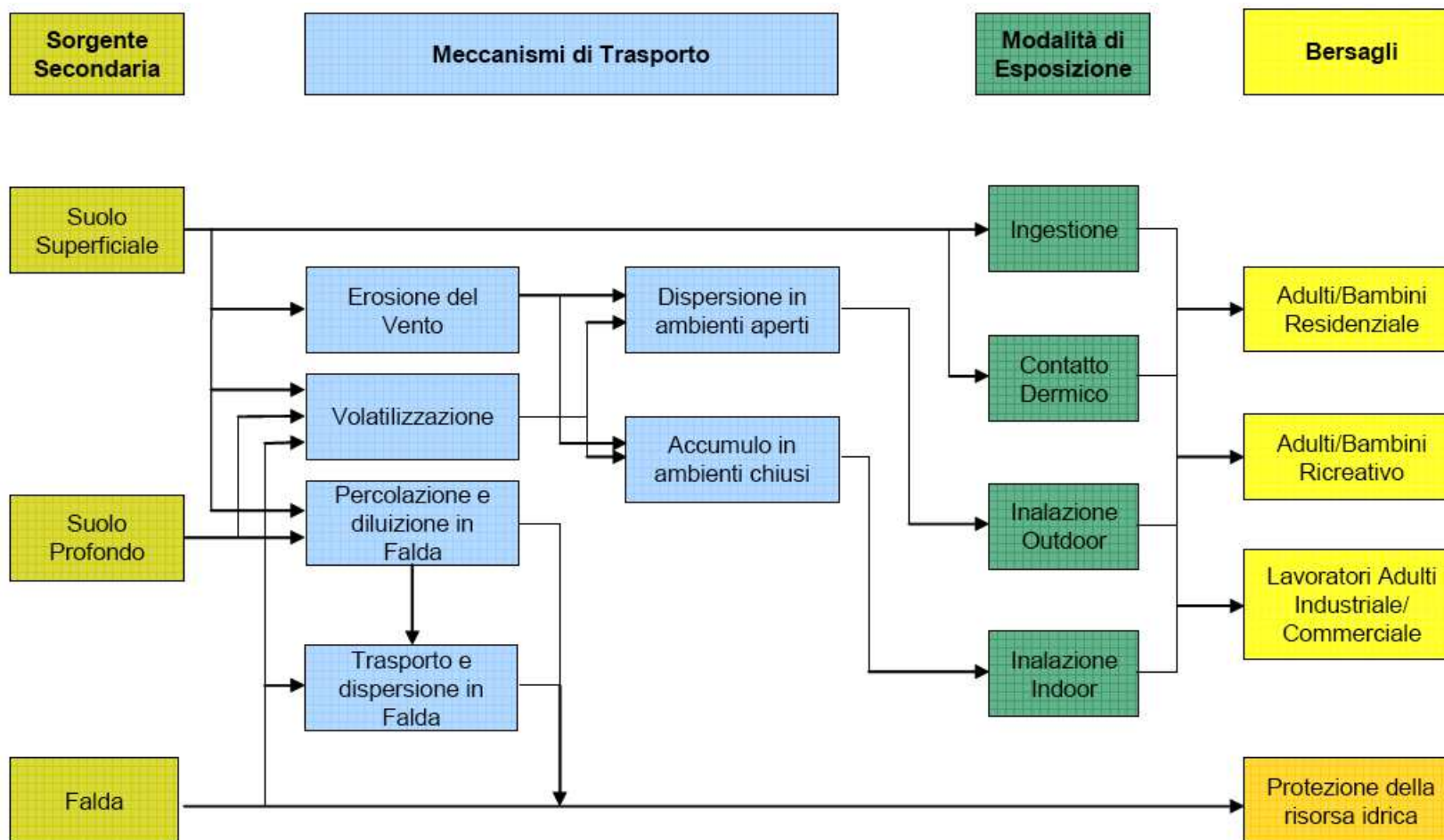
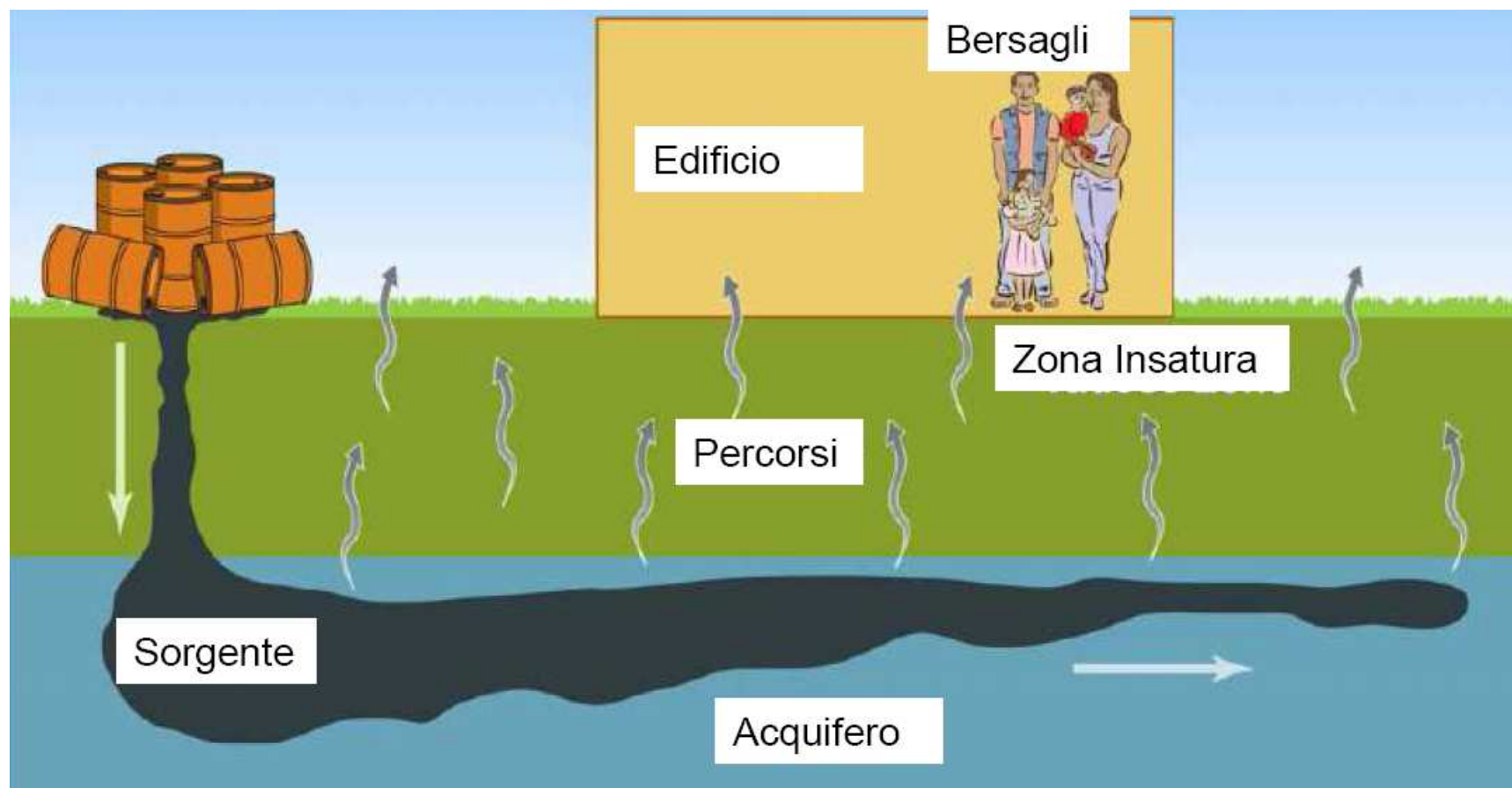


Diagramma di flusso per la rappresentazione del modello concettuale *modificato da Criteri Metodologici APAT(2008)*

ANALISI DI RISCHIO DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE



I documenti inerenti l'applicazione dell'analisi di rischio per i siti contaminati devono riportare una chiara rappresentazione del MCS sulla base delle risultanze della caratterizzazione effettuata

PARAMETRI SITO SPECIFICI

SUOLO INSATURO

Profondità del piano di falda
Spessore della zona insatura
Spessore della falda
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda
Area della sorgente (rispetto alla direzione del flusso di falda)
Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale nel vento
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella principale del vento
Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento)
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo
Profondità della base della sorgente rispetto al p.c.
Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)
Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente
Densità del suolo
Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo
Infiltrazione efficace
PH del suolo insaturo

SUOLO SATURO/FALDA

Velocità di Darcy
Conducibilità idraulica del terreno saturo
Gradiente idraulico
Frazione di carbonio organico nel suolo saturo
PH del suolo saturo
Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella principale del vento
Area della sorgente rispetto alla direzione prevalente del vento
Velocità del vento
Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione

SPAZI CHIUSI

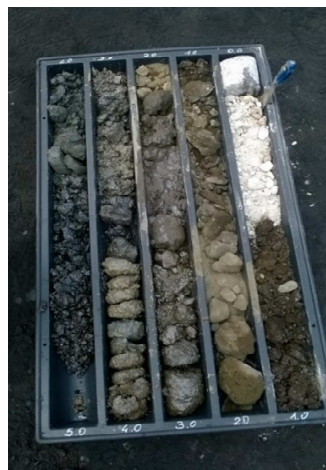
Spessore delle fondazioni/muri
Rapporto fra volume indoor ed area di infiltrazione (residenziale)
Rapporto fra volume indoor ed area di infiltrazione (industriale)
Distanza tra il top della sorgente nel suolo insaturo (in falda) e la base delle fondazioni
Profondità delle fondazioni

Le sorgenti primarie di contaminazione (ad es: rifiuti) non vengono prese in considerazione ai fini dell'applicazione dell'Analisi di Rischio in quanto, in conformità con il D. Lgs 152/06 dovrebbero essere rimosse;

Vengono prese in considerazione le seguenti sorgenti secondarie:

SUOLO SUPERFICIALE, SUOLO PROFONDO, FALDA

- ❖ Suolo superficiale: porzione di suolo da 0 a –1 m dal piano campagna
- ❖ Suolo profondo: porzione di suolo insaturo da – 1 m fino alla tavola d'acqua
- ❖ La contaminazione del saturo è rappresentata dai valori misurati nelle acque sotterranee (condizioni stazionarie)



ANALISI DI RISCHIO PERCORSI – VIE DI MIGRAZIONE



- lisciviazione in falda da suolo superficiale e/o profondo (LF);
- attenuazione in falda (DAF);
- volatilizzazione di vapori outdoor da suolo superficiale (VFss);
- volatilizzazione di vapori outdoor da suolo profondo (VFsam);
- volatilizzazione di vapori outdoor da falda (VFwam);
- emissione di particolato outdoor da suolo superficiale (PEF);
- emissione di particolato indoor da suolo superficiale (PEFin);
- volatilizzazione di vapori indoor da suolo (VFsesp);
- volatilizzazione di vapori indoor da falda (VFwesep);

Concentrazione
alla sorgente C_s



Fattori di trasporto
FT



Concentrazione
al punto di
esposizione C_{poe}

ANALISI DI RISCHIO BERSAGLI

Per quanto riguarda i bersagli della contaminazione, i *Criteri metodologici* prendono in considerazione **solo ricettori umani**.

Questi sono identificati in funzione della destinazione d'uso del suolo, compreso nell'area logica di influenza del sito potenzialmente contaminato. Le tipologie di uso del suolo prese in esame sono differenziate in:



- **Residenziale** (bersagli: adulti e bambini)

- **Ricreativo** (bersagli: adulti e bambini)



- **Industriale/Commerciale** (bersagli: adulti)

Per quanto riguarda il bersaglio bambini, in assenza di dati di esposizione sito-specifici, si intende individui aventi una età compresa tra 0 - 6 anni

ANALISI DI RISCHIO MODALITA' DI ESPOSIZIONE DEI BERSAGLI

Le vie e le modalità di esposizione sono quelle mediante le 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 contaminazione

Si ha una **ESPOSIZIONE INDIRETTA** nel caso in cui il contatto del recettore con la sostanza inquinante avviene a seguito della migrazione dello stesso e quindi avviene ad una certa distanza dalla sorgente

ESPOSIZIONE DIRETTA

- ingestione di suolo superficiale
- contatto dermico con suolo superficiale

ESPOSIZIONE INDIRETTA

- inalazione di vapori indoor/outdoor
- inalazione di polveri indoor/outdoor



ANALISI DI RISCHIO PRINCIPI DELLA PROCEDURA



La concentrazione degli inquinanti è uniformemente distribuita nel suolo ed è costante per tutto il periodo di esposizione



Terreno omogeneo, isotropo e incoerente (si escludono quindi i suoli porosi per fessurazione, i quali necessitano di modellistica specifica corrispondente ad un livello 3 di analisi)



Non si considerano fenomeni di biodegradazione (ad eccezione del DAF) o meccanismi di decadimento/trasformazione delle sostanze inquinanti nel suolo, in soluzione nell'acqua o in fase vapore



Principio della esposizione massima ragionevolmente possibile (RME, ossia "Reasonable Maximum Exposure"), che prevede in relazione ai parametri di esposizione l'assunzione di valori ragionevolmente conservativi al fine di pervenire a risultati cautelativi per la tutela della salute umana;



Principio del caso peggiore ("worste case") che riguarda in generale tutte le fasi di applicazione della procedura di analisi assoluta di rischio e deve sempre guidare la scelta tra alternative possibili;



Effetti cronici e non acuti;

ANALISI DI RISCHIO CRITERI DI CALCOLO DEL RISCHIO

La procedura di analisi di rischio assoluta può avere un duplice obiettivo finale:

- stimare quantitativamente il rischio per la salute umana connesso ad uno specifico sito, in termini di valutazione delle conseguenze legate alla sua situazione qualitativa;
MODALITA' DIRETTA (FORWARD)
- individuare dei valori di concentrazione accettabili nel suolo e nella falda vincolati alle condizioni specifiche del singolo sito
MODALITA' INVERSA (BACKWARD)



ANALISI DI RISCHIO

CRITERI DI CALCOLO DEL RISCHIO

STIMA DEL RISCHIO

Il rischio per la salute umana viene differenziato tra individuale e cumulato

Rischio e indice di pericolo individuale (R e HQ):

rischio dovuto ad un singolo contaminante per una o più vie d'esposizione

Rischio e indice di pericolo cumulativo (R_{TOT} e HQ_{TOT}):

rischio dovuto alla cumulazione degli effetti di più sostanze per una o più vie d'esposizione

RISCHIO INDIVIDUALE

EFFETTI CANCEROGENI

$$R = E \times SF$$

Dove:

R (Rischio [adim]) rappresenta la probabilità di casi incrementali di tumore nel corso della vita, causati dall'esposizione alla sostanza rispetto alle condizioni di vita usuali;
SF (Slope Factor[mg/kg d]-1) indica la probabilità di casi incrementali di tumore nella vita per unità di dose;
E è mediata su di un periodo di esposizione pari a 70 anni (AT = 70 anni).

EFFETTI TOSSICI

$$HQ = E / RfD$$

Dove:

HQ (Hazard Quotient [adim]) è un Indice di Pericolo che esprime di quanto l'esposizione alla sostanza supera la dose tollerabile o di riferimento;
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;
E è mediata sull'effettivo periodo di esposizione (AT = ED).

ED = 24 per adulti, 6 per bambini, 25 per lavoratori

RISCHIO CUMULATO

EFFETTI CANCEROGENI

$$R_T = \sum_{i=1}^n R_i$$

R_T rappresenta il Rischio cumulativo causato dall'esposizione contemporanea alle n sostanze inquinanti

EFFETTI TOSSICI

$$HQ_T = \sum_{i=1}^n HQ_i$$

HQT rappresenta l'Indice di pericolo causato dall'esposizione contemporanea alle n sostanze inquinanti

*Riguardo il rischio cumulativo, gli effetti cancerogeni o tossici dovuti alla esposizione contemporanea a più di una specie chimica inquinante attualmente non sono stati chiaramente stabiliti. Comunque, è possibile effettuare una stima conservativa dell'esposizione ad una contaminazione multipla sommando il rischio (o l'indice di pericolo) di ogni singola specie chimica contaminate. E' importante sottolineare che, **in assenza di effetti sinergici**, tale operazione di somma generalmente comporta una sovrastima dell'effettivo rischio associato alla esposizione multipla. Si può anche considerare il rischio maggiore associato alla sostanza più critica (possibilità NON riportata nei criteri)*

ANALISI DI RISCHIO CRITERI DI CALCOLO DEL RISCHIO

CRITERI DI ACCETTABILITA' DEL RISCHIO

Come proposto da ISS e riportato nel D.Lgs. 04/08, i valori di rischio considerati tollerabili per le sostanze cancerogene sono:

$TR = 10^{-6}$ Valore di rischio individuale

$TR_{CUM} = 10^{-5}$ Valore di rischio cumulato

Per le sostanze tossiche il criterio di accettabilità del rischio (indice di pericolo) impone il non superamento della dose di contaminante effettivamente assunta rispetto alla RfD, da cui consegue che:

$THQ = 1$

$THQ_{TOT} = 1$

ANALISI DI RISCHIO CRITERI DI CALCOLO DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA SITO SPECIFICI

L'applicazione della procedura di analisi assoluta di rischio secondo la modalità inversa (**BACKWARD MODE**) permette il calcolo per ogni specie chimica contaminate degli obiettivi di bonifica sito-specifici per ciascuna sorgente di contaminazione, ossia del valore di concentrazione massimo ammissibile, in corrispondenza ad ogni sorgente secondaria di contaminazione (**Concentrazione Soglia di Rischio, CSR**), compatibile con il livello di rischio ritenuto tollerabile per il recettore esposto.

STEP 1

Il calcolo degli obiettivi sito-specifici consiste nel calcolo dell'esposizione accettabile. Questa è il rapporto tra il rischio ritenuto accettabile e la tossicità dell'inquinante.

Sostanze tossiche $E_{acc} = THQ \times RfD$

Sostanze cancerogene $E_{acc} = TR/SF$

STEP 2

Definita l'esposizione accettabile è possibile ricavare la concentrazione accettabile nel punto di esposizione (C_{poe}) mediante l'applicazione dell'equazione:

$$C_{poe,acc} = E_{acc}/EM \quad EM = \text{portata effettiva di esposizione}$$

STEP 3

Stabilita l'esposizione accettabile e la concentrazione nel punto di esposizione è quindi possibile individuare il valore dell'obiettivo di bonifica nella matrice ambientale sorgente di contaminazione (Concentrazione Soglia di Rischio, CSR):

$$CSR = C_{poe,acc} / FT$$

Sostanze cancerogene

$$CSR = \frac{C_{poe,acc}}{FT} = \frac{E_{acc}}{EM \cdot FT} = \frac{TR}{SF \cdot EM \cdot FT}$$

Sostanze tossiche

$$CSR = \frac{C_{poe,acc}}{FT} = \frac{E_{acc}}{EM \cdot FT} = \frac{THQ \cdot RfD}{EM \cdot FT}$$

ANALISI DI RISCHIO CRITERI DI CALCOLO DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA SITO SPECIFICI

CSR PER IL RICETTORE UMANO – SOSTANZE CANCEROGENE AMBITO RESIDENZIALE E RICREATIVO		
SORGENTE	TIPO DI ESPOSIZIONE	ON-SITE ^(*) E OFF-SITE
SUOLO SUPERFICIALE	Ingestione suolo	$CSR_{SuoloSupIngS} \left[\frac{mg}{kg-suolo} \right] = \frac{TR}{SF_{Ing} \cdot 10^{-6} \frac{kg}{mg} \cdot EM_{IngSudj}}$
	Contatto dermico	$CSR_{SuoloSupConD} \left[\frac{mg}{kg-suolo} \right] = \frac{TR}{SF_{Ing} \cdot 10^{-6} \frac{kg}{mg} \cdot EM_{ConDadj}}$
	Inalazione di vapori outdoor	$CSR_{SuoloSupInaO} \left[\frac{mg}{kg-suolo} \right] = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot EM_{InaOadj} \cdot VF_{ss} \cdot ADF}$
	Inalazione di vapori indoor	$CSR_{SuoloSupInaI} \left[\frac{mg}{kg-suolo} \right] = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot EM_{InaIadj} \cdot VF_{seep} \cdot ADF}$
	Inalazione particolato outdoor	$CSR_{SuoloSupInaOP} \left[\frac{mg}{kg-suolo} \right] = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot EM_{InaOadj} \cdot PEF \cdot ADF}$
SUOLO PROFONDO	Inalazione di vapori outdoor	$CSR_{SuoloProfInaO} \left[\frac{mg}{kg-suolo} \right] = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot VF_{samb} \cdot EM_{InaOadj} \cdot ADF}$
	Inalazione di vapori indoor	$CSR_{SuoloProfInaI} \left[\frac{mg}{kg-suolo} \right] = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot VF_{seep} \cdot EM_{InaIadj} \cdot ADF}$
FALDA	Inalazione di vapori indoor	$CSR_{FaldaInaI} \left[\frac{mg}{L-H_2O} \right] = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot EM_{InaIadj} \cdot VF_{seep} \cdot ADF}$
	Inalazione di vapori outdoor	$CSR_{FaldaInaO} \left[\frac{mg}{L-H_2O} \right] = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot EM_{InaOadj} \cdot VF_{samb} \cdot ADF}$

Le medesime equazioni si sviluppano per le sostanze tossiche e per l'ambito industriale

CSR PER ADDITIVITA' DI SOSTANZE

$$CSR_{CUM} = CSR \frac{TR_{CUM}}{TR_{IND}}$$

SOSTANZE CANCEROGENE

$$CSR_{CUM} = CSR \frac{HQ_{CUM}}{HQ_{IND}}$$

SOSTANZE TOSSICHE

CSR PER IL RECETTORE UMANO E LA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA

Tabella 4.8 - Formule per il calcolo delle CSR a protezione della risorsa idrica sotterranea

CSR PER LA PROTEZIONE DELLA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA			
RICETTORE	SORGENTE	VIA DI MIGRAZIONE	ON-SITE ^(*) E OFF-SITE
RISORSA IDRICA SOTTERRANEA	SUOLO SUPERFICIALE	Lisciviazione in falda	$CSR_{SuoloSupLF} \left[\frac{mg}{kg-suolo} \right] = \frac{CSC_{Falda} \times DAF}{LF_{ss}} \times 10^{-3} \frac{mg}{\mu g}$
	SUOLO PROFONDO	Lisciviazione in falda	$CSR_{SuoloProfLF} \left[\frac{mg}{kg-suolo} \right] = \frac{CSC_{Falda} \times DAF}{LF_{sp}} \times 10^{-3} \frac{mg}{\mu g}$
	FALDA	Trasporto in falda	$CSR_{FaldaIngW} \left[\frac{mg}{L-H_2O} \right] = CSC_{Falda} \times DAF \times 10^{-3} \frac{mg}{\mu g}$

(*) per ricettori on-site si assume DAF=1

CSR PER PIU' VIE DI ESPOSIZIONE

SUOLO SUPERFICIALE e PROFONDO

La concentrazione soglia di rischio viene stimata scegliendo il valore più conservativo tra le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor), le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor) e le CSR per ingestione d'acqua dovuta a lisciviazione da suolo superficiale in falda

FALDA

La concentrazione soglia di rischio viene stimata scegliendo il valore più conservativo tra le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati(indoor), le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor) e le CSR per ingestione d'acqua, che va posta pari alla CSC così come definita dalla normativa vigente.

SITO DI INTERESSE NAZIONALE

1700 ettari, di cui 500 a terra

Contaminazioni storiche legate a:

- aree di imbonimento (materiali vari, compresi rifiuti RSU e speciali)
- attività siderurgica
- raffinazione e stoccaggio di prodotti petroliferi
- discariche
- attività cantieristica

Composti: IPA, metalli pesanti, fenoli, composti organici volatili, clorobenzeni, idrocarburi leggeri e pesanti, amianto, diossine e furani, PCB, fitofarmaci, composti organo clorurati

Matrici: suolo, sottosuolo, acque sotterranee e sedimenti

Presenza di rifiuti interrati





Stato di fatto 2014



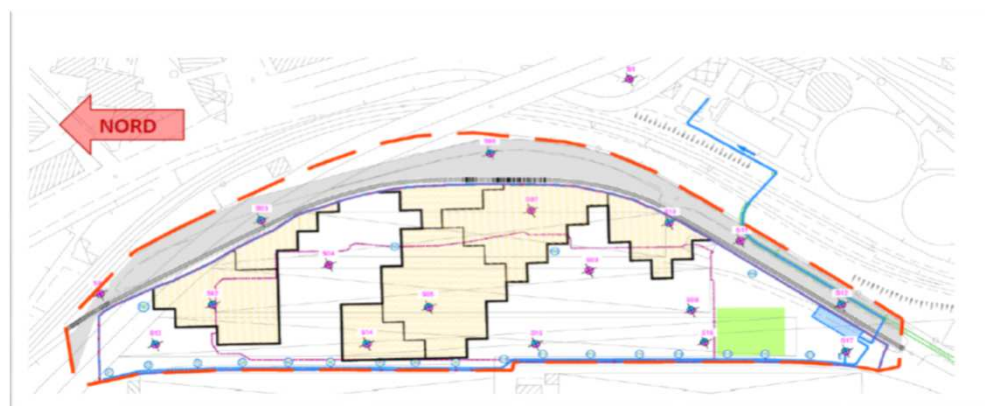
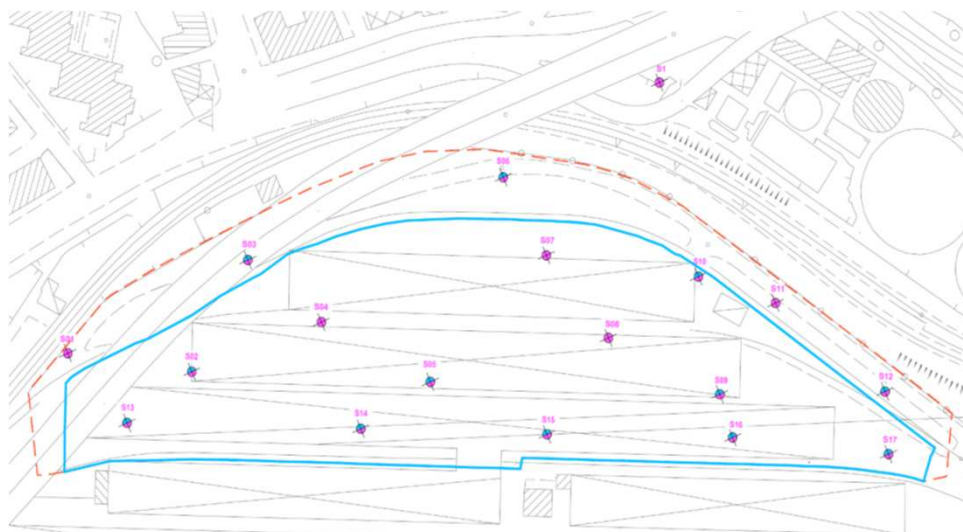
CSR FONDO SCAVO (SUOLO PROFONDO) (mg/kg s.s.)

Mercurio: 31.6
Benzo(a)antracene: 100
Benzo(a)pirene: 100
Benzo(b)fluorantene: 69.9
Benzo(k)fluorantene: 100
Benzo(g,h,i)perilene: 100
Crisene: 176.1
Indenopirene: 50
Pirene: 381
 α -esacloroesano: 0.31

CSR PARETE (SUOLO SUPERFICIALE) (mg/kg s.s.)

Antimonio: 30
Arsenico: 50
Cadmio: 17
Cromo totale: 10000
Mercurio: 5
Piombo: 1800
Rame: 7500
Selenio: 300
Stagno: 375
Tallio: 100
Vanadio: 800
Zinco: 10000

Benzo(a)antracene: 10
Benzo(a)pirene: 10
Benzo(b)fluorantene: 10
Benzo(k)fluorantene: 13
Benzo(g,h,i)perilene: 38
Crisene: 50
Indenopirene: 22
Pirene: 50
 α -esacloroesano: 0.14



BONIFICA TERRENI

1. Rimozione dei volumi contaminati in misura superiore CSR per il suolo superficiale (perimetro blu)
2. Verifiche analitiche nell'area nell'intorno dell'hot spot nel punto S06 (per IPA e HC>12) con cui determinare l'estensione della contaminazione e tarare l'intervento di *remediation* successivo;
3. Riutilizzo in situ dei terreni e delle demolizioni compatibili con le CS calcolate e ex situ dei materiali entro CSC specifica del sito di destino o lo smaltimento o il recupero in impianti autorizzati.

VOLUMI BONIFICA DA PROGETTO : 8.250 m³; di questo totale si stima che circa 6.350 m³ saranno classificati come rifiuti

VOLUMI TOTALI: circa 39.750 m³ di cui circa 4.800 m³ si stima debbano essere smaltiti poiché incompatibili con il riuso

BONIFICA ACQUE SOTTERRANEE

Realizzazione di una barriera attiva tramite la costruzione di 18 per l'emungimento delle acque contaminate fino al raggiungimento degli obiettivi di bonifica proposti;
Rete di raccolta delle acque emunte;
Impianto di trattamento delle acque prima dello scarico in acque superficiali

ESEMPIO DI PROGETTO DI MISP LA PIATTAFORMA LOGISTICA SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI TRIESTE



ESEMPIO DI PROGETTO DI MISP LA PIATTAFORMA LOGISTICA SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI TRIESTE

Il progetto complessivo relativo alla realizzazione della piattaforma logistica di Trieste prevedeva il **banchinamento di un'area di 247.000 mq, di cui 140.000 mq attualmente occupati da specchi d'acqua, per ampliare le aree operative a servizio del porto (...);**

Il 1° stralcio funzionale in esame comprendeva:

- la **bonifica ambientale** e da ordigni bellici dei fondali marini e dei terreni interessati dall'intervento;
- la messa in opera di 4 nuovi cassoni di perimetrazione dell'area fronte mare;
- il consolidamento dei fondali di imbasamento dei 4 nuovi cassoni e dei 13 cassoni già esistenti;
- la realizzazione di pali di fondazione, opere di impalcato e relativa **pavimentazione dei piazzali e del dente RO-RO** su una superficie a mare per complessivi 69.400 mq;
- la realizzazione delle **opere di confinamento impermeabili dell'area**, in funzione di un suo utilizzo come struttura di contenimento di sedimenti di risulta di futuri lavori portuali;
- la deviazione e il tombamento del torrente Baiamonti e dello scarico a mare dell'impianto di depurazione ACEGAS;
- la realizzazione delle infrastrutture e predisposizioni dei piazzali;
- gli impianti idrici, antincendio, elettrici, di telecomunicazioni e di illuminazione dei piazzali (con relative predisposizioni);

ESEMPIO DI PROGETTO DI MISP LA PIATTAFORMA LOGISTICA SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI TRIESTE

LE VARIANTI AL PROGETTO

- aprile 2016 ritrovamenti
- mappatura MCA con 2 trincee per ogni 10×10
- presenza in matrice compatta e friabile → 46%



LE VARIANTI AL PROGETTO

Nel corso dell'incontro ARPA FVG e gli Istituti hanno rilevato la **mutata situazione del modello concettuale del sito** (...).

Le nuove evidenze, riconducibili in primo luogo alla presenza di materiali di riporto estremamente eterogenei per loro stessa natura ma anche con riferimento alla loro distribuzione spaziale sul sito, conducono a **ritenere non più applicabili le CSR** a suo tempo calcolate atteso che ad oggi la predetta matrice necessiterebbe di specifiche indagini integrative per poterla assimilare a terreno. Ne consegue che la **messa in sicurezza permanente rappresenti la soluzione tecnico-amministrativa percorribile per quanto la stessa conduca a limitazioni d'uso dell'area da riportare negli strumenti pianificatori. Tale soluzione progettuale, che mira all'interruzione di tutte le vie di migrazione associabili alle fonti di contaminazione, non prevede l'applicazione dell'Analisi di Rischio né la definizione di nuovi valori di CSR.**

Poiché **si registra la presenza nei materiali di riporto e nelle acque sotterranee del sito in oggetto di superamenti delle CSC per alcuni parametri ritenuti VOC** gli Istituti ed ARPA FVG ritengono che **la verifica dell'interruzione effettiva del percorso di volatilizzazione debba essere effettuata attraverso la predisposizione di un adeguato piano di monitoraggio dei composti volatili.**

L'efficacia della MISP dovrà essere verificata attraverso una **doppia linea di evidenza: monitoraggio gas interstiziali come prodotto della volatilizzazione da terreno/falda e misure in aria per la verifica della tenuta del sistema di contenimento.**

ISPRA ed ISS confermano che dalla lista dei contaminanti da ricercare nei monitoraggi degli aeriformi possono essere esclusi i PCB e gli IPA (ad eccezione di Acenaftene, Acenaftilene, Antracene, Fenantrene, Fluorene e Naftalene) poiché, per caratteristiche chimico/fisiche, non possono essere rilevabili in fase vapore.

IL PIANO DI MONITORAGGIO

Posto che i percorsi diretti (contatto dermico, ingestione e inalazione di suolo) sono interrotti dalle opere di progetto (...), scopo dei monitoraggi è la verifica della tenuta delle opere di MISP ai vapori dal suolo superficiale e profondo e dalla falda verso i recettori umani in superficie ed in particolare:

- A) della soletta in calcestruzzo già inclusa nelle opere di progetto che costituisce la pavimentazione finale di progetto della Piattaforma Logistica;
- B) dei dispositivi introdotti con la seconda perizia di variante (...) che attuano la messa in sicurezza nelle aree della penisola sud dell'area in concessione (...). Detti dispositivi consistono in una guaina in HDPE termosaldata e posta in opera su letto di sabbia ($\geq 10\text{cm}$) e poi coperta da geotessile non tessuto e ulteriori spessori di sabbia ($\geq 10\text{cm}$) e di misto granulare ($\geq 20\text{cm}$) quali protezioni contro possibili azioni di danneggiamento meccanico

L'efficacia delle barriere orizzontali sarà stabilita effettuando misure *post operam*:

- delle concentrazioni di gas contaminanti al di sopra della pavimentazione di progetto tramite camera di flusso;
- delle concentrazioni in falda e del soil gas nell'insaturo al di sotto degli stessi punti di cui sopra tramite sonde di campionamento in foro (entro piezometro).

IL PIANO DI MONITORAGGIO



Esecuzione di misure di flusso di CO₂ e COV dal suolo mediante il metodo della **camera di accumulo statica non stazionaria**

Superficie totale indagata: circa 77'000 m²

125 misure di flusso, utilizzando una maglia di campionamento 20x20 m

	N. validi	N. < d.l.	N. > d.l.	Minimo	Massimo
CO ₂	125	106	19	0.002	0.15
COV	125	125	-	-	-

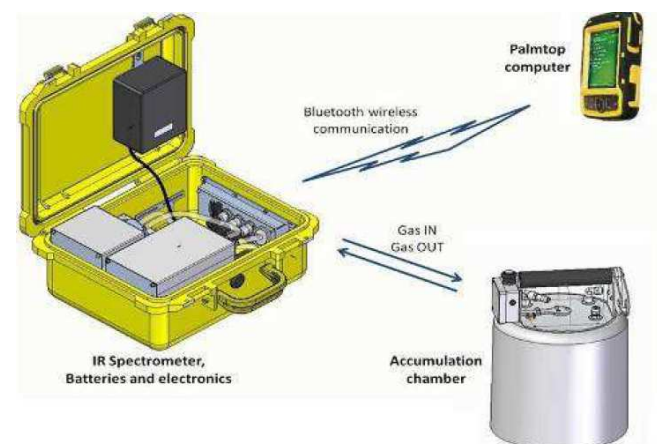
Con il d.l. sono indicati tutti i valori registrati inferiori al limite di rilevabilità strumentale (d.l.), equivalenti a 0.002 moli·m⁻²·giorno⁻¹ per la CO₂ e 0.000025 moli·m⁻²·giorno⁻¹ per i COV (le misure relative ai COV sono effettuate con un analizzatore PID @ 10.6eV e sono espresse come isobutene equivalente)

IL PIANO DI MONITORAGGIO

Il metodo consiste nel **misurare continuamente la concentrazione di CO₂, e COV all'interno della camera di accumulo** permettendo in questo modo un'immediata valutazione del tasso di incremento degli stessi.

Tale metodo è stato scelto rispetto ad altri tenendo conto delle seguenti considerazioni:

- Il metodo è in grado di **fornire misure di flusso dai suoli a prescindere dalla conoscenza delle caratteristiche dei suoli stessi e dalla conoscenza del regime di flusso stesso**. Pertanto non è richiesto alcun coefficiente empirico che tenga conto delle caratteristiche del suolo, per trasformare il gradiente di concentrazione misurato in flusso. L'efflusso di CH₄ (o CO₂ o COV) dal suolo viene calcolato come funzione del gradiente di concentrazione di ogni specie gassosa, della pressione e della temperatura in camera di accumulo e del rapporto tra volume e superficie della camera utilizzata;
- è molto più **veloce** di altri metodi;
- la strumentazione risulta **maneggevole e di facile utilizzo**



1. una camera di accumulo alta 10 cm con una superficie di base di 314 cm²;
2. un rivelatore CO₂ con le seguenti caratteristiche:
 - Principio di misura: Non-Dispersive Infrared Detection (NDIR)
 - Range di misura: da 0.1 a 20000 ppm
 - Precisione: < 3% della lettura
 - Compensazione di pressione: da 150 a 1150 mBar
 - Temperatura operativa: da -20 a 45°C
3. un rivelatore COV con le seguenti caratteristiche:
 - Principio di misura: Fotoionizzazione
 - Range: da 0 a 10 ppm
 - Risoluzione: 0.01 ppm
4. un computer palmare.

IL PIANO DI MONITORAGGIO



Mappa puntuale dei flussi di CO₂ nell'area di indagine

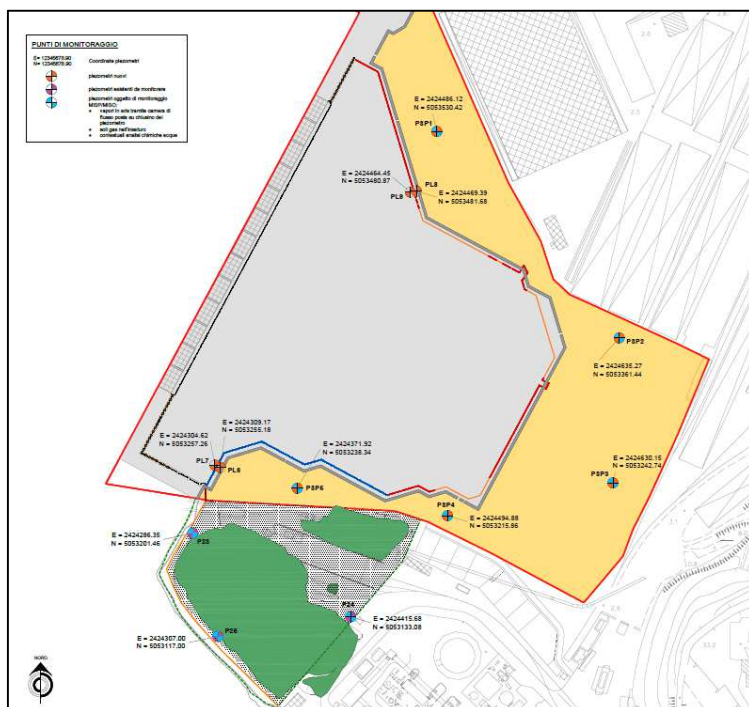
Per quanto riguarda le misure di COV, non sono presenti flussi superiori al limite di deteazione, mentre per la CO₂ solo 19 misure risultano superiori al limite di deteazione strumentale, **non è stato possibile stimare il flusso di CO₂ e COV complessivamente emesso dall'area indagata.**

Dalla mappa puntuale dei flussi di CO₂ si osserva che le **misure superiori al d.l. sono distribuite in maniera casuale** e che **i flussi più elevati si trovano nell'area dei cumuli di scorie** nella porzione meridionale del sito di indagine.

IL PIANO DI MONITORAGGIO

Le attività svolte nelle campagne necessarie alla verifica del mantenimento dell'efficacia delle opere di MISP sono:

- le misure delle concentrazioni di gas contaminanti al di sopra della pavimentazione di progetto tramite camere di flusso;
- le misure delle concentrazioni Soil Gas nell'insaturo negli stessi punti di cui sopra tramite camere di accumulo (sonde di campionamento in foro entro piezometro);



Sostanza	Numero CAS	PdC in SS	PdC in falda	CO in piezom	da fare
Microinquinanti inorganici					
Cianuri	57-12-5		■		■
Mercurio elementare	7439-97-6	■	■	■	■
Aromatici					
Benzene	71-43-2		■	■	■
Aromatici policiclici					
Acenaftene	83-32-9			■	■
Acenaftilene	208-96-8			■	■
Antracene	120-12-7			■	■
Fenantrene	85-01-8			■	■
Fluorene	86-73-7			■	■
Naftalene	91-20-3			■	■
Alifatici clorurati					
Triclorometano	67-66-3		■		■
1,2- Dicloropropano	75-34-3			■	■
Alifatici alogenati cancerogeni					
Bromodiclorometano	75-27-4		■		■
Dibromoclorometano	124-48-1		■		■
Tribromometano (Bromoformio)	75-25-2		■		■
Clorobenzeni					
1,4-Diclorobenzene	106-46-7		■		■

IL PIANO DI MONITORAGGIO



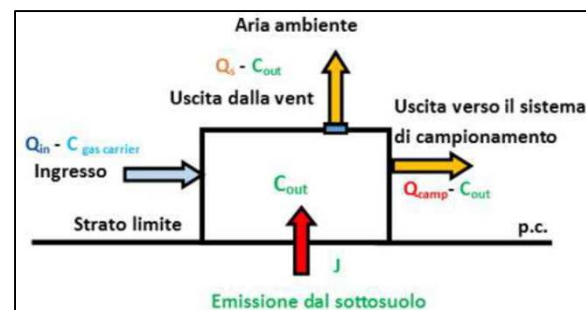
Il principio della camera di accumulo è quello di creare un ambiente chiuso all'interno del quale i vapori emessi da una potenziale fonte di inquinamento vengo captati ed analizzati allo scopo di valutarne la concentrazione e quindi stabilirne un flusso emissivo.

Nella presente indagine, come da specifica del PMA, è stato considerato il volume vuoto del piezometro come camera di accumulo la cui sigillatura è stata garantita attraverso la chiusura della testa del piezometro con un tappo a tenuta.

Sul tappo è stato praticato un foro attraverso il quale è stata inserita una sonda in teflon che mettesse a contatto l'interno della camera con l'esterno e attraverso il quale è stato possibile effettuare i campionamenti.



La camera di flusso aperta utilizzata per il monitoraggio è costituita da una campana in acciaio inossidabile configurata come da schema sotto riportato. La camera è circolare con una superficie di 0,2 m² ed un volume complessivo di 50 litri.



Linea Guida SNPA 15/2018

Progettazione del monitoraggio di vapori nei siti contaminati

IL PIANO DI MONITORAGGIO

CAMERE DI ACCUMULO		PSP23			PSP24			PSP26		
		LECHER	1a	2a	LECHER	1a	2a	LECHER	1a	2a
Acido cianidrico	mg/m ³	<0,20	<0,01	<0,01	<0,20	<0,36	<0,01	<0,21	<0,36	<0,01
Mercurio	µg/m ³	<0,00016	<0,001	<0,001	0,00023	<0,001	<0,001	0,0033	<0,001	<0,001
SOV										
1,2-Dicloropropano	µg/m ³	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16
1,4-Diclorobenzene	µg/m ³	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16
Cloroformio	µg/m ³	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16
Benzene	µg/m ³	0,42	2,4	4,1	1,2	1,9	2,92	<0,41	0,30	1,39
Bromodichlorometano	µg/m ³	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16
Bromoformio	µg/m ³	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16
Clorodibromometano	µg/m ³	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16	<0,41	<0,16	<0,16
Dibromometano	µg/m ³		<0,3	<0,3		<0,3	<0,3		<0,3	<0,3
IPA										
Acenafte	µg/m ³	<0,33	<0,05	<0,05	0,49	<0,05	<0,05	<0,33	<0,05	<0,05
Acenafte	µg/m ³	<0,33	<0,05	<0,05	0,96	<0,05	<0,05	<0,33	<0,05	<0,05
Antracene	µg/m ³	<0,33	<0,05	<0,05	<0,33	<0,05	<0,05	<0,33	<0,05	<0,05
Fenantrene	µg/m ³	<0,33	<0,05	<0,05	<0,33	<0,05	<0,05	<0,33	<0,05	<0,05
Fluorene	µg/m ³	<0,33	<0,05	<0,05	1,2	0,08	<0,05	<0,33	0,105	<0,05
Naftalene	µg/m ³	11	0,29	6,3	280	0,45	0,39	140	0,26	0,353
CAMERE DI FLUSSO		PSP23			PSP24			PSP26		
		LECHER	1a	2a	LECHER	1a	2a	LECHER	1a	2a
Acido cianidrico	mg/m ² x giorno	<0,81	<0,36	<0,36	<0,81	<0,36	<0,36	<0,81	<0,36	<0,36
Mercurio	mg/m ² x giorno	0,0056	<0,002	<0,002	<0,00065	<0,002	<0,002	0,0055	<0,002	<0,002
SOV										
1,2-Dicloropropano	mg/m ² x giorno	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015
1,4-Diclorobenzene	mg/m ² x giorno	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015
Cloroformio	mg/m ² x giorno	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015
Benzene	mg/m ² x giorno	0,016	<0,0015	0,00216	0,011	0,0092	0,0243	0,0031	0,0031	0,0152
Bromodichlorometano	mg/m ² x giorno	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015
Bromoformio	mg/m ² x giorno	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015
Clorodibromometano	mg/m ² x giorno	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015	<0,0016	<0,0015	<0,0015
Dibromometano	mg/m ² x giorno		<0,0030	<0,0054		<0,0030	<0,0054		<0,0030	<0,0054
IPA										
Acenafte	mg/m ² x giorno	0,025	<0,0017	<0,0017	0,0022	<0,0017	<0,0017	0,0064	<0,0017	<0,0017
Acenafte	mg/m ² x giorno	0,0048	<0,0017	<0,0017	<0,0013	<0,0017	<0,0017	<0,0013	<0,0017	<0,0017
Antracene	mg/m ² x giorno	<0,0013	<0,0017	<0,0017	<0,0013	<0,0017	<0,0017	<0,0013	<0,0017	<0,0017
Fenantrene	mg/m ² x giorno	0,0077	<0,0017	<0,0017	<0,0013	<0,0017	<0,0017	0,0014	<0,0017	<0,0017
Fluorene	mg/m ² x giorno	0,014	<0,0017	<0,0017	<0,0013	<0,0017	<0,0017	0,0017	<0,0017	<0,0017
Naftalene	mg/m ² x giorno	17	0,0061	0,0093	0,032	0,0058	0,0052	0,045	0,0044	0,0100

Si sono rilevate – nella prima
campagne di indagine-
concentrazioni significative di:

- Naftalene;
- Benzene;
- Mercurio;
- Altri IPA;



PROCEDURA OPERATIVA
PER LA VALUTAZIONE E L'UTILIZZO
DEI DATI DERIVANTI DA MISURE
DI GAS INTERSTIZIALI NELL'ANALISI
DI RISCHIO DEI SITI CONTAMINATI

Delibera del Consiglio SNPA, Seduta del 03.10.18, Doc. n. 41/18



Linea Guida SNPA 17/2018

IL PIANO DI MONITORAGGIO



IL PIANO DI MONITORAGGIO

Valutazione del Rischio con il Software RomePlus

Calcolo del rischio da misure di flusso
Scenario: Outdoor: Industriale/Commerciale - Outdoor offsite: Residenziale

Visualizzazione dei risultati

INDOOR	OUTDOOR
ON-SITE	OFF-SITE
RISCHIO	

Risultati

Risultato visualizzato: Outdoor on-site

Sostanza	Flusso [mg/m ² h]	Conc. aria [mg/m ³]	HI prev. indoor	HI indoor/outdoor	HI prev. outdoor	Accettabilità
Benzene	3,83E-4	5,92E-7	8,44E-7	4,50E-6	4,50E-6	Accettabile
Naftalene	3,92E-4	6,04E-7	8,62E-6	4,60E-6	4,60E-6	Accettabile

Risultato outdoor on-site

Calcolo del rischio da misure di flusso
Scenario: Outdoor: Industriale/Commerciale - Outdoor offsite: Residenziale

Visualizzazione dei risultati

INDOOR	OUTDOOR
ON-SITE	OFF-SITE
RISCHIO	

Risultati

Risultato visualizzato: Outdoor off-site

Sostanza	Flusso [mg/m ² h]	Conc. aria [mg/m ³]	HI Bambino	HI Adolescente	HI Adulto	HI Anziano	HI Finale	Accettabilità	R
Benzene	3,83E-4	4,30E-8	4,01E-8	2,87E-8	5,16E-8	1,09E-7	1,09E-7	Accettabile	6,00E-12
Naftalene	3,92E-4	4,40E-8	4,10E-7	2,93E-7	5,27E-7	1,11E-6	1,11E-6	Accettabile	2,67E-11

Risultato outdoor off-site

IL MONITORAGGIO E'
ANCORA IN CORSO

CON VERIFICA DELLE
DIVERSE STAGIONALITA'
FINO A RIMOZIONE DEL
CUMULO DI RIFIUTI
(OGGETTO DI ALTRO
PROGETTO)

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

ARPA FVG – SOC Pressioni sull'Ambiente
SOS Dipartimento di Trieste
Responsabile

Laura SCHIOZZI

tel 0432 191 8272

cell 348 3989212

Via La Marmora, 13 34139 TRIESTE

e-mail laura.schiozzi@arpa.fvg.it

www.arpa.fvg.it