

■	CLIENTE EniPower Mantova S.p.A.	COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB		
	LOCALITA' Mantova	SPC. 00-BE-E-94010			
	PROGETTO / IMPIANTO Bonifica terreni zone XII e XVI	Fg. 1 di 32	Rev.		
			0		

**BONIFICA DEI TERRENI DELLA ZONA XII
VARIANTE AL PROGETTO DI BONIFICA

ANALISI DI RISCHIO SANITARIO AMBIENTALE**

0	Emissione	Isidori	Fabbri P.	Pellegrini	07/09/07
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 2 di 32	Rev.
	0

INDICE

1	RIASSUNTO	4
2	GENERALITÀ	5
2.1	Oggetto	5
2.2	Normativa e bibliografia di riferimento	5
3	PROBLEMATICHE AMBIENTALI E SCOPO DEL LAVORO	6
3.1	Problematiche ambientali	6
3.2	Scopo dell'analisi di rischio.....	6
4	CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE APPLICATO	7
5	METODOLOGIA DI ANALISI APPLICATA.....	8
5.1	Metodologia applicata	8
5.1.1	Acquisizione delle informazioni e dei dati disponibili.....	8
5.1.2	Ricostruzione del modello concettuale del sito (MCS).....	8
5.1.3	Definizione delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche	9
5.1.4	Stima del Chemical Intake.....	10
5.1.5	Stima del Rischio e criteri di accettabilità	11
6	MODELLO CONCETTUALE DEL SITO.....	13
6.1	Inquadramento geologico-idrogeologico.....	14
6.1.1	Schema non saturo e saturo	14
6.1.2	Individuazione dei parametri caratteristici del non saturo	15
6.2	Parametri caratteristici dei comparti ambientali outdoor e indoor	17
6.3	Selezione degli inquinanti e Sorgenti di contaminazione	17
6.3.1	Selezione degli Inquinanti Indicatori	17
6.3.2	Stima della Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente (CRS).....	17
6.3.3	Dimensionamento della sorgente di potenziale contaminazione.....	17
6.4	Punti di esposizione	18
7	PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE E TOSSICOLOGICHE	19
8	CALCOLO DELLE CONCENTRAZIONI AL POE	20

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 3 di 32	Rev.
	0

9	CALCOLO DELLA PORTATA D'ESPOSIZIONE E DEL CHEMICAL INTAKE.....	21
10	CALCOLO DEL RISCHIO	22
10.1	Calcolo del rischio outdoor	23
10.2	Calcolo del rischio indoor	24
11	BIBLIOGRAFIA	25
ANNESSO:	Tabelle	
ALLEGATO 1:	Dati di input - Software RISC 4.04	
ALLEGATO 2:	Dati di output - Software RISC 4.04	

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 4 di 32	Rev.
	0

1 RIASSUNTO

Il presente documento riporta i risultati dell'Analisi di Rischio relativa al parametro PCB rilevato al fondo dello scavo di bonifica nella Zona XII dello stabilimento EniPower Mantova (MN).

L'Analisi di Rischio è stata eseguita secondo la filosofia del DM 471/99, mantenendo lo stesso iter amministrativo del progetto di bonifica, al fine di verificare che le misure di sicurezza previste da progetto, determinino rischi sanitari accettabili connessi con l'inquinamento residuo.

Lo studio è stato sviluppato nelle seguenti fasi operative:

- ricostruzione del modello concettuale del sito;
- elaborazione statistica dei dati analitici esistenti in modo da definire le concentrazioni rappresentative alla sorgente per gli inquinanti indicatori di cui sopra;
- applicazione del modello di calcolo RISC ver. 4.04, al livello 2;
- verifica degli output ed analisi critica dei risultati.

Le simulazioni hanno previsto l'attivazione dei seguenti scenari di esposizione:

- inalazione outdoor di vapori da suolo profondo;
- inalazione indoor di vapori da suolo profondo.

I risultati ottenuti hanno permesso di evidenziare l'efficacia delle misure di sicurezza adottate e la conseguente assenza di rischi derivanti dall'inquinamento residuo.

Le misure di sicurezza previste consistono nella posa in opera di una copertura impermeabilizzante multistrato, a valle del ritombamento dello scavo di bonifica.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 5 di 32	Rev.
	0

■

2 GENERALITÀ

2.1 Oggetto

Il presente documento descrive i risultati dell'analisi di rischio relativa al parametro PCB rilevato al fondo dello scavo di bonifica nella Zona XII dello stabilimento EniPower Mantova e si pone l'obiettivo di verificare che le misure di sicurezza permanenti, previste da progetto, determinino rischi sanitari accettabili connessi con l'inquinamento residuo.

Lo stato qualitativo dei terreni è illustrato nella SPC. 00-BE-E-94009 "Bonifica dei terreni della zona XII – Variante al progetto di bonifica" redatta da Snamprogetti S.p.A., a cui si rinvia per maggiori dettagli.

Lo studio in esame assume, come dati di riferimento, i contenuti dei documenti di cui al par. 5.1.1.

L'applicazione dell'analisi assoluta di rischio segue le linee guida dettate dall'US-EPA, dalle quali deriva la metodologia ASTM-RBCA e i contenuti del protocollo APAT "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" (luglio 2006 – rev. 1).

Per l'applicazione operativa è stato utilizzato il software RISC ver. 4.04. Per il modello è stato applicato il 2° livello di analisi, che utilizza per le previste simulazioni, i dati sito-specifici.

Nei capitoli che seguono viene fornita una descrizione della metodica utilizzata per la procedura di calcolo e i relativi risultati.

2.2 Normativa e bibliografia di riferimento

Per la conduzione della analisi di rischio in oggetto si è fatto essenzialmente riferimento come normativa e bibliografia rispettivamente a:

- Decreto Ministero dell'Ambiente n. 471 del 25 ottobre 1999 "*Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni*";
- Protocollo APAT "*Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati*" (luglio 2006 – rev. 1).

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 6 di 32	Rev.
	0

3 PROBLEMATICHE AMBIENTALI E SCOPO DEL LAVORO

3.1 Problematiche ambientali

La zona XII dello stabilimento EniPower Mantova è stata caratterizzata ai sensi del DM 471/99. I risultati della caratterizzazione hanno evidenziato la presenza di un hot spot di terreno contaminato da Policlorobifenili (PCB).

Secondo quanto previsto dal DM 471/99 è stato quindi redatto il progetto preliminare e definitivo di bonifica per l'area interessata.

Le attività di bonifica sono consistite nello scavo e smaltimento dei terreni.

Ad oggi nell'area della zona XII non sono stati raggiunti gli obiettivi di bonifica in quanto non è stato finora possibile asportare completamente l'hot spot di terreno contaminato (cfr. SPC. 00-BE-E-94009 "Bonifica dei terreni della zona XII – Variante al progetto di bonifica" redatta da Snamprogetti S.p.A.).

Considerate le difficoltà operative a proseguire le attività di scavo nella porzione residuale ancora contaminata, si è eseguita un'analisi di rischio tesa a valutare l'ipotesi di messa in sicurezza permanente dell'area.

Ai fini del calcolo del rischio per la salute umana, sono stati attivati i percorsi espositivi legati alla volatilizzazione (indoor e outdoor) di contaminante da suolo profondo.

3.2 Scopo dell'analisi di rischio

Lo scopo del presente lavoro è quello di stimare il rischio potenziale per la salute umana conseguente allo stato qualitativo dei terreni insaturi, a valle dell'esecuzione degli interventi di impermeabilizzazione dell'area previsti dal progetto definitivo di bonifica con misure di sicurezza.

Come inquinanti indicatori sono state selezionate le specie chimiche che hanno evidenziato almeno un superamento rispetto alle Concentrazioni Limite Ammissibili riportate in Tab. 1 col. B – Allegato 1 al DM 471/99.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 7 di 32	Rev.
	0

4 CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE APPLICATO

Il software "RISC" è progettato per effettuare tutti i calcoli previsti dai livelli 1 e 2 del processo di pianificazione RBCA, così come definito nello standard ASTM PS-104. Il software RISC consiste di una serie di fogli di calcolo collegati tra loro, programmati in Microsoft Excel, che calcolano i livelli di rischio di partenza e/o gli obiettivi di bonifica di suolo ed acque sotterranee, basati sulle informazioni fornite dall'utente. Le procedure applicate nel software RISC sono coerenti con le attuali linee guida US-EPA.

Le funzioni principali di RISC includono:

- calcoli RBCA: completano tutti i calcoli richiesti per il Livello 1 ed il Livello 2, inclusi: Concentrazione di esposizione, Assunzione media giornaliera, Livello di rischio di partenza, Standard di bonifica basati sul rischio;
- modelli di Fate and Transport: Modelli analitici validati per i percorsi di esposizione aria, acqua di falda e suolo;
- database delle proprietà chimiche e tossicologiche: include una libreria di parametri per circa 115 composti, che può essere aggiornata e/o implementata dall'utente;
- interfaccia user-friendly: include interfaccia grafica point-and-click con supporto on-line, conversione delle unità di misura, calcolatore statistico e funzione load/save as.

Nel caso specifico, il livello di calcolo utilizzato è quello intermedio della procedura RBCA e si riferisce al *tier 2* dello standard. Secondo tale livello e le opzioni connesse il modello è in grado di valutare:

- l'effetto in termini di rischio (R) e di indice di pericolo (HI), sia individuale che cumulativo nei riguardi di bersagli on-site e off-site;
- i valori limite di concentrazione dei contaminanti in esame (SSTLs), in corrispondenza della sorgente di contaminazione, da porre poi a confronto con quelli effettivi individuati analiticamente.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 8 di 32	Rev.
	0

5 METODOLOGIA DI ANALISI APPLICATA

5.1 Metodologia applicata

La metodologia applicata ha previsto:

- l'acquisizione delle informazioni e dei dati disponibili sul sito, con particolare riguardo a quelli specificatamente inerenti le aree oggetto del lavoro;
- la ricostruzione dello schema concettuale della zona;
- la definizione delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche degli inquinanti;
- la definizione delle concentrazioni rappresentative alla sorgente;
- l'individuazione delle vie e delle possibili modalità di esposizione;
- la definizione delle caratteristiche dei bersagli e dei fattori di esposizione;
- l'aggiornamento del Data-Base chimico-fisico e tossicologico in base alle sostanze riscontrate.

5.1.1 *Acquisizione delle informazioni e dei dati disponibili*

La documentazione utilizzata è stata la seguente:

- [a] "Bonifica dei terreni delle zone XII e XVI – Proseguimento delle attività di bonifica" (Snamprogetti – SPC. 00-BD-E-94004 – agosto 2006);
- [b] "Bonifica dei terreni della zona XII – Variante al progetto di bonifica" (Snamprogetti – SPC. 00-BD-E-94009 – settembre 2007).

5.1.2 *Ricostruzione del modello concettuale del sito (MCS)*

La ricostruzione del modello concettuale del sito rappresenta uno dei passi fondamentali nella procedura di analisi del rischio e viene eseguita attraverso la definizione:

- dell'inquadramento geologico-idrogeologico del sito;
- dei dati meteorologici caratteristici dell'area;
- degli scenari di simulazione e delle vie e modalità di esposizione;
- degli inquinanti tipici del sito e degli inquinanti indicatori, con individuazione delle concentrazioni rappresentative dei terreni alla sorgente;
- delle caratteristiche dei bersagli e dei fattori di esposizione.

Le attività di ricostruzione del modello concettuale si basano su dati "site specific" acquisiti nel corso dello studio di caratterizzazione del sito e sono finalizzati all'esplicitazione di tutte le variabili che possono influenzare il trasporto dei contaminanti, il loro arrivo ai bersagli individuati e le modalità d'assunzione degli stessi. Ai fini dello studio sono state verificate ed elaborate le informazioni acquisite in fase di caratterizzazione del sito.

In base a tali dati, e soprattutto alla ricostruzione geologica-idrogeologica eseguita con lo studio di caratterizzazione ambientale, è stato schematizzato il quadro fisico della Zona XII; questo, dal programma di calcolo RISC, viene suddiviso in due matrici ambientali: suolo insaturo contaminato e acqua sotterranea contaminata.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 9 di 32	Rev.
	0

5.1.3 Definizione delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche

Ogni inquinante interagisce con le matrici ambientali ospiti (terreno, acque, aria) in modo strettamente dipendente sia dalle proprietà chimico-fisiche che lo caratterizzano che dalle proprietà intrinseche dell'ambiente circostante.

La definizione di tali variabili risulta fondamentale in quanto da esse dipendono i meccanismi di "F&T" dell'inquinante dalla zona sorgente verso i bersagli individuati.

I parametri chimico-fisici che regolano la mobilizzazione degli inquinanti ed utilizzati nelle procedure di calcolo sono:

- solubilità in acqua (S, mg/l);
- costante di Henry (H, adimensionale);
- pressione di vapore (VP, mm Hg);
- coefficiente di partizione suolo/acqua per i composti inorganici (K_d , ml/g);
- coefficiente di adsorbimento al suolo per i composti organici (K_{oc} , ml/g);
- coefficiente di diffusione in aria (D_{air} , cm^2/s);
- coefficiente di diffusione in acqua (D_w , cm^2/s).

Pertanto risulta basilare la definizione di tali variabili, soprattutto nel caso di inquinanti inorganici, quali i metalli pesanti in cui i fattori che regolano la mobilizzazione sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche della matrice che li ospita (pH dei terreni e delle acque, capacità di scambio cationico, presenza di ossidi di Fe e Mn, matrice argillosa, ecc.).

Le proprietà tossicologiche d'ogni specie chimica sono caratterizzate da due parametri:

- il Potenziale Cancerogeno (SF o CSF o CPS, espresso in $mg^{-1} kg$ giorno): costante caratteristica per ogni sostanza cancerogena che indica la probabilità di contrarre il cancro per unità di somministrazione della sostanza per tutta la vita;
- la Dose Giornaliera di Riferimento o Ammissibile (RfD espressa in mg/kg-giorno): rappresenta l'assunzione giornaliera di contaminante, per unità di peso corporeo, capace di non provocare rischi alla salute umana.

I dati di tossicità per l'uomo sono espressi mediante i seguenti parametri:

- RfD_o e SF_o : rappresentano rispettivamente la dose di riferimento per tossicità non cancerogena e la slope factor per cancerogenicità, per la via d'esposizione "ingestione orale di contaminante".
- RfD_d e SF_d : rappresentano rispettivamente la dose di riferimento per tossicità non cancerogena e la slope factor per cancerogenicità, per la via d'esposizione "contatto dermico con il contaminante".
- RfD_i e SF_i : rappresentano rispettivamente la dose di riferimento per tossicità non cancerogena e la slope factor per cancerogenicità, per la via d'esposizione "inalazione di polveri e vapori contaminati".

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 10 di 32	Rev.
	0

Classe	Descrizione
Gruppo A	Composto cancerogeno per l'uomo
Gruppo B	Probabile composto cancerogeno per l'uomo:
B1	<i>con evidenze limitate dagli studi epidemiologici</i>
B2	<i>con evidenze sufficienti sugli animali e inadeguate o assenza di dati dagli studi epidemiologici</i>
Gruppo C	Possibile composto cancerogeno per l'uomo
Gruppo D	Non classificabile come composto cancerogeno per l'uomo
Gruppo E	Composto non cancerogeno per l'uomo

5.1.4 Stima del Chemical Intake

I parametri caratteristici del sito, le concentrazioni alla zona sorgente e le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche, sono inseriti come input al modello di calcolo.

Attraverso formule analitiche di "F&T", il modello calcola le concentrazioni in arrivo ai punti d'esposizione (C_{POE}) individuati, interni al sito.

La concentrazione dell'inquinante nel punto d'esposizione (C_{POE}) è data dal rapporto:

$$C_{POE} = \frac{C_s}{NAF}$$

dove:

C_{POE} : concentrazione nel punto di esposizione espressa in mg/kg, mg/m³ o mg/l a seconda della matrice ambientale coinvolta;

C_s : concentrazione alla sorgente (mg/kg);

NAF: fattore di attenuazione naturale che viene definito in base alle caratteristiche del sito e ai modelli di "fate and transport".

In base ai tempi di esposizione, alle caratteristiche del bersaglio e alle specifiche proprietà dell'inquinante, viene calcolata per ogni via d'esposizione, la portata effettiva di esposizione (E) attraverso le formule [APAT 2005]:

$$E \left[\frac{mg}{kg \times giorno} \right] = \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{per contatto dermico con suolo}$$

$$E \left[\frac{mg}{kg \times giorno} \right] = \frac{IR \times FI \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{per ingestione di suolo}$$

$$E \left[\frac{m^3}{kg \times giorno} \right] = \frac{B_o \times EF_{go} \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \begin{array}{l} \text{per inalazione di vapori e} \\ \text{polveri outdoor} \end{array}$$

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fig. 11 di 32	Rev.
	0

$$E \left[\frac{m^3}{kg \times \text{giorno}} \right] = \frac{B_i \times EF_{gi} \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{per inalazione di vapori indoor}$$

dove:

E: portata effettiva di esposizione per le diverse vie di esposizione (mg/kg-giorno, m³/kg-giorno);
SA (Skin exposure area): superficie della pelle esposta (cm²/giorno);
AF (Adherence factor): fattore d'aderenza suolo-pelle (mg/cm²);
ABS (Dermal absorption factor) frazione di inquinante assorbita (adim);
CF (Units conversion factor) fattore di conversione (kg/mg);
IR (Ingestion rate) è la quantità di suolo ingerita giornalmente (mg/giorno);
FI è la frazione di suolo ingerita che è contaminata (adim);
B_o è la quantità di aria inalata outdoor all'ora (m³/ora)
B_i è la quantità di aria inalata indoor all'ora (m³/ora)
EF_{go} è la frequenza giornaliera di esposizione outdoor (ore/giorno)
EF_{gi} è la frequenza giornaliera di esposizione indoor (ore/giorno)
EF (Exposure time) è il tempo di esposizione giornaliero (ore/giorno);
ED (Exposure duration) è la durata dell'esposizione (anni);
BW (Body weight) è il peso corporeo del bersaglio (kg);
AT (Averaging time) è il tempo su cui viene mediata l'esposizione (giorni).

Moltiplicando la concentrazione al POE (Point of Exposure, punti di esposizione) con la portata effettiva di esposizione, viene calcolata l'assunzione cronica giornaliera di contaminante (CDI e I, mg/kg d); questa risulta essere, rispettivamente:

$$CDI = C_{POE} \times E \quad (\text{per sostanze cancerogene})$$

$$I = C_{POE} \times E \quad (\text{per sostanze non cancerogene})$$

5.1.5 Stima del Rischio e criteri di accettabilità

La procedura di calcolo del Rischio Individuale (R) e/o dell'indice di pericolo (HQ), legato a ciascun contaminante, risulta essere:

$$R = CDI \times SF \quad (\text{per sostanze cancerogene})$$

$$HQ = \frac{I}{RfD} \quad (\text{per sostanze non cancerogene})$$

dove:

CDI e I (Chronic Daily Intake), assunzione cronica giornaliera per contaminante cancerogeno e non cancerogeno;

RfD costituisce la dose giornaliera di riferimento del contaminante tossico [mg/kg d].

SF (slope factor) rappresenta il potenziale cancerogeno del contaminante cancerogeno [mg⁻¹ kg d];

HQ (Hazard Quotient) è il rapporto tra l'attuale livello di esposizione e quello che non provoca rischi per la salute umana; se **HQ ≥ 1** la popolazione bersaglio può subire effetti tossici;

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 12 di 32	Rev.
	0

R (Carcinogenic Risk) rappresenta la probabilità di contrarre il cancro come risultato dell'esposizione al contaminante cancerogeno;

Come detto in precedenza, ai fini dell'individuazione del rischio per la salute umana vengono valutati due tipi di effetti potenziali:

- carcinogenici;
- non-carcinogenici.

I primi sono quantificati mediante la stima delle probabilità (o rischio, R) di contrarre effetti cancerogeni, mentre gli effetti non-carcinogenici sono quantificati attraverso la stima dell'indice di pericolo (Hazard Quotient).

E' doveroso specificare che i rischi carcinogenici devono essere intesi non come la probabilità assoluta, ma come la probabilità incrementale di un individuo di sviluppare il cancro durante la vita a causa dell'esposizione ad un potenziale agente carcinogenico; il rischio calcolato è basato sul concetto EPA di "massima esposizione ragionevole" (RME), conservativo e protettivo per la salute.

Come previsto dal protocollo APAT del luglio 2006, per le sostanze cancerogene, è stato assunto un rischio di riferimento pari a 10^{-6} .

I potenziali effetti non-carcinogenici sono valutati invece attraverso il calcolo dell'Indice di Rischio Cronico HQ; per ciascun composto d'interesse e via di immissione, l'Indice di Rischio Cronico è espresso come il rapporto tra l'immissione e la dose di riferimento. La dose di riferimento costituisce il valore limite di immissione conservativamente indicato e deve risultare superiore alla dose effettivamente immessa (infatti l'indice di Rischio deve essere <1) in modo da non avere possibilità di effetti avversi per la salute umana. Anche se la dose immessa supera la dose di riferimento, la probabilità di un effetto dannoso per la salute umana può essere considerata relativamente bassa, per valori non eccessivamente elevati (poche volte la dose di riferimento), in quanto il valore della dose di riferimento è stabilito in via conservativa e non quantifica direttamente il rapporto tra dose immessa ed effetto sulla salute.

Quando si considera più di un composto d'interesse e più di un mezzo di immissione, l'indice di Rischio (HI) è espresso come sommatoria dei rapporti tra immissione e dose di riferimento; anche in questo caso se la risultante è <1 gli effetti sulla salute umana possono considerarsi nulli.

Nella tabella seguente sono riassunti i concetti precedentemente spiegati.

RISCHIO	Sostanza non cancerogena		Sostanza Cancerogena	
	Formula	Valore Standard	Formula	Valore Standard
Rischio individuale				
Classe A/B	-	-	$R_i = CDI_i \times SF_i$	1E-06
Classe C	-	-	$R_i = CDI_i \times SF_i$	1E-06
Classe D/E	$HQ_i = CDI_i / RfD_i$	1	-	-
Rischio cumulativo	$HI = \sum HQ_i$	1	$R_{cum} = \sum R_i$	1E-05

Classe A/B e C: classe di tossicità della sostanza

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 13 di 32	Rev.
	0

6 MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

La procedura di analisi del rischio secondo lo standard RBCA tier 2 richiede, come prima fase, la ricostruzione del modello concettuale del sito. Per modello concettuale del sito s'intende la schematizzazione, a fini modellistici, delle caratteristiche fisico-chimiche del sito che regolano la migrazione del contaminante nei diversi media ambientali.

In tabella 6 è rappresentata la costruzione del modello concettuale dell'area in esame, per un uso di tipo Comm/Ind. Dalla tabella vengono messi in evidenza le potenziali relazioni esistenti fra: sorgente di contaminazione, modalità di trasporto del contaminante, bersagli finali e modalità d'esposizione per il rischio sanitario.

Tab. 6 - Sorgenti di contaminazione, vie di esposizione e bersagli

sorgente di contaminazione	modalità di migrazione	via di esposizione	modalità di esposizione	tipo di esposizione	bersaglio on-site
suolo profondo (insaturo 4-Lgw m p.c.)	volatilizzazione	aria outdoor	inalazione di vapori outdoor	<i>indiretta</i>	Lavoratori uso del suolo IND/COMM
		aria indoor	inalazione di vapori indoor	<i>indiretta</i>	

Riguardo agli scenari di esposizione attivati occorre sottolineare che, allo stato attuale, la volatilizzazione in ambienti indoor non è attiva, non essendo presenti fabbricati nell'intorno dell'area di interesse. Tale scenario è stato comunque attivato in via cautelativa, per contemplare eventuali variazioni future.

Inoltre sono stati esclusi, come possibili vie e modalità di esposizione:

- le esposizioni di tipo diretto, in quanto la contaminazione interessa unicamente il suolo profondo (i pochi punti di suolo superficiale ancora contaminati saranno rimossi, cfr. SPC. 00-BE-E-94009 "Bonifica dei terreni della zona XII – Variante al progetto di bonifica" redatta da Snamprogetti S.p.A.);
- la lisciviazione ed il trasporto in falda della contaminazione adsorbita nei suoli, in quanto:
 - le analisi chimiche effettuate sulle acque di falda dei piezometri EniPower nei vari monitoraggi coordinati eseguiti dalle società coinsediate nel sito di Mantova, non hanno evidenziato contaminazione da PCB;
 - le caratteristiche chimico-fisiche indicano una scarsa mobilità del composto (K_{oc} elevato);
 - l'intervento previsto di copertura con sistema impermeabilizzante multistrato, ridurrà la possibilità di lisciviazione del composto;
 - si è prevista la realizzazione di un piezometro a valle idrogeologica dell'area contaminata, al fine di monitorare una possibile variazione della situazione esistente a carico della falda;
- l'ingestione di acqua di falda contaminata, non essendo presenti "on-site" captazioni di acqua di falda ad uso potabile;
- l'inalazione di vapori da falda, in quanto le acque di falda non hanno evidenziato contaminazione da PCB nel corso dei monitoraggi eseguiti per l'intero sito di Mantova.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fig. 14 di 32	Rev.
	0

Nei paragrafi che seguono vengono riassunte le informazioni desunte nella fase di caratterizzazione del sito ed utili alla ricostruzione del modello concettuale del sito. I paragrafi sono così strutturati:

- inquadramento geologico-idrogeologico,
- parametri caratteristici dei comparti ambientali outdoor e indoor,
- sorgente di contaminazione e selezione degli inquinanti indicatori,
- punti di esposizione.

6.1 Inquadramento geologico-idrogeologico

6.1.1 Schema non saturo e saturo

L'area del sito EniPower Mantova è compresa nella pianura alluvionale del Fiume Mincio ed è costituita da un punto di vista geologico da depositi olocenici di origine fluviale sovrastanti sedimenti pleistocenici fluvioglaciali a loro volta depositati su sedimenti marini. L'orogenesi alpina ha favorito il progressivo colmamento del bacino subsidente padano, in particolare, nella fase post glaciale wurmiana, il rapido colmamento ha interessato le zone a valle delle cerchie moreniche. I depositi alluvionali derivano dagli episodi di sedimentazione ed erosione dovuti alle fluttuazioni climatiche caratterizzate dall'alternarsi di periodi glaciali ed interglaciali avvenuti durante il Quaternario.

Il sottosuolo del sito industriale multisocietario di Mantova, è formato da depositi prevalentemente di natura sabbiosa di origine fluviale e di età olocenica. Morfologicamente la zona è pianeggiante, con quote topografiche comprese tra 14 m e 23 m s.l.m., e si sviluppa su due livelli di terrazzi separati da una scarpata di erosione del Fiume Mincio. La parte meridionale si estende sul terrazzo prossimo all'alveo fluviale, posto a quote inferiori, formato dai depositi attuali e recenti, mentre il settore centrale e settentrionale si sviluppa sul terrazzo superiore.

Nel dettaglio, la successione litostratigrafica del sottosuolo dell'area può essere così schematizzata:

- Terreno di riporto sabbioso e ghiaioso per uno spessore compreso entro 2 m;
- Alternanza di limi da sabbiosi ad argillosi e sabbie da medie a fini, con spessori variabili da pochi decimetri ad 1-2,5 m, presenti sotto il riporto e fino a profondità oscillanti tra 4 e 7 m;
- Sabbie medie e medio-fini marroni grigiastre con intervalli a granulometria grossolana a vario grado di addensamento, presenti fino alla profondità di 25 m dal p.c.
- Argille grigiastre rinvenute a profondità di 25 m per 1 m di spessore

L'idrogeologia del sottosuolo dell'area del sito EniPower Mantova evidenzia la presenza di una falda con soggiacenza variabile alloggiata in depositi formati da sabbie medie e fini, debolmente limose con livelli di sabbie grossolane e locale presenza di sottili lenti limo argillose. La zona non satura è costituita da tre unità, in superficie è presente un livello continuo di terreno di riporto eterogeneo e di natura argillo limosa e sabbioso limosa con spessori inferiori a 2 m. Al disotto vi sono due livelli che s'interdigitano, uno di natura limo argillosa e limo sabbiosa con livelli di sabbie fini limose e l'altro di natura

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 15 di 32	Rev.
	0

sabbioso limosa con livelli sottili di limi sabbiosi e limi argillosi. La base dell'acquifero è rappresentata da un livello continuo argilloso e limo argilloso avente uno spessore dai 5 ai 10 m.

Il sottosuolo da un punto di vista idrogeologico può essere schematizzato in tre unità sovrapposte:

- In superficie vi è una copertura uniforme poco permeabile che costituisce il tetto del primo acquifero di spessore compreso tra 4 e 7 m;
- L'acquifero è formato da depositi sabbiosi ed ha come base un livello di natura argillosa che confina gli acquiferi sottostanti.
- Alla base dell'acquifero, è presente un livello di natura limoso argillosa impermeabile rinvenuto alla profondità di 25 m.

6.1.2 Individuazione dei parametri caratteristici del non saturo

Relativamente ai parametri di input della porzione insatura del terreno, sono state utilizzate le informazioni acquisite in fase di caratterizzazione, laddove mancanti, sono stati applicati i metodi di determinazione indiretti e in ultima analisi i valori di default, così come previsto nel documento APAT "Criteri Metodologici per l'Applicazione dell'Analisi Assoluta di Rischio ai Siti Contaminati" [APAT, 2006 – rev. 1].

In Tabella 1 di Annesso sono riportati i valori dei parametri sito specifici della porzione insatura di suolo. Nella stessa tabella, in corrispondenza ad ogni parametro, è riportata una giustificazione sintetica della scelta effettuata. Per alcuni di essi tale giustificazione è riportata con maggiore dettaglio nel seguito:

- Livello statico della falda (L_{GW} - soggiacenza del piano di falda): per la stima del valore rappresentativo sito specifico si è fatto riferimento a quanto acquisito nella campagna di monitoraggio della falda relativa al gennaio 2006, scegliendo il massimo valore disponibile.

Tab. 6.1.2.a – L_{GW} zona XII

ID_punto	Data di lettura	Soggiacenza
		(m p.c.)
EP04	16/01/2006	8,58
EP09	16/01/2006	8,64
EP10	16/01/2006	8,43
EP11	16/01/2006	8,49
	MEDIA	8,54
	MASSIMO	8,64
	MINIMO	8,43

- Modello concettuale della sorgente e selezione della tipologia di suolo: per l'area oggetto di analisi, lo strato insaturo di suolo è stato assimilato alla classe Loamy Sand di USDA (*U.S. Department of Agriculture* – v. Tab. 3.2.4, APAT 2006, rev. 1) per analogia delle caratteristiche geotecniche con la classe Silty Sand di USCS (*Unified Soil Classification System*).

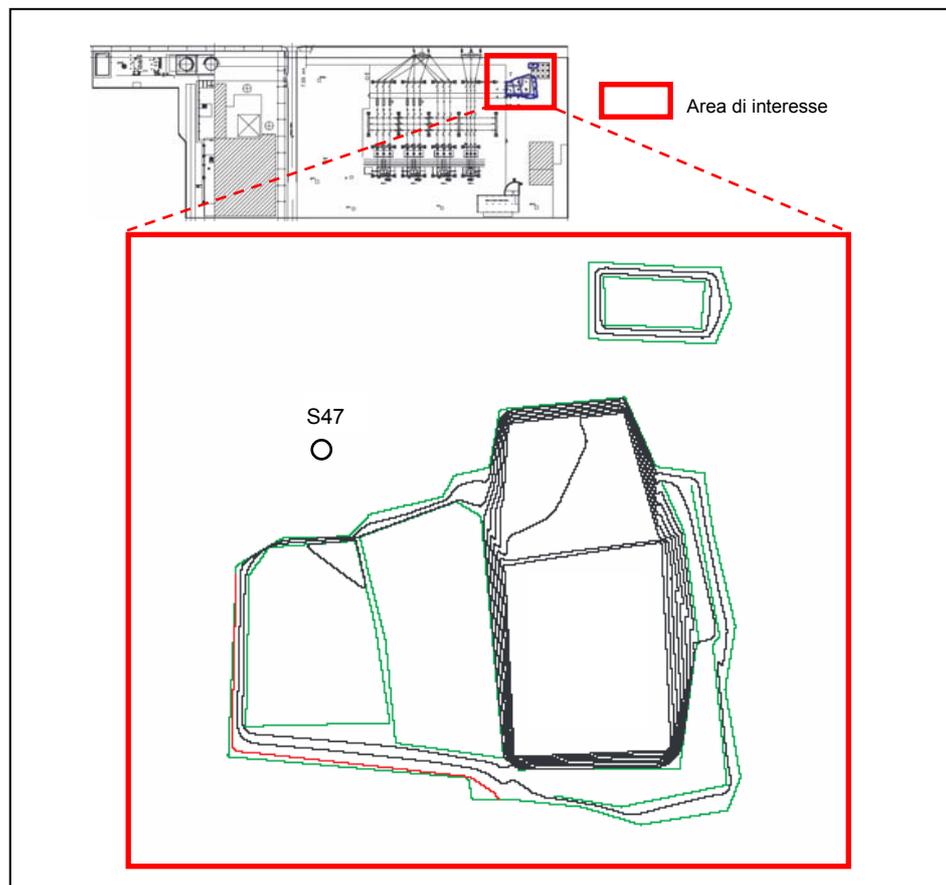
COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fig. 16 di 32	Rev.
	0

Tab. 6.1.2.b – Confronto tra classificazione USDA e USCS

Tessitura	Total porosity θ_T	Irriducibile water content θ_r	Effective porosity θ_{eff}	Volumetric water content		Volumetric air content	
				Insaturo θ_{ws}	Frangia cap. θ_{wcap}	Insaturo θ_{as}	Frangia cap. θ_{acap}
Silty Sand	0,41	-	-	0,12	0,369	0,29	0,041
Loamy Sand	0,41	0,057	0,353	0,103	0,318	0,25	0,035

in grassetto la classe selezionata per le simulazioni

L'assegnazione della classe Silty Sand è stata derivata dalla descrizione litologica del sondaggio S47 alla profondità compresa tra 3,9 e 6 m/pc. È stato selezionato il sondaggio S47 in quanto prossimo all'area di studio.



Come si evince dalla tabella seguente, la scelta effettuata è la più conservativa in relazione al percorso di volatilizzazione di vapori, in quanto rappresentativa dell'orizzonte più poroso.

Tab. 6.1.2.c – Descrizione litologica S47

Id_old	area	top_lito	bot_lito	Descrizione
S47	B - XII	3,9	4,6	Sabbia limosa
S47	B - XII	4,6	6	Limo argilloso

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 17 di 32	Rev.
	0

6.2 Parametri caratteristici dei comparti ambientali outdoor e indoor

In Tabella 1 di Annesso sono riportati i valori dei parametri caratteristici dei comparti ambientali outdoor e indoor. Nella stessa tabella, in corrispondenza ad ogni parametro, è riportata una giustificazione sintetica della scelta effettuata. Per alcuni di essi tale giustificazione è riportata con maggiore dettaglio nel seguito:

- Riguardo l'estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento (W'), non avendo informazioni sulla direzione principale del vento è stato selezionato il valore più conservativo, corrispondente con la massima estensione dell'area sorgente. Tale area ha un'estensione areale di ca. 600 m² ed è quindi di molto inferiore all'areale minimo suggerito da APAT per l'esecuzione di un'A.R., pari a 2500 m². Per tale motivo si è scelto un W' di 50 m, in riferimento ad una cella di caratterizzazione standard (50 m x 50 m).
- Riguardo la geometria degli ambienti indoor, non essendo attualmente presenti edifici nell'intorno dell'area di studio, sono state selezionate le caratteristiche di default indicate nel manuale APAT [APAT 2006 – rev. 1].

6.3 Selezione degli inquinanti e Sorgenti di contaminazione

6.3.1 Selezione degli Inquinanti Indicatori

Come inquinante indicatore sono stati selezionati i PCB viste le risultanze analitiche riportate nel progetto di bonifica.

6.3.2 Stima della Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente (CRS)

La concentrazione di PCB alla zona sorgente è stata posta pari a 400 mg/Kg equivalente al massimo valore riscontrato nel corso delle ultime analisi effettuate sulle pareti e il fondo dello scavo di bonifica.

6.3.3 Dimensionamento della sorgente di potenziale contaminazione

Visto il MCS le uniche vie di esposizione potenzialmente attive sull'area sono:

- inalazione di vapori da suolo profondo in ambienti outdoor;
- inalazione di vapori da suolo profondo in ambienti indoor.

Si sottolinea che lo scenario di inalazione di vapori indoor non è attualmente attivo ma che, per ragioni di cautelatività, è stato comunque selezionato.

In corrispondenza a tali vie di esposizione gli unici parametri geometrici significativi, in relazione alla geometria della sorgente di contaminazione, sono:

- estensione della sorgente di contaminazione (in zona satura e insatura) nella direzione principale del vento (W'). Come detto in precedenza [cfr. par. 6.2], è stato selezionato il valore più conservativo, corrispondente con la massima estensione dell'area sorgente, parallela alla direzione del vento. Tale valore è pari a 50 m (v. Tabella 1 di Annesso);

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 18 di 32	Rev.
	0

■

- profondità del top e della base della sorgente nel suolo insaturo rispetto al piano campagna ($L_{s(SP)}$ e L_f). Tali parametri sono stati assunti coincidenti con la geometria della zona insatura di suolo ovvero compresa tra il top di suolo insaturo contaminato, pari a 4 m/pc (profondità di fondo scavo) e il livello di soggiacenza della falda, pari a 8,6 m/pc. Dalle analisi effettuate si evince che la contaminazione da PCB interessa, oltre al fondo scavo, anche alcune pareti dello scavo. Tali contaminazioni non sono state considerate in quanto verranno asportate fino al raggiungimento di uno strato di terreno non contaminato e comunque non oltre i 4 m/pc considerati per il dimensionamento della sorgente utilizzata nel presente elaborato.

In Tabella 1 di Annesso sono riportati i valori dei parametri sito specifici relativi alla geometria della sorgente di contaminazione.

6.4 Punti di esposizione

Per gli scenari di simulazione individuati sono stati considerati i bersagli e le modalità d'esposizione riportati in tabella 6.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 19 di 32	Rev.
	0

7 PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE E TOSSICOLOGICHE

Ogni contaminante è caratterizzato da specifici parametri chimico-fisici e tossicologici, che sono utilizzati nelle procedure di calcolo del programma.

I parametri chimico-fisici degli inquinanti sono necessari per quantificare la naturale distribuzione del contaminante tra le diverse matrici ambientali (suolo, acqua sotterranea e fase gassosa) e per valutare la loro mobilità e persistenza nell'ambiente.

Per la definizione delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche degli inquinanti indicatori, sono stati assunti i valori della banca dati ISPESL-ISS contenuta nel protocollo APAT del luglio 2006.

Nelle tabelle seguenti sono riassunte le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche degli inquinanti indicatori selezionati.

Tab. 7.a – Caratteristiche chimico-fisiche

PCBs	Numero CAS	Peso Molecolare [g/mole]	Solubilità [mg/litro]	Pressione di vapore [mm Hg]	Costante di Henry [adim.]	Koc/Kd [ml/g]	log Kow [adim.]	Coeff. Diff. Aria [cm ² /sec]	Coeff. Diff. Acqua [cm ² /sec]
PCB	1336-36-3	290,00	5,90E-01	8,63E-05	1,12E-02	1,58E+05	6,29E+00	1,04E-01	1,00E-05

Tab. 7.a – Caratteristiche tossicologiche

PCBs	Numero CAS	Classe Cancer. EPA	SF Ing. [mg/kg-giorno] ⁻¹	SF Inal. [mg/kg-giorno] ⁻¹	RfD Ing. (mg/kg-d)	RfD Inal. (mg/kg-d)	Fattore di assorbimento dermico con suolo [adim.]	Coefficiente di permeabilità [cm/ora]
PCB	1336-36-3	B2	2,00E+00	2,00E+00	2,00E-05	-	0,1	1,3

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fig. 20 di 32	Rev.
	0

8 CALCOLO DELLE CONCENTRAZIONI AL POE

Le equazioni per il calcolo delle concentrazioni al punto di esposizione sono basate sull'applicazione dei fattori di trasporto, riferiti alle singole vie di migrazione dei contaminanti. Le equazioni per il calcolo dei fattori di trasporto sono quelle incluse nel software RISC v. 4.04 e riportate nel corrispondente manuale operativo (Risc4 – User's Manual, 2001).

Si riportano nel seguito i fattori di trasporto corrispondenti alle vie di migrazione e di esposizione selezionate per l'analisi di rischio in oggetto:

- inalazione outdoor di vapori da suolo profondo: VF_{samb} ;
- inalazione indoor di vapori da suolo profondo: VF_{semp} .

L'equazione per la stima del fattore di volatilizzazione da suolo profondo in ambienti aperti utilizzate dal software RISC è la seguente:

$$VF_{samb} \left[\frac{(mg / m^3 - aria)}{(mg/kg - suolo)} \right] = \frac{H}{(\theta_w + K_s \rho_s + H \theta_a) \left(1 + \frac{U_{air} \delta_{air} L_s}{D_s^{eff} W'} \right)} \cdot 10^3$$

Le equazioni per la stima del fattore di volatilizzazione da suolo profondo in ambienti confinati utilizzate dal software RISC sono le seguenti:

$$VF_{semp} = \left[\frac{(mg / m^3 - aria)}{(mg / kg - suolo)} \right] = \frac{\frac{H \rho_s}{(\theta_w + k_s \rho_s + H \theta_a)} \cdot \frac{D_s^{eff}}{L_T L_b ER}}{1 + \frac{D_s^{eff}}{L_T L_b ER} + \frac{D_s^{eff} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} L_T \eta}} \cdot 10^3$$

dove D_s^{eff} è il coefficiente di diffusione effettiva attraverso la zona vadosa e D_{crack}^{eff} è il coefficiente di diffusione effettiva attraverso le fenditure delle fondazioni:

$$D_{crack}^{eff} \left[\frac{cm^2}{s} \right] = D_a \cdot \frac{g_{acrack}^{3.33}}{g_e^2} + \frac{D_w}{H} \cdot \frac{g_{wcrack}^{3.33}}{g_e^2}$$

Si assume come fattore di trasporto il minore tra i due. Per il significato dei simboli si rimanda alla Tabella 1 di Annesso.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 21 di 32	Rev.
	0

9 CALCOLO DELLA PORTATA D'ESPOSIZIONE E DEL CHEMICAL INTAKE

Relativamente agli scenari d'esposizione selezionati (tabella 6) vengono indicate, nella tabella seguente (tabella 9), le caratteristiche di esposizione dei bersagli umani, forniti come input al modello di calcolo RISC ver. 4.04. Per tali parametri sono stati assunti i valori di default contenuti nel Protocollo APAT [APAT 2006].

Tab. 9 - Fattori di esposizione

Fattori comuni a tutte le modalità di esposizione	Simbolo	Unità di Misura	Com/Ind
Peso corporeo	BW	kg	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene	ATc	anni	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene	ATn	anni	ED
Durata di esposizione	ED	anni	25
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	250
Inalazione di Aria Outdoor (AO)			
Frequenza giornaliera di esposizione outdoor	EFgo	ore/giorno	8
Inalazione outdoor	Bo	m ³ /ora	2,5
Inalazione di Aria Indoor (AI)			
Frequenza giornaliera di esposizione indoor	EFgi	ore/giorno	8
Inalazione indoor	Bi	m ³ /ora	0,9

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fig. 22 di 32	Rev.
	0

10 CALCOLO DEL RISCHIO

Nei capitoli seguenti vengono riportati i valori di rischio calcolati attivando gli scenari di esposizione inalazione di vapori outdoor e indoor da suolo insaturo, in un ambito di tipo industriale.

Come definito al cap. 6, l'area di interesse sarà sottoposta ad un intervento di impermeabilizzazione con un sistema impermeabilizzante multistrato.

Tale intervento permette di attenuare le vie di esposizione indirette ovvero la volatilizzazione dei contaminanti presenti nella sorgente di contaminazione.

Essendo la copertura adottata costituita da un sistema multistrato formato da:

- geotessile non tessuto (peso min. 400 g/mq);
- telo in HDPE sp. 1.5 mm;
- geotessile non tessuto (peso min. 400 g/mq);
- strato di misto granulare stabilizzato sp. Min. 20 cm;
- conglomerato bituminoso sp. 10 cm (7 cm di binder e 3 cm di strato d'usura).

Viste le caratteristiche del sistema multistrato, la condizione di attenuazione della volatilizzazione è stata simulata attribuendo la presenza, nello strato insaturo di terreno, di una lente di conglomerato bituminoso con spessore equivalente pari a 15 cm e con caratteristiche di permeabilità inferiori rispetto a quelle della sorgente di contaminazione. Le caratteristiche della lente (richieste dal software utilizzato) vengono di seguito riportate.

Tab. 10 – Caratteristiche della pavimentazione

Parametro	Simbolo	Unità di Misura	Valore
Spessore	h_{lens}	cm	15
Porosità totale	$\theta_{T lens}$	-	0,015
Contenuto volumetrico di acqua	$\theta_{w lens}$	-	0,014

Il fenomeno di volatilizzazione e diffusione dei vapori attraverso uno strato di terreno avviene attraverso la presenza di vuoti intercomunicanti. La misura diretta di tale condizione è data dalla porosità efficace. Il software utilizzato non considera tale porosità ma, molto conservativamente, tiene conto solamente della porosità totale e del contenuto volumetrico di acqua, in maniera tale che, ad un maggior contenuto d'acqua, corrisponda una porosità via via minore e conseguentemente una diminuzione del flusso di vapori verso l'ambiente esterno.

Nel caso specifico del conglomerato bituminoso è possibile affermare che:

1. la porosità totale è inferiore ad 1,5%;
2. la porosità efficace è inferiore a quella di un'argilla, considerata litotipo praticamente impermeabile.

Vista l'impossibilità a reperire informazioni circa il contenuto d'acqua del conglomerato, si è assunto in via cautelativa, che la percentuale di acqua presente in un'argilla,

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fig. 23 di 32	Rev.
	0

rispetto alla porosità efficace, corrisponda con la percentuale d'acqua fittiziamente presente nel conglomerato.

Riferendosi ad APAT [2006, rev. 1] l'argilla è caratterizzata da una porosità efficace, $\theta_{eff} = 0,312$ e da un contenuto volumetrico di acqua, $\theta_w = 0,304$, pertanto nel 97,4% dei pori è presente una fase acquosa. Adottando tale schema è possibile affermare che, per analogia, il conglomerato bituminoso abbia un $\theta_w = 0,014$.

10.1 Calcolo del rischio outdoor

I risultati relativi all'esposizione outdoor di vapori di PCB nell'area di interesse sono riportati nella seguente tabella, dove sono evidenziati i valori di rischio individuali e cumulativi in relazione alle aree sorgenti individuate.

Non vengono riportati i risultati relativi agli indici di pericolo in quanto il parametro selezionato non presenta caratteristiche tossiche per inalazione di vapori.

Tab. 10.1 – Rischi cancerogeni per esposizione outdoor da suolo profondo

CASE 1: Worker - RME		
	Inhalation of Outdoor Air	TOTAL
PCBs	1.8E-08	1.8E-08
TOTAL	1.8E-08	1.8E-08

Le simulazioni eseguite permettono di evidenziare che non sussistono rischi sanitari in ambiente outdoor, a seguito degli interventi di bonifica proposti.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 24 di 32	Rev.
	0

10.2 Calcolo del rischio indoor

I risultati relativi all'esposizione indoor di vapori di PCB nell'area di interesse sono riportati nella seguente tabella, dove sono evidenziati i valori di rischio individuali e cumulativi in relazione alle aree sorgenti individuate.

Non vengono riportati i risultati relativi agli indici di pericolo in quanto il parametro selezionato non presenta caratteristiche tossiche per inalazione di vapori.

Tab. 10.2 – Rischi cancerogeni per esposizione indoor da suolo profondo

CASE 1: Worker - RME		
	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
PCBs	7.7E-07	7.7E-07
TOTAL	7.7E-07	7.7E-07

Le simulazioni eseguite permettono di evidenziare che non sussistono rischi sanitari in ambiente indoor.

Al momento tale scenario di esposizione risulta non attivo. Nell'ipotesi di una futura attivazione, perché i risultati ottenuti dalla presente analisi di rischio risultino ancora validi, occorrerà prevedere, alla base dell'edificio, un sistema di impermeabilizzazione multistrato equivalente a quello ipotizzato nelle simulazioni effettuate.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 25 di 32	Rev.
	0

- D.Lgs. 152/06 *Norme in materia ambientale*. Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale N.88 del 14 Aprile 2006, Supplemento Ordinario n.96
- ANPA (1999), *“ROME, ReasOnable Maximum Exposure, Stima dell’esposizione e rischio dei siti contaminati per la gestione delle bonifiche”*, Dames & Moore Int. S.r.l su incarico ANPA.
- ANPA (2002), *“Analisi per il rischio ecologico per il risanamento dei siti contaminati – Quadro internazionale e sviluppo di linee guida in ambito nazionale”*, Manuale e linee guida 11/2002.
- APAT (2006), *“Criteri metodologici per l’applicazione dell’analisi assoluta di rischio ai siti contaminat – rev. 1”*.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), Designation: E1739 (1995), *“Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites”*.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), Designation: PS104 (1998), *“Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action”*.
- Celico P. (1988), *“Prospezioni idrogeologiche – volume secondo”*, Liguori Editore. Clapp, R.B., and G.M. Homberger (1978), *“Empirical equations for some soil hydraulic properties”*, Water Resources Research, 14:601-604.
- CONCAWE (1997), *“Appendices to Concawe report n° 2/97 – European Oil Industry Guidline for Risk-Based Assessment of contaminated sites”*, ref. 1597RD1/ Rev10/31109-003-411/MQ/PI.
- Connor, J. A., R. L. Bowers, S.M. Paquette and C.J. Newell (1997), *“Soil Attenuation Model for Derivation of Risk-Based Soil Remediation Standards”*, Proceedings of NGWA Petroleum Hydrocarbons Conference, Houston, TX.
- Conway R.A. (1982), *“Environmental Risk Analysis for Chemicals”*, Van Nostrand Reinhold Co.
- EPA (1996), *“Soil Screening Guidance: User’s Guide – Second Edition”*, EPA/540/R- 96/018.
- EPA (1992a), *“Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications. Iterm Report”*, 600&8-91/011B.
- EPA (1992b), *“Supplemental Guidance to RAGS: Calculating the Concentration Term”*, Publication 9285.7-08, NTIS N. PB92-963373.
- EPA (1991), *“Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I - Human Health Evaluation Manual, (Part B, Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals. Interim”*, Publication 9285.7-01B.
- EPA (1989), *“Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I - Human Health Evaluation Manual, Part A, Interim Final”*, EPA/540/1-89/002.
- Gilbert R. O. (1987), *“Statistical methods for environmental pollution monitoring”*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Groundwater Services, Inc. (1999), *“RBCA Tool Kit for Chemical Release – Guidance Manual”*, 2211 Norfolk, Suite 1000, Huston Texas.
- Mariotti C., Berardi S. (2001), *“Benchmarking di quattro modelli di analisi di rischio per siti contaminati”*, Siti Contaminati, n. 1/2001.
- Mariotti C., Pieroni M. (1998), *“Applicazione di modelli di analisi di rischio su siti inquinati: confronto tra diverse procedure e relativi risultati”*, Giornata di studio della Provincia di Milano-Bonifica di siti contaminati: teoria e pratica dell’analisi di rischio nel contesto italiano; Milano, 27 marzo 1998.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 26 di 32	Rev.
	0

- Pieroni M. (2003a), *“Indagini dirette e campionamenti”*, Manuale AIGA sul disinquinamento: La gestione dei siti inquinati – dalle indagini alla bonifica, cap. 5, pgg. 91-124, Pitagora editrice Bologna.
- Pieroni M. (2003b), *“Elaborazione dei dati e valutazione dello stato del sito”*, Manuale AIGA sul disinquinamento: La gestione dei siti inquinati – dalle indagini alla bonifica, cap. 6, pgg. 171-197, Pitagora editrice Bologna.
- Pieroni M., Isidori S. (2003c), *“Analisi del Rischio sanitario: analisi e confronto dei principali software utilizzati in Italia (RBCA-TK, ROME e GIUDITTA)”*, Siti Contaminati n. 1/2003.
- Pieroni M., Fehervari M., Mariotti C. (2003d), *“Proprietà chimico-fisiche degli inquinanti utilizzate nei modelli di Fate and transport in una procedura di analisi del rischio di livello 2: metodi di stima indiretta”*, Siti Contaminati n. 1/2003.
- UNICHIM (2002), *“Suoli e Falde contaminati, Analisi del Rischio sito-specifica – Criteri e parametri”*, Manuale n. 196/1.
- Vismara R. (1998), *“Ecologia Applicata”*, Hoepli editore.

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB									
SPC. 00-BE-E-94010										
Fg. 27 di 32	Rev.									
	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	0								
0										

ANNESSO

Tabelle

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fig. 28 di 32	Rev.
	0

Tab. 1 - Valori dei parametri caratteristici del sito (1/3)

SIMBOLO	PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	Valore di default doc. APAT (tab. 5.2)	Necessità di misure di sito specifiche	Valore Utilizzato	Stima Indiretta (1)	Stima Diretta (1)		NOTE (2)
							Analisi statistica (N >= 10)	Valore più conservativo (N < 10)	
Parametri geometrici generali									
L _{GW}	Profondità del piano di falda	cm	300	SI	864			✓	Valore MIN area XII piezometria gennaio 06 - EP10
h _{cap}	Spessore frangia capillare	cm	18,8		18,8	✓			Assimilato a Loamy Sand [USDA] da Silty Sand [USCS] in base alla descrizione litologica di S47 (3,9-4,6)
h _v	Spessore della zona insatura	cm	281,2	SI	845,2	✓			L _{gw} - h _{cap}
Geometria della sorgente di contaminazione									
W'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento	cm	4500	SI	5000			✓	Area effettiva 6 m x 10 m assunta pari ad una cella 50 m x 50 m
S _w '	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento	cm	4500	SI	5000			✓	Area effettiva 6 m x 10 m assunta pari ad una cella 50 m x 50 m
A'	Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento)	cm ²	20250000	SI	25000000			✓	Area effettiva 6 m x 10 m assunta pari ad una cella 50 m x 50 m
L _s (SP)	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	cm	100	SI	400			✓	Analisi di fondo scavo aprile 07 [SPC_94009]
L _l	Profondità della base della sorgente rispetto al p.c.	cm	300	SI	864			✓	Corrispondente con L _{gw}
d _s	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturato)	cm	200	SI	464			✓	L _l -L _s (SP)
L _F	Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	cm	300	SI	464			✓	L _l -L _s (SP)

Tab. 1 - Valori dei parametri caratteristici del sito (2/3)

SIMBOLO	PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	Valore di default doc. APAT (tab. 5.2)	Necessità di misure di sito specifiche	Valore Utilizzato	Stima Indiretta (1)	Stima Diretta (1)		NOTE (2)
							Analisi statistica (N >= 10)	Valore più conservativo (N < 10)	
Caratteristiche fisiche del terreno in zona insatura									
ρ_s	Densità del suolo	g/cm3	1,7	SI	1,7	✓			[APAT 2006]
θ_r	Porosità totale del terreno in zona insatura	adim.	0,41		0,41	✓			Assimilato a Loamy Sand [USDA] da Silty Sand [USCS] in base alla descrizione litologica di S47 (3,9-4,6)
θ_e	Porosità efficace del terreno in zona insatura	adim.	0,353		0,353	✓			Assimilato a Loamy Sand [USDA] da Silty Sand [USCS] in base alla descrizione litologica di S47 (3,9-4,6)
θ_w	Contenuto volumetrico di acqua	adim.	0,103		0,103	✓			Assimilato a Loamy Sand [USDA] da Silty Sand [USCS] in base alla descrizione litologica di S47 (3,9-4,6)
θ_a	Contenuto volumetrico di aria	adim.	0,25		0,25	✓			Assimilato a Loamy Sand [USDA] da Silty Sand [USCS] in base alla descrizione litologica di S47 (3,9-4,6)
θ_{wcap}	Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	adim.	0,318		0,318	✓			Assimilato a Loamy Sand [USDA] da Silty Sand [USCS] in base alla descrizione litologica di S47 (3,9-4,6)
θ_{disap}	Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	adim.	0,035		0,035	✓			Assimilato a Loamy Sand [USDA] da Silty Sand [USCS] in base alla descrizione litologica di S47 (3,9-4,6)
f_{cc}	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo	g-C/gsuolo	0,01	SI	0,0007			✓	Sondaggio S47 [4-5 m/pc] - Corg = 0,07%
pH	pH del suolo insaturo	adim.	6,8	SI	7,6			✓	Sondaggio S47 [4-5 m/pc] - pH = 7,6
Caratteristiche ambientali outdoor									
δ_{air}	Altezza della zona di miscelazione	cm	200		200	✓			[APAT 2006]
W'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento	cm	4500	SI	5000			✓	Area effettiva 6 m x 10 m assunta pari ad una cella 50 m x 50 m
S_w'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento	cm	4500	SI	5000			✓	Area effettiva 6 m x 10 m assunta pari ad una cella 50 m x 50 m
A'	Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento)	cm2	20250000	SI	25000000			✓	Area effettiva 6 m x 10 m assunta pari ad una cella 50 m x 50 m
U_{air}	Velocità del vento	cm/s	225	SI	225	✓			[APAT 2006]
τ	Tempo medio di durata del flusso di vapore (IND.)	anno	25		25	✓			[APAT 2006]

Tab. 1 - Valori dei parametri caratteristici del sito (3/3)

SIMBOLO	PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	Valore di default doc. APAT (tab. 5.2)	Necessità di misure di sito specifiche	Valore Utilizzato	Stima Indiretta ⁽¹⁾	Stima Diretta ⁽¹⁾		NOTE ⁽²⁾
							Analisi statistica (N >= 10)	Valore più conservativo (N < 10)	
Caratteristiche ambienti indoor									
A _b	Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione	cm2	700000	SI	700000	✓			[APAT 2006]
L _{crack}	Spessore delle fondazioni/muri	cm	15	SI	15	✓			[APAT 2006]
L _b	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (IND.)	cm	300	SI	300	✓			[APAT 2006]
η	Frazione areale di fratture	adim.	0.01		0.01	✓			[APAT 2006]
θ _{vcrack}	Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture	adim.	0.12		0.12	✓			[APAT 2006]
θ _{grack}	Contenuto volumetrico di aria nelle fratture	adim.	0.26		0.26	✓			[APAT 2006]
ER	Tasso di ricambio di aria indoor (IND.)	1/s	0.00023		0.00023	✓			[APAT 2006]
L _T	Distanza tra il top della sorgente nel suolo insaturo (in falda) e la base delle fondazioni	cm	0	SI	385		✓		L _s - Z _{crack} [APAT 2006]
Z _{crack}	Profondità delle fondazioni	cm	15	SI	15	✓			[APAT 2006]
K _v	Permeabilità del suolo al flusso di vapore	cm2	1,00E-08		1,00E-08	✓			[APAT 2006]
Δp	Differenza di pressione tra indoor e outdoor	g/(cm²s2)	0		0	✓			[APAT 2006]
H _{vair}	Viscosità del vapore	g/(cm²s)	1,81E-04		1,81E-04	✓			[APAT 2006]
τ	Tempo medio di durata del flusso di vapore (IND.)	anno	25		25	✓			[APAT 2006]

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 31 di 32	Rev.
	0

■

ALLEGATO 1

Dati di input - Software RISC 4.04

Model Description:

Johnson and Ettinger model for outdoor air
with volatile emissions from soil

Title:

Mantova EP SP

Simulation time (years).

50

Soil Source for Vapor Model

Total porosity in source (cm ³ /cm ³).	0.35
Water content in source (cm ³ /cm ³)	0.10
Fraction organic carbon in source (mg/mg)	7.00E-04
Soil bulk density in source (g/cm ³).	1.7

Unsaturated Zone Properties for Vapor Model

Total porosity (cm ³ /cm ³)	0.35
Water content (cm ³ /cm ³)	0.10
Distance from source to surface (m)	4.0

Lens Properties for Vapor Model

Lens thickness (m).	0.15
Total porosity (cm ³ /cm ³)	1.50E-02
Water content (cm ³ /cm ³)	1.40E-02

OUTDOOR AIR PARAMETERS

Height of box (breathing zone) (m)	2.0
Length of box (m).	50.
Wind speed (m/s)	2.2

TPH Data for Vapor Model Source

Concentration of TPH (mg/kg)	0.0
Molecular weight of TPH (g/mol).	0.0

CHEMICAL DATA FOR: PCBs

Diffusion coefficient in air (cm ² /s)	0.10
Diffusion coefficient in water (cm ² /s)	1.00E-05
Solubility (mg/l)	0.59
Vapor pressure (mmHg)	8.63E-05
KOC (L/kg).	1.58E+05
Henry's Law coefficient (-).	1.12E-02
Molecular weight (g/mol).	2.90E+02

Source Concentrations:

Source conc. in soil for outdoor air model (mg/kg)	4.00E+02
--	----------

Title:
Mantova EP SP
07/30/07 13:57

Scenarios:
Worker - RME

Routes:
INHALATION OF OUTDOOR AIR

Chemicals:
PCBs

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS SCENARIO:
1

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body Weight (kg)	70.0
Lifetime (years)	70.0

INHALATION OF OUTDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	2.50
Time outdoors (hours/day)	8.00
Lung Retention Factor (-)	1.00
Exp. Freq. Outdoor Air (events/yr)	250.
Exp. Duration Outdoor Air (yr)	25.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-) PCBs	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Outdoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output

AVERAGE Concentration (over exposure duration)
(used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	25.
PCBs	1.30E-07

Concentration used to calculate hazard index

(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	7.0
PCBs	1.30E-07

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

PCBs	2.0
------	-----

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

PCBs	ND
------	----

SUMMARY OF RESULTS

INHALATION OF OUTDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : PCBs

CADD (mg/kg-day)	2.54E-08
LADD (mg/kg-day)	9.06E-09
Cancer Risk (-)	1.812E-08
Hazard Index (-)	0.000E+00

Model Description:

Johnson and Ettinger Indoor air model
with volatile emissions from soil

Title:

Mantova EP SP

Simulation time (years).

50

Soil Source for Vapor Model

Total porosity in source (cm ³ /cm ³).	0.35
Water content in source (cm ³ /cm ³)	0.10
Fraction organic carbon in source (mg/mg)	7.00E-04
Soil bulk density in source (g/cm ³).	1.7

Unsaturated Zone Properties for Vapor Model

Total porosity (cm ³ /cm ³)	0.35
Water content (cm ³ /cm ³)	0.10
Distance from source to building (m)	3.0

Lens Properties for Vapor Model

Lens thickness (m).	0.15
Total porosity (cm ³ /cm ³)	1.50E-02
Water content (cm ³ /cm ³)	1.40E-02

Building Parameters

Cross-sect. area of basement (m ²).	70.
Volume of building (m ³).	2.10E+02
Number of air changes per day.	20.
Foundation thickness (m)	0.15
Length of foundation perimeter (m)	50.
Depth of foundation (m).	0.15
Pressure difference (g/cm-s ²).	10.
Fraction of cracks (cm ³ /cm ³)	1.00E-02
Porosity in cracks (-)	0.25
Water content in cracks (-).	0.12
Permeability of soil to vapors (cm ²)	1.00E-09
Viscosity of air is assumed to be [g/cm-s]	1.80E-04

***Volumetric flow rate of soil gas into building
***will be estimated from above input parameters.

Calculated crack width (cm).	1.4
Flow rate of soil gas into building (cm ³ /s)	0.57

TPH Data for Vapor Model Source

Concentration of TPH (mg/kg)	0.0
Molecular weight of TPH (g/mol).	0.0

CHEMICAL DATA FOR: PCBs

Diffusion coefficient in air (cm ² /s)	0.10
Diffusion coefficient in water (cm ² /s)	1.00E-05
Solubility (mg/l)	0.59
Vapor pressure (mmHg)	8.63E-05
KOC (L/kg).	1.58E+05
Henry's Law coefficient (-).	1.12E-02
Molecular weight (g/mol).	2.90E+02

Source Concentrations:

Source conc. in soil for vapor model (mg/kg)	4.00E+02
--	----------

Title:
Mantova EP SP
07/30/07 14:33

Scenarios:
Worker - RME

Routes:
INHALATION OF INDOOR AIR

Chemicals:
PCBs

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS SCENARIO:
1

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body Weight (kg)	70.0
Lifetime (years)	70.0

INHALATION OF INDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	0.900
Time indoors (hours/day)	8.00
Lung Retention Factor (-)	1.00
Exp. Freq. Indoor Air (events/yr)	250.
Exp. Duration Indoor Air (yr)	25.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)	
PCBs	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Indoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output
AVERAGE Concentration (over exposure duration)
(used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	25.
PCBs	1.53E-05

Concentration used to calculate hazard index

(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	7.0
PCBs	1.53E-05

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

PCBs	2.0
------	-----

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

PCBs	ND
------	----

SUMMARY OF RESULTS

INHALATION OF INDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : PCBs

CADD (mg/kg-day)	1.08E-06
LADD (mg/kg-day)	3.86E-07
Cancer Risk (-)	7.719E-07
Hazard Index (-)	0.000E+00

■

COMMESSA 1609Q0	UNITA' RISAMB
SPC. 00-BE-E-94010	
Fg. 32 di 32	Rev.
	0

ALLEGATO 2
Dati di output - Software RISC 4.04

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Worker - RME

Inhalation
of
Outdoor Air TOTAL

PCBs	1.8E-08	1.8E-08
TOTAL	1.8E-08	1.8E-08

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Worker - RME

Inhalation
of
Outdoor Air TOTAL

TOTAL

0.0E+00 0.0E+00

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD
was not entered for that chemical.

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Worker - RME

Inhalation
of
Indoor Air TOTAL

PCBs	<u>7.7E-07</u>	<u>7.7E-07</u>
TOTAL	<u>7.7E-07</u>	<u>7.7E-07</u>

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Worker - RME

Inhalation
of
Indoor Air TOTAL

TOTAL

0.0E+00 0.0E+00

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD
was not entered for that chemical.