



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di		Comm. N°			
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		1 / 30 Cap.5		<b>ST-001</b>			

## ALLEGATO 3

### QUADRO AMBIENTALE

#### Capitolo 5

### SUOLO-SOTTOSUOLO

(Errata Corrige par. 5.5)



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		2 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

## INDICE

**PREMESSA**

**3**

**5.5 Verifica della distanza di sicurezza della centrale rispetto al pozzo ad uso idropotabile 4**



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di		Comm. N°			
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		3 / 30 Cap.5		<b>ST-001</b>			

## PREMESSA

Il presente documento rappresenta una revisione del par. 5.5 del Capitolo 5 del Quadro Ambientale del SIA redatto per il progetto dell'impianto di stoccaggio gas di Bordolano (CR).

In particolare nella presente versione vengono eseguite alcune correzioni sul testo e sulle simulazioni ed in particolare:

- revisione della CSC del metanolo e del naftalene, stimati mediante la procedura di A.R. igienico-sanitario di livello 1 per un individuo adulto; nella versione del testo è stata erroneamente calcolata la CSC di riferimento per una portata d'esposizione sottostimata che ha comportato una errata definizione delle CSC relative ai due composti per un individuo adulto. Nella presente versione, la stima delle concentrazioni è stata eseguita per uno scenario più conservativo (come previsto da manuale APAT sull'analisi del Rischio), considerando un individuo bambino ed un THQ=1.
- revisione della Tabella 5.5.b mostrante i risultati delle simulazioni allo stato stazionario e che risultava errata per i due composti indicati. Nella presente revisione, la tabella è stata splittata per ogni singolo composto.
- revisione delle Figure 5.5.a e 5.5.e relative rispettivamente alle simulazioni in transitorio per il metanolo e il naftalene, aggiornando i dati con le nuove CSC calcolate.

Come verrà indicato all'interno del testo, i risultati emersi dallo studio non cambiano, e restano pertanto analoghe le considerazioni descritte nella prima versione del testo, soprattutto riguardo alla stima dei tempi di arrivo della contaminazione al pozzo ad uso potabile posto a 825 m di distanza dal sito.

I paragrafi del presente testo mantengono la numerazione originaria indicata nello studio SIA.



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		4 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

## 5.5 Verifica della distanza di sicurezza della centrale rispetto al pozzo ad uso idropotabile

Scopo delle simulazioni di seguito presentate è quello di definire la potenziale fascia di impatto a valle della centrale e di verificare se la distanza a cui è ubicata la centrale è adeguata ad offrire le adeguate garanzie di tutela per la salvaguardia della salute pubblica rispetto all'utilizzo idropotabile della risorsa idrica sotterranea.

Infatti, la presenza di un pozzo ad uso acquedottistico a valle idrogeologico dell'area di sviluppo del progetto suggerisce, anche se fenestrato a livello del secondo acquifero, la verifica se la centrale è effettivamente ubicata ad una distanza di sicurezza utile a salvaguardare lo stato di qualità delle acque emunte da pozzo.

Per la definizione della potenziale fascia di impatto a valle della centrale e per l'attivazione di un piano di controllo utile alla salvaguardia della risorsa idrica sotterranea è stata attivata una simulazione matematica analitica di *fate and transport* (F&T) in grado di simulare i tempi di arrivo di una ipotetica contaminazione in fase soluta in falda al bersaglio individuato.

Il presente paragrafo descrive i seguenti aspetti:

- 1) descrizione della procedura applicata;
- 2) scenari di simulazione attivati;
- 3) modello concettuale del sito;
- 4) inquinanti indicatori selezionati;
- 5) simulazioni allo stato stazionario;
- 6) simulazioni in transitorio.



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	Revisioni					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		5 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

## DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA APPLICATA

La procedura applicata è utile per quantificare il potenziale rischio di impatto del sito sulla risorsa idrica sotterranea a seguito di episodi di sversamento accidentale o a perdite diffuse e “nascoste” da infrastrutture che possono causare un livello di inquinamento, nelle acque di falda sottostanti un’area produttiva, superiore alle Concentrazioni Soglia di Confronto (CSC) previste da normativa (DLgs 152/2006 e s.m.i.).

In altre parole la simulazione permette di definire la potenziale fascia di impatto di un insediamento produttivo a seguito di episodi di sversamenti cronici in falda (2006a).

Le simulazioni sono state eseguite applicando la soluzione analitica di Domenico proposta dallo standard ASTM-RBCA (E1739-95) e particolarmente indicata per risolvere analiticamente problematiche inerenti il F&T di una fase soluta in falda sia in condizioni stazionarie che in condizioni transitorie.

La formulazione analitica viene normalmente applicata nella modellazione matematica di F&T di un livello decisionale 2 di analisi del rischio sanitario/ambientale, per descrivere la formazione di un potenziale *plume* inquinante a valle di una potenziale sorgente di contaminazione.

Gli stessi algoritmi di calcolo analitico possono comunque essere applicati per risolvere problemi di F&T anche in situazioni diverse da quelle propriamente previste dallo standard e si offrono anche come un utile strumento di supporto decisionale per valutare situazioni di potenziale impatto provenienti da aree soggette ad industrializzazione che prevedono nel loro ciclo produttivo l’utilizzo di sostanze potenzialmente inquinanti.

Per le elaborazioni si è applicata la formulazione matematica proposta nel *software* RBCA-TK (versione 1.3b) della Groundwater Services, Inc..

## SCENARI DI SIMULAZIONE ATTIVATI

Per valutare il potenziale impatto del sito sulla risorsa idrica sotterranea è stato considerato uno scenario di simulazione che schematizza un potenziale arrivo della contaminazione in falda a causa di sversamenti che dovessero interessare l’area impianti della centrale (area 300x150 m).

Le simulazioni modellistiche eseguite, partendo dalle caratteristiche idrogeologiche sito-specifiche e dalle proprietà chimico-fisiche degli inquinanti potenzialmente impattanti la falda e derivanti dalla tipologia di lavorazioni svolte all’interno della nuova centrale di stoccaggio, permettono di stimare la potenziale fascia di impatto determinata dalla



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		6 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

centrale in caso di superamento delle CSC previste da normativa nelle acque di falda sottostanti il sito ed i tempi di arrivo di una potenziale contaminazione in fase soluta al pozzo ad uso idropotabile posto ad 825 m di distanza.

## MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Ai diversi parametri sito-specifici di tipo geometrico e di tipo idrogeologico sono stati attribuiti i valori sito-specifici misurati in campo e, per dati non noti (es. coefficienti di dispersione meccanica), i valori di default comunemente accettati per la risoluzione di tali problematiche di F&T per un acquifero poroso.

La distanza "x" è stata posta uguale a 825 m, cioè pari alla distanza minima tra perimetro della centrale e pozzo ad uso idropotabile, ubicato a valle idrogeologico.

Le caratteristiche geometriche della sorgente sono state poste uguali alle dimensioni della centrale (zona impianti) e cioè supponendo un'area sorgente di ca. 300x150 mq.

I coefficienti di dispersione meccanica in falda sono stati posti uguali ai valori suggeriti dallo standard ASTM-RBCA- (E1739-95), ricavati applicando la formulazione di Pickens e Grisak (1981); quindi, per una distanza di ca. 825 m, è possibile attribuire i seguenti valori:

$$\alpha_x = 82,5$$

$$\alpha_y = 27,22$$

$$\alpha_z = 4,12$$

La permeabilità dell'acquifero è stata posta pari a 5,0E-04 m/s (considerando un valore di trasmissività T=1,0E-02 mq/s ed uno spessore saturo del primo acquifero di ca. 20 m).

Il gradiente idraulico è stato posto uguale alla media dei valori misurati in campo (i=0,01), risultando, come già precedentemente illustrato, in parte influenzato da pompaggi in atto a nord dell'area di studio.

La velocità reale della falda, considerando un valore di porosità efficace pari a 0,3, è stimabile in ca. 1,4 m/giorno.

Con tali parametri idraulici è possibile stimare una portata diluente della falda (Q) pari a 0,1 mc/s lungo un fronte in uscita dalla centrale di ca. 300 m.



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		7 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

## INQUINANTI INDICATORI SELEZIONATI

Fra gli inquinanti indicatori potenzialmente presenti nel sito sono stati selezionati alcuni composti direttamente legati al tipo di attività svolte all'interno della centrale:

- metanolo (inquinante non cancerogeno)
- n-esano (indicatore di un inquinamento da idrocarburi petroliferi)
- benzene (inquinante cancerogeno)
- xilene (-p) (inquinante di cui non sussistono evidenze certe di cancerogenicità)
- naftalene (inquinante non cancerogeno)
- benzo(A)antracene (inquinante cancerogeno)

Il metanolo è uno dei componenti principali utilizzati durante le operazioni di trattamento del gas.

Gli altri inquinanti sono tipici componenti delle miscele idrocarburiche utilizzate all'interno dei cicli produttivi dell'impianto (es. gasolio, oli esausti)

Fra gli inquinanti indicatori non è stato inserito il metano in quanto si ritiene che questo composto (presente in forma gassosa) possa causare, in caso di perdite accidentali da impianti o infrastrutture, problemi di esplosività per un eventuale accumulo di una fase vapore in ambienti chiusi piuttosto che problemi di salute pubblica per un uso di acque a scopi idropotabile, anche grazie alla sua bassissima solubilità.

Relativamente alle proprietà chimico-fisiche dei 6 inquinanti indicatori selezionati, queste sono riassunte nella **Tabella 5.5.a**.



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	Revisioni					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		8 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

INQUINANTI INDICATORI	CAS number	Peso Molecolare (MW)	Solubilità (S)	Coefficiente Partizione ottanolo/acqua (Log(Kow))	Coefficiente di partizione del carbonio organico (Koc)	Costante di Henry (H)
		(g/mol)	(mg/l)	(L/kg)	(L/kg)	atm- mc/mol
Metano	74-82-8	16,04	22	1,09	-	2,66E+01
Metanolo	67-56-1	32,04	1,0E+06 Completamente solubile	-0,77	2,04E-01	1,86E-04
n-Esano	110-54-3	86,17	13	3,90	479	6,95E+01
Benzene	71-43-2	78,11	1750	2,13	62	2,28E-01
Xilene (mistura di isomeri)	106-42-3	106,2	198	3,13	239,8	2,90E-01
Naftalene	91-20-3	128,16	31	3,30	200	1,80E-02
Benzo(a)Antracen e	56-55-3	228,30	9,4E-03	5,79	3,98E+05	1,37E-04

**Tabella 5.5.a: Proprietà chimico-fisiche degli inquinanti indicatori**

Per lo scenario di simulazione attivato sono state considerate concentrazioni in falda presso il perimetro del sito pari a 2, 5, 10 e 50 volte le concentrazioni soglia di confronto (CSC) previste da DLgs 152/06.

Per il Metanolo e il Naftalene, non essendo normati da DLgs 152/06, la stima delle loro concentrazioni limite ad uso potabile è stata calcolata dalla procedura di analisi del rischio sanitario di livello 1 proposta da US.EPA ed utilizzata anche da WHO (World Health Organization), ampiamente descritta in Pieroni (2006b), considerando i dati inerenti la loro tossicità non cancerogena proposti nelle Banche Dati dell'Istituto Superiore di Sanità (2006), IRIS (*Integrated Risk Information System*) e TOXNET.

La tossicità non cancerogena viene espressa mediante la *Reference Dose* cronica (RfD) per ingestione orale, che risulta pari a:





# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		9 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

RfD<sub>0</sub> metanolo: 5,0E-01 mg/kg-d

RfD<sub>0</sub> naftalene: 2,0E-02 mg/kg-d

Secondo le indicazioni US.EPA (riprese anche da manuale APAT 2006), la portata d'esposizione (E), per composti non cancerogeni, si ottiene dalla seguente equazione:

$$E = \frac{IR_a \cdot EF \cdot ED}{BW_a \cdot ED \cdot 365}$$

dove:

*E* = portata d'esposizione (l/kg-giorno);

*IR* = tasso di ingestione d'acqua pari a 2 l/giorno per adulto e 1 l/giorno per bambino

*EF* = frequenza esposizione rispettivamente pari a 350 giorni/anno

*ED* = durata dell'esposizione pari a 30 anni per adulto e 6 anni per bambino

*BW* = peso corporeo pari a 70 kg per adulto e 15 kg per bambino

Sostituendo i valori di default suggeriti da APAT (2006) per una ingestione cronica di acqua ad uso potabile, è possibile stimare una portata d'esposizione  $E=2,7E-02$  l/kg-giorno per un individuo adulto e  $6,4E-02$  per un individuo bambino.

Come *target* di rischio sanitario non cancerogeno è stato considerato il valore proposto da APAT (THQ=1).

La concentrazione limite per acque ad uso potabile del metanolo può essere ottenuta dalla seguente equazione, considerando un individuo bambino (portata esposizione più conservativa):

$$CSC = \frac{THQ}{E} \cdot RfD \Rightarrow$$

$$CSC_{metanolo} = \frac{0,1}{6,4E-02} \cdot 5,0E-01 = 7,82 \text{ mg/l}$$

Analogamente per il Naftalene è possibile ottenere la seguente concentrazione limite per la tutela della salute pubblica di acque distribuite ad uso idropotabile:



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		10 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

CSC  
naftalene

## SIMULAZIONE DELLO STATO STAZIONARIO

La soluzione analitica di Domenico, in condizioni stazionarie, nella formula comunemente accettata per un acquifero omogeneo ed isotropo, è la seguente:

$$\frac{C(x)_i}{C_{sorg}} = \exp\left(\frac{x}{2\alpha_x} \cdot \left[1 - \sqrt{1 + \frac{4 \cdot \lambda_i \cdot \alpha_x \cdot R_i}{V_R}}\right]\right) \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{S_w}{4\sqrt{\alpha_y x}}\right) \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{S_d}{2\sqrt{\alpha_z x}}\right)$$

dove:

$\lambda_i$ : costante di degradazione specifica dell'inquinante

$R_i$  = Fattore di Ritardo con cui l'inquinante in fase soluta si muove nell'acquifero rispetto alla velocità delle acque di falda

$V_R$  = velocità reale della falda

$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$  (m); coefficiente di dispersione meccanica in falda

$S_w$  (m): Larghezza del fronte inquinante in uscita

$\delta_{gw}$  (m): Profondità del fronte inquinante in uscita

$x$  (m): Distanza del bersaglio dalla potenziale sorgente impattante

Per mantenere questo tipo di analisi ad un alto livello di conservatività, è stato considerato un fattore di ritardo  $R=1$  (inquinante non reattivo) ed una costante di degradazione pari a 0 (inquinante non degradabile).

In altre parole, è stato considerato un inquinante tipo che subisce una riduzione di concentrazione, lungo la *centerline* dell'ipotetico *plume*, solo a seguito dei processi di dispersione meccanica della falda.

Con tali presupposti, l'equazione precedente si semplifica in questo modo:

$$\frac{C(x)_i}{C_{sorg}} = \operatorname{erf}\left(\frac{S_w}{4\sqrt{\alpha_y x}}\right) \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{S_d}{2\sqrt{\alpha_z x}}\right)$$



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	Revisioni					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		11 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

L

a formulazione analitica presentata può essere applicata per definire, conservativamente, la potenziale fascia di impatto a valle idrogeologico del sito, in condizioni stazionarie, causata da una data concentrazione di inquinante non reattivo e non degradabile, presenti in soluzione acquosa nelle acque di falda (Pieroni, 2006a).

Applicando l'equazione di Domenico presentata è stato possibile individuare, per i diversi valori CSC relativi ad ogni inquinante indicatore selezionato, la massima estensione della fascia di potenziale impatto a valle del sito.

Come indicato in Pieroni (2006b), la massima lunghezza della fascia di impatto per un inquinante non reattivo e non degradabile (condizione di massima conservatività) dipende, oltre che dalle caratteristiche del mezzo poroso, solo dalla concentrazione di partenza, cioè dalla quantità di inquinante in fase disciolta presente nelle acque sotterranee sottostanti il sito.

Le **Tablelle 5.5.b1-b6 (Annesso 1)** mostrano, per lo stato stazionario, le distanze massime raggiunte dai diversi *plume* in fase soluta a valle idrogeologico del sito per i diversi valori di concentrazione ipotizzati presso la sorgente. Le distanze stimate da modello sono, per tutti e 6 gli inquinanti, considerati non reattivi e non degradabili:

- 280 m per una concentrazione in falda Cw pari a 2 volte la CSC
- 555 m per una concentrazione in falda Cw pari a 5 volte la CSC
- 825 m per una concentrazione in falda Cw pari a 10 volte la CSC
- 1910 m per una concentrazione in falda Cw pari a 50 volte la CSC

In altre parole, se uno sversamento dovesse ipoteticamente impattare le acque sotterranee sottostanti la centrale, il pozzo ad uso potabile posto a ca. 825 m a valle idrogeologico del sito potrebbe subire un rischio di impatto significativo (raggiungimento di una concentrazione uguale alla CSC tabellare nelle acque estratte dal pozzo) solo nel caso in cui si registrino concentrazioni in falda presso la centrale tali da essere uguali o maggiori di 10 volte le rispettive CSC previste da normativa.



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	Revisioni					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		12 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

SIMU

LAZIONE DELLO STATO TRANSITORIO

Nella realtà, gli inquinanti indicatori selezionati (metanolo, benzene, xileni, naftalene e benzo(a)antracene, n-esano) sono caratterizzati da un coefficiente di partizione più o meno alto, che ne influenza sensibilmente il *fate and transport* nelle acque di falda, in funzione anche dei siti disponibili per l'adsorbimento, causando un ritardo nel loro movimento verso valle rispetto al flusso idrico sotterraneo (R≠1).

Inoltre, sono tutti caratterizzati da una costante di degradazione che porta ad una riduzione sensibile delle loro concentrazioni nel tempo (**Tabella 5.5.c**).

INQUINANTI INDICATORI	CAS number	Tempo di dimezzamento	Costante di degradazione
		(giorni)	(1/giorno)
Metanolo	74-82-8	7	9,9E-02
n-Esano	110-54-3	-	-
Benzene	71-43-2	720	9,6E-04
Xilene (mistura di isomeri)	106-42-3	360	1,9E-03
Naftalene	91-20-3	258	2,7E-03
Benzo(a)Antracene	56-55-3	1360	5,1E-04

**Tabella 5.5.c: Tempo di dimezzamento e costante di degradazione degli inquinanti organici selezionati in mezzo saturo**

Le simulazioni precedentemente presentate sono quindi decisamente conservative rispetto alla situazione sito-specifica, in quanto stimano una riduzione della concentrazione verso valle dovuta ai soli fenomeni idrodispersivi, senza tenere conto delle proprietà specifiche di ogni singolo contaminante.

Considerando le proprietà chimico-fisiche caratteristiche di ogni inquinante, i potenziali *plume* in fase soluta impiegano tempi più o meno lunghi per stabilizzarsi (raggiungimento delle condizioni stazionarie).



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		13 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

Una particella d'acqua impiegherebbe, in base alle caratteristiche dinamiche della falda (velocità reale pari a 1,4 m/giorni), un tempo di ca. 590 giorni per raggiungere il pozzo a 825 m di distanza.

I composti in soluzione impiegano tempi progressivamente maggiori a seconda della loro minore/maggiore solubilità e capacità ad essere adsorbiti nella matrice solida dell'acquifero. Quindi, maggiore è il coefficiente di partizione del carbonio organico, minore è la mobilità del composto e maggiore è il ritardo con cui lo stesso si muove rispetto alla velocità di flusso idrico sotterraneo.

In base ai coefficienti di partizione dichiarati in **Tabella 5.5.a** è possibile stabilire la maggiore/minore mobilità dei diversi inquinanti indicatori secondo il seguente schema:

*metanolo>benzene>xileni>naftalene>benzo(a)antracene*

Il fattore di Ritardo (R) di ogni particella di inquinante è ottenibile mediante la seguente equazione:

$$R = 1 + (K_{oc} \cdot F_{oc}) \cdot \frac{\rho_d}{\theta_{eff}}$$

dove:  $F_{oc}$  (-) contenuto di carbonio organico nel comparto saturo, posto pari a 0,001 (APAT 2006)

$\rho_d$ : densità secca dle terreno, posto generalmente pari a 1,7 kg/l (APAT, 2006)

$\theta_{eff}$ : porosità efficace dell'acquifero posta pari a 0,3.

Nota la distanza "x", la velocità reale della falda ed il fattore di ritardo tipico di ogni inquinante, è possibile stimare, considerando conservativamente la sola advezione lungo la *centerline*, i tempi di arrivo di una particella inquinante in base alla seguente equazione:

$$T = \frac{X}{v_{rx}} \cdot R_x$$

Sostituendo i valori noti all'equazione presentata è possibile ottenere i tempi di arrivo di ogni singola particella di inquinante al pozzo ad uso idropotabile ubicato a 825 m di distanza (**Tabella 5.5.d**).



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		14 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

U

na particella di metanolo in fase soluta si muove alla stessa velocità di flusso della falda e quindi ha tempi di arrivo simili a quelli di una particella d'acqua (ca. 1 anno e mezzo).

Le particelle dei restanti inquinanti hanno tempi di arrivo più lunghi e variabili da ca. 2 (benzene) a 6 anni (n-esano). Una particella di Benzo(a)antracene ha tempi di percorrenza tali da escludere un suo arrivo al pozzo ad uso potabile.

INQUINANTI	Koc (l/kg)	Foc (-)	$\rho_s$ (kg/l)	$\theta_{eff}$ (-)	R (-)	Vr (m/giorno)	X (m)	T (giorni)
Acqua						1,4		590
Metanolo	2,04E-01				1,0			590
n-Esano	479				3,7			2189
Benzene	62	0,001	1,7	0,3	1,4		825	796
p-Xilene	198				2,1	1250		
Naftalene	200				2,1	1257		
Benzo(a)Antracene	3,98E+05				2256,3	1329625		

**Tabella 5.5.d: Stima dei tempi di arrivo di una particella di inquinante**

Nel pozzo ad uso idropotabile, il potenziale arrivo dell'inquinante da monte porterebbe ad un progressivo aumento delle concentrazioni nelle acque emunte dallo stesso. Queste concentrazioni tenderanno ad aumentare fino a raggiungere una condizione di equilibrio (stato stazionario) strettamente dipendente dalla potenziale massa inquinante in arrivo da monte.

Come indicato nella precedente simulazione in stazionario, è necessaria una concentrazione in falda presso la potenziale sorgente (centrale) pari a 10 volte la CSC per causare una concentrazione nelle acque del pozzo a 825 m di distanza uguale alla CSC.

Il raggiungimento dello stato stazionario varia per ogni inquinante indicatore selezionato, in quanto è strettamente dipendente dal ritardo che lo stesso subisce per fenomeni di adsorbimento nei siti disponibili nell'acquifero (carbonio organico e minerali argillosi).

La stima dei tempi necessari al raggiungimento dello stato stazionario può essere fatta applicando l'equazione di Domenico prevista per il transitorio, considerando



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		15 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

C

conservativamente la presenza di adsorbimento ( $R \neq 1$ ) e l'assenza di fenomeni di tipo degradativo ( $\lambda=0$ ):

$$\frac{C(x)_i}{C_{sorg}} = \frac{1}{2} \cdot \exp\left(\frac{x}{2\alpha_x} \cdot \left[1 - \sqrt{1 + \frac{4 \cdot \lambda_i \cdot \alpha_x \cdot R_i}{V_R}}\right]\right) \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{S_w}{4\sqrt{\alpha_y x}}\right) \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{S_d}{2\sqrt{\alpha_z x}}\right) \cdot \operatorname{erfc}(B)$$

Il valore  $\operatorname{erfc}(B)$  viene posto, in assenza di degradazione, pari a:

$$\operatorname{erfc}\left[\frac{R_i \cdot x - V_R \cdot t}{2 \cdot \sqrt{\alpha_x \cdot V_R \cdot R_i \cdot t}}\right]$$

I risultati delle simulazioni sono rappresentati, per i 6 inquinanti indicatori selezionati, nei grafici delle **Figure 5.5.a-f** (Annesso 2). Le concentrazioni di partenza sono state poste uguali a 10 volte le rispettive CSC previste da DLgs 152/06.

In altre parole si considera un ipotetico scenario di degrado qualitativo diffuso della risorsa idrica sotterranea sottostante la centrale tale da causare un superamento pari a 10 volte le CSC previste da normativa al perimetro della stessa.

In particolare la prima tabella di ogni figura mostra, per varie distanze dal perimetro del sito, le concentrazioni stimate dell'inquinante al tempo  $t=10$  anni (prima riga) e, nella seconda riga, le concentrazioni allo stato stazionario ( $t \rightarrow \infty$ ).

Il primo grafico sottostante la tabella mostra la relazione distanza-concentrazione e rappresenta la variazione della concentrazione dell'inquinante con la distanza dal perimetro del sito allo stato stazionario e al tempo  $t=10$  anni.

La seconda tabella mostra, alla distanza di 825 m (corrispondente alla distanza di separazione con il pozzo ad uso potabile), l'andamento delle concentrazioni a vari intervalli di tempo (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 anni).

Il grafico sottostante mostra la correlazione tempo-concentrazione nel punto a 825 m di distanza.

Dalle simulazioni eseguite si nota che i tempi di raggiungimento dello stato stazionario sono diversi per ogni inquinante, dipendendo anche dalla loro capacità ad adsorbirsi sulla matrice solida dell'acquifero e dal conseguente ritardo che subiscono nel trasporto.

In particolare lo stato stazionario nel pozzo a 825 m di distanza dal perimetro della centrale viene raggiunto dopo:



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	Revisioni					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		16 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

metanolo:  $t < 5$  anni

n-esano:  $t > 10$  anni

benzene:  $t = 8$  anni

xileni:  $t \approx 10$  anni

naftalene:  $t >> 10$  anni

Benzo(a)Antracene:  $t >> 1000$  anni (composto praticamente immobile)

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalle simulazioni matematiche eseguite è stato possibile verificare quanto segue:

1) Per concentrazioni inferiori a 10 volte le CSC normative, la massima estensione dell'ipotetico *plume* non arriverebbe ad interessare mai il pozzo ad uso idropotabile a 825 m di distanza. Nel caso in cui dovessero riscontrarsi concentrazioni nella falda sottostante la centrale fino a valori  $\leq 10$  volte le CSC previste da normativa, queste non causerebbero alcun tipo di impatto per il pozzo ad uso idropotabile posto a ca. 825 m di distanza dal perimetro della centrale.

2) Anche in caso di un eventuale ed ipotetico inquinamento della risorsa idrica sotterranea sottostante l'area centrale, per sversamenti accidentali o diffusi, i tempi di arrivo di una contaminazione della falda al pozzo ad uso potabile sono tali da offrire tutte le garanzie di tutela e salvaguardia della salute pubblica, lasciando un adeguato margine di tempo per programmare le necessarie attività di messa in sicurezza e bonifica per il ripristino della situazione qualitativa pre-sversamento.

**Si ritiene pertanto che il sito in cui è prevista la realizzazione della centrale sia localizzato ad una distanza adeguata e tale da offrire le dovute garanzie per la salvaguardia del pozzo ad uso idropotabile posto a valle idrogeologico.**





# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		17 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

## ANNESSO 1

- SIMULAZIONI IN STAZIONARIO --



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	Revisioni					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		18 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

Parametri Sito-Specifici	Simbolo	Unità	Metanolo	Metanolo	Metanolo	Metanolo	Metanolo
Coefficiente di partizione Carbonio Organico	$K_{OC}$	(l/kg)	0,204	0,204	0,204	0,204	0,204
Costante di Henry	$H'$	(-)					
Solubilità	$S$	(mg/l)	1,00E+06	1,00E+06	1,00E+06	1,00E+06	1,00E+06
<b>Concentrazione Acque in zona sorgente</b>	$C_{vsorg}$	(mg/l)	<b>7,82</b>	<b>15,64</b>	<b>39,10</b>	<b>78,20</b>	<b>391,00</b>
Coefficiente di Permeabilità	$K$	(m/s)	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04
Gradiente idraulico	$i$	(-)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Velocità darciiana	$V_{gw}$	(m/y)	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02
		(m/s)	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06
Porosità Efficace	$\theta_{eff}$	(-)	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01
Velocità Reale	$V_R$	(m/y)	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02
		(m/d)	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00
Larghezza perpendicolare alla direzione di flusso	$Sw$	(m)	300	300	300	300	300
Spessore Acquifero	$d_{gw}$	(m)	20	20	20	20	20
Zona di Diluizione in falda	$\delta_{gw}$	(m)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Distanza del POC dalla sorgente	$X_{POC}$	(m)	0	280	555	825	1910
Coefficiente di Dispersione Longitudinale	$\alpha_L$	(m)	0	28	55,5	82,5	191
Coefficiente di Dispersione Orizzontale	$\alpha_h$	(m)	0	9,24	18,315	27,225	63,03
Coefficiente di Dispersione Verticale	$\alpha_v$	(m)	0	1,4	2,775	4,125	9,55
Costante di degradazione	$\lambda$	(1/d)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fattore di Ritardo	$R$	(-)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
only DILUTION ATTENUATION FACTOR	DAF	(-)	0,0E+00	5,1E-01	2,0E-01	1,0E-01	2,0E-02
Natural Attenuation in Groundwater	NAF=1/DAF	(-)	0,0E+00	2,0E+00	5,0E+00	1,0E+01	5,0E+01
Concentrazione alla distanza $X_{POC}$	$C_{wPOC}$	(mg/l)	0,0E+00	7,9E+00	7,8E+00	7,8E+00	7,8E+00
Concentrazione Limite	CL	(mg/l)	7,82	7,82	7,82	7,82	7,82
RISCHIO FALDA AL POC	$RF_{POC}$	(-)	0,00	1,01	1,00	1,00	1,00

Figura 5.5.b1 - Simulazioni stazionario Metanolo



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>				
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2		
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°				
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121				
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°	
		19 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>	

Parametri Sito-Specifici	Simbolo	Unità	Naftalene	Naftalene	Naftalene	Naftalene	Naftalene
Coefficiente di partizione Carbonio Organico	$K_{oc}$	(l/kg)	200	200	200	200	200
Solubilità	S	(mg/l)	3,10E+01	3,10E+01	3,10E+01	3,10E+01	3,10E+01
<b>Concentrazione Acque in zona sorgente</b>	$C_{wsorg}$	(mg/l)	<b>0,3100</b>	<b>0,6200</b>	<b>1,5500</b>	<b>3,1000</b>	<b>15,5000</b>
Coefficiente di Permeabilità	K	(m/s)	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04
Gradiente idraulico	i	(-)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Velocità darciana	$V_{gw}$	(m/y)	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02
		(m/s)	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06
Porosità Efficace	$\theta_{eff}$	(-)	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01
Velocità Reale	$V_R$	(m/y)	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02
		(m/d)	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00
Larghezza perpendicolare alla direzione di flusso	$S_w$	(m)	300	300	300	300	300
Spessore Acquifero	$d_{gw}$	(m)	20	20	20	20	20
Zona di Diluizione in falda	$\delta_{gw}$	(m)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Distanza del POC dalla sorgente	$X_{POC}$	(m)	0	280	555	825	1910
Coefficiente di Dispersione Longitudinale	$\alpha_L$	(m)	0	28	55,5	82,5	191
Coefficiente di Dispersione Orizzontale	$\alpha_h$	(m)	0	9,24	18,315	27,225	63,03
Coefficiente di Dispersione Verticale	$\alpha_v$	(m)	0	1,4	2,775	4,125	9,55
Costante di degradazione	$\lambda$	(1/d)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fattore di Ritardo	R	(-)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>only DILUTION ATTENUATION FACTOR</b>	DAF	(-)	0,0E+00	5,1E-01	2,0E-01	1,0E-01	2,0E-02
<b>Natural Attenuation in Groundwater</b>	NAF=1/DAF	(-)	0,0E+00	2,0E+00	5,0E+00	1,0E+01	5,0E+01
Concentrazione alla distanza $X_{POC}$	$C_{wPOC}$	(mg/l)	0,0E+00	3,1E-01	3,1E-01	3,1E-01	3,1E-01
Concentrazione Limite	CL	(mg/l)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
<b>RISCHIO FALDA AL POC</b>	$R_{FPOC}$	(-)	0,00	1,01	1,00	1,00	1,00

Figura 5.5.b2 - Simulazioni stazionario Naftalene



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		20 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

Coef
Com
Larghe
Co
Co
C
only
N
C

Figura 5



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		21 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

Parametri Sito-Specifici	Simbolo	Unità	Xileni	Xileni	Xileni	Xileni	Xileni
Coefficiente di partizione Carbonio Organico	$K_{OC}$	(l/kg)	311	311	311	311	311
Costante di Henry	H'	(-)	3,14E-01	3,14E-01	3,14E-01	3,14E-01	3,14E-01
Solubilità	S	(mg/l)	198	198	198	198	198
<b>Concentrazione Acque in zona sorgente</b>	$C_{wSorg}$	(mg/l)	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>0,10</b>	<b>0,50</b>
Coefficiente di Permeabilità	K	(m/s)	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04
Gradiente idraulico	i	(-)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Velocità darciiana	$V_{gw}$	(m/y)	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02
		(m/s)	5,0E-08	5,0E-08	5,0E-08	5,0E-08	5,0E-08
Porosità Efficace	$\theta_{eff}$	(-)	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01
Velocità Reale	$V_R$	(m/y)	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02
		(m/d)	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00
Larghezza perpendicolare alla direzione di flusso	$S_w$	(m)	300	300	300	300	300
Spessore Acquifero	$d_{gw}$	(m)	20	20	20	20	20
Zona di Diluizione in falda	$\delta_{gw}$	(m)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Distanza del POC dalla sorgente	$X_{POC}$	(m)	0	280	555	825	1910
Coefficiente di Dispersione Longitudinale	$\alpha_L$	(m)	0	28	55,5	82,5	191
Coefficiente di Dispersione Orizzontale	$\alpha_h$	(m)	0	9,24	18,315	27,225	63,03
Coefficiente di Dispersione Verticale	$\alpha_v$	(m)	0	1,4	2,775	4,125	9,55
Costante di degradazione	$\lambda$	(1/d)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fattore di Ritardo	R	(-)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>only DILUTION ATTENUATION FACTOR</b>	DAF	(-)	0,0E+00	5,1E-01	2,0E-01	1,0E-01	2,0E-02
<b>Natural Attenuation in Groundwater</b>	NAF=1/DAF	(-)	0,0E+00	2,0E+00	5,0E+00	1,0E+01	5,0E+01
<b>Concentrazione alla distanza <math>X_{POC}</math></b>	$C_{wPOC}$	(mg/l)	<b>0,0E+00</b>	<b>1,0E-02</b>	<b>1,0E-02</b>	<b>1,0E-02</b>	<b>1,0E-02</b>
Concentrazione Limite	CL	(mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>RISCHIO FALDA AL POC</b>	$RF_{POC}$	(-)	0,00	1,01	1,00	1,00	1,00

Figura 5.5.b4 - Simulazioni stazionario Xilene



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		22 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

Parametri Sito-Specifici	Simbolo	Unità	n-esano	n-esano	n-esano	n-esano	n-esano
Coefficiente di partizione Carbonio Organico	$K_{oc}$	(l/kg)	479	479	479	479	479
Costante di Henry	$H'$	(-)	6,95E-01	6,95E-01	6,95E-01	6,95E-01	6,95E-01
Solubilità	$S$	(mg/l)	13	13	13	13	13
<b>Concentrazione Acque in zona sorgente</b>	$C_{wsorg}$	(mg/l)	<b>0,35</b>	<b>0,70</b>	<b>1,75</b>	<b>3,50</b>	<b>17,50</b>
Coefficiente di Permeabilità	$K$	(m/s)	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04
Gradiente idraulico	$i$	(-)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Velocità darciiana	$V_{gw}$	(m/y)	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02
		(m/s)	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06
Porosità Efficace	$\theta_{eff}$	(-)	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01
Velocità Reale	$V_R$	(m/y)	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02
		(m/d)	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00
Larghezza perpendicolare alla direzione di flusso	$Sw$	(m)	300	300	300	300	300
Spessore Acquifero	$d_{gw}$	(m)	20	20	20	20	20
Zona di Diluizione in falda	$\delta_{gw}$	(m)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Distanza del POC dalla sorgente	$X_{POC}$	(m)	0	280	555	825	1910
Coefficiente di Dispersione Longitudinale	$\alpha_L$	(m)	0	28	55,5	82,5	191
Coefficiente di Dispersione Orizzontale	$\alpha_h$	(m)	0	9,24	18,315	27,225	63,03
Coefficiente di Dispersione Verticale	$\alpha_v$	(m)	0	1,4	2,775	4,125	9,55
Costante di degradazione	$\lambda$	(1/d)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fattore di Ritardo	$R$	(-)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>only DILUTION ATTENUATION FACTOR</b>	<b>DAF</b>	(-)	<b>0,0E+00</b>	<b>5,1E-01</b>	<b>2,0E-01</b>	<b>1,0E-01</b>	<b>2,0E-02</b>
<b>Natural Attenuation in Groundwater</b>	<b>NAF=1/DAF</b>	(-)	<b>0,0E+00</b>	<b>2,0E+00</b>	<b>5,0E+00</b>	<b>1,0E+01</b>	<b>5,0E+01</b>
Concentrazione alla distanza $X_{POC}$	$C_{wPOC}$	(mg/l)	<b>0,0E+00</b>	<b>3,5E-01</b>	<b>3,5E-01</b>	<b>3,5E-01</b>	<b>3,5E-01</b>
Concentrazione Limite	$CL$	(mg/l)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
RISCHIO FALDA AL POC	$RF_{POC}$	(-)	0,00	1,01	1,00	1,00	1,00

Figura 5.5.b5 - Simulazioni stazionario n-esano



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		23 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

Parametri Sito-Specifici	Simbolo	Unità	Benzo(a)Antracene				
Coefficiente di partizione Carbonio Organico	$K_{oc}$	(l/kg)	3,98E+05	3,98E+05	3,98E+05	3,98E+05	3,98E+05
Costante di Henry	$H'$	(-)					
Solubilità	$S$	(mg/l)	9,40E-03	9,40E-03	9,40E-03	9,40E-03	9,40E-03
<b>Concentrazione Acque in zona sorgente</b>	$C_{wsorg}$	(mg/l)	<b>1,00E-04</b>	<b>2,00E-04</b>	<b>5,00E-04</b>	<b>1,00E-03</b>	<b>5,00E-03</b>
Coefficiente di Permeabilità	$K$	(m/s)	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04
Gradiente idraulico	$i$	(-)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Velocità darciana	$V_{Dw}$	(m/y)	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02	1,6E+02
		(m/s)	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06	5,0E-06
Porosità Efficace	$\theta_{eff}$	(-)	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01
Velocità Reale	$V_R$	(m/y)	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02	5,3E+02
		(m/d)	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00
Larghezza perpendicolare alla direzione di flusso	$S_w$	(m)	300	300	300	300	300
Spessore Acquifero	$d_{gw}$	(m)	20	20	20	20	20
Zona di Diluizione in falda	$\delta_{gw}$	(m)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Distanza del POC dalla sorgente	$X_{POC}$	(m)	0	280	555	825	1910
Coefficiente di Dispersione Longitudinale	$\alpha_L$	(m)	0	28	55,5	82,5	191
Coefficiente di Dispersione Orizzontale	$\alpha_h$	(m)	0	9,24	18,315	27,225	63,03
Coefficiente di Dispersione Verticale	$\alpha_v$	(m)	0	1,4	2,775	4,125	9,55
Costante di degradazione	$\lambda$	(1/d)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fattore di Ritardo	$R$	(-)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
only DILUTION ATTENUATION FACTOR	DAF	(-)	0,0E+00	5,1E-01	2,0E-01	1,0E-01	2,0E-02
Natural Attenuation in Groundwater	NAF=1/DAF	(-)	0,0E+00	2,0E+00	5,0E+00	1,0E+01	5,0E+01
Concentrazione alla distanza $X_{POC}$	$C_{wPOC}$	(mg/l)	0,0E+00	1,0E-04	1,0E-04	1,0E-04	1,0E-04
Concentrazione Limite	CL	(mg/l)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
RISCHIO FALDA AL POC	$RF_{POC}$	(-)	0,00	1,01	1,00	1,00	1,00

Figura 5.5.b6 - Simulazioni stazionario Benzo(a)Antracene



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		24 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

**ANNESSO 2**  
**- SIMULAZIONI IN TRANSITORIO -**



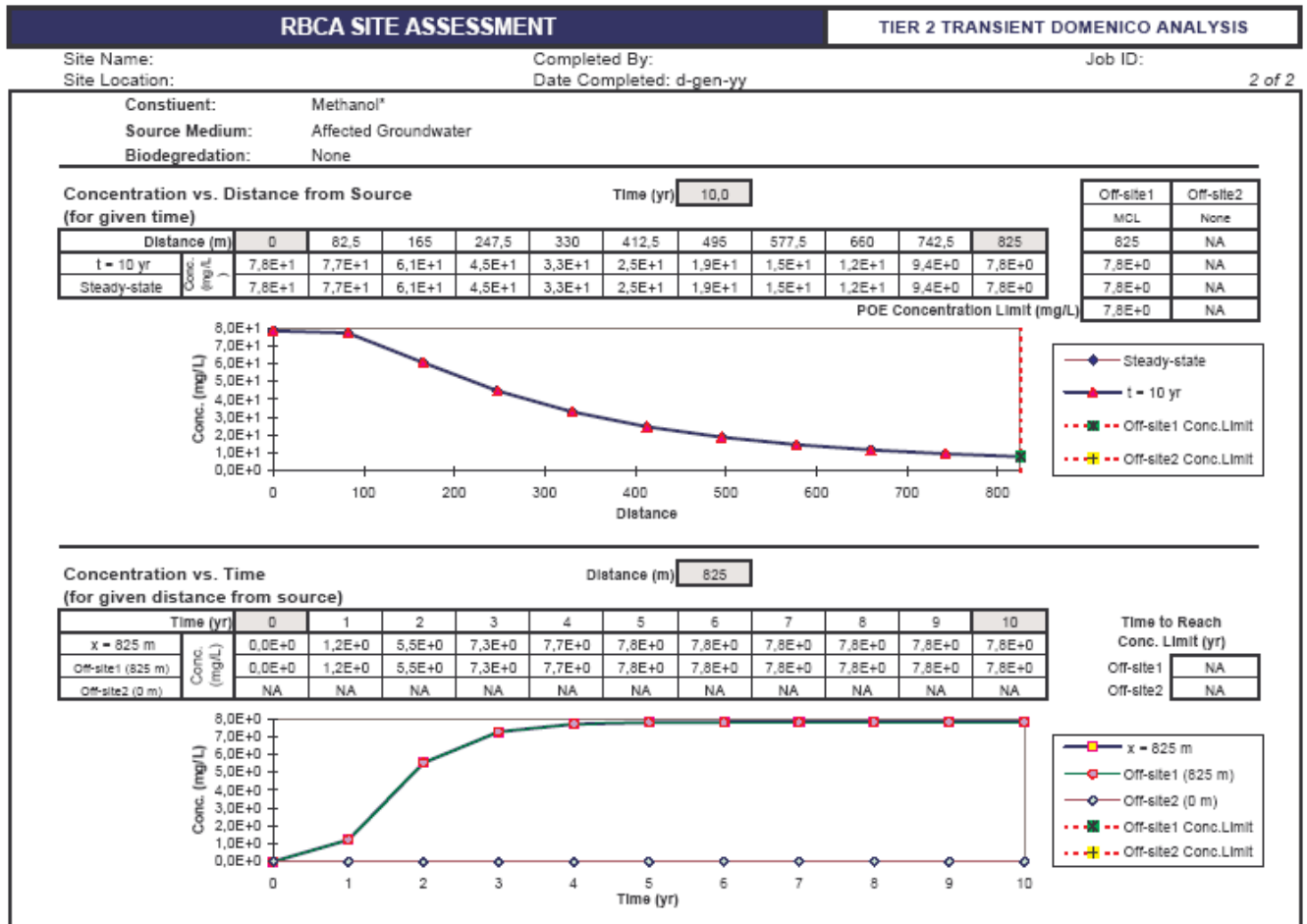


# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		25 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

RBCA Tool Kit for Chemical Releases, Version 1.3b



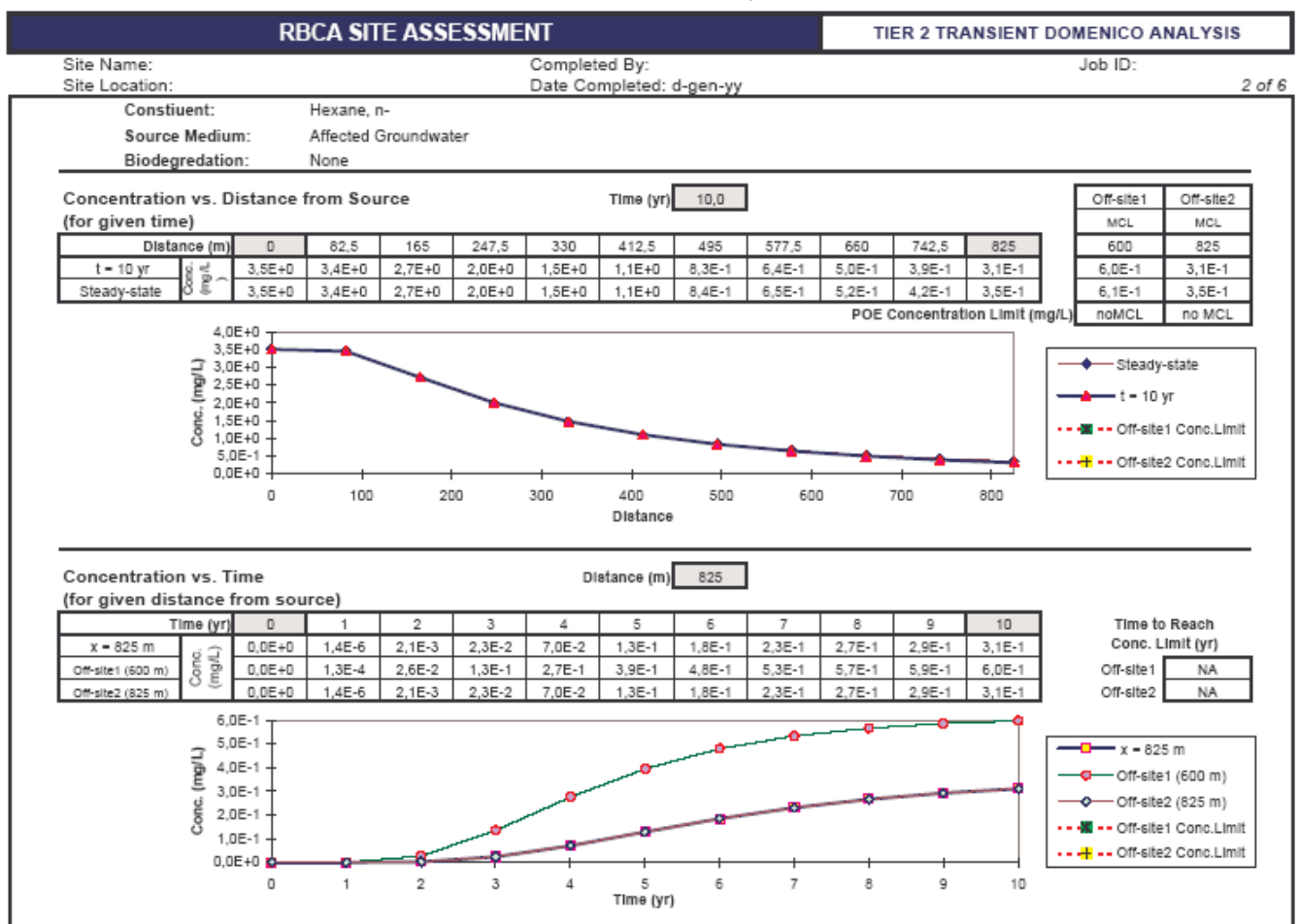
**Fig. 5.5.a: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Metanolo (Simulazione eseguita per i nuovi valori CSC ottenuti per Metanolo)**



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		26 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		



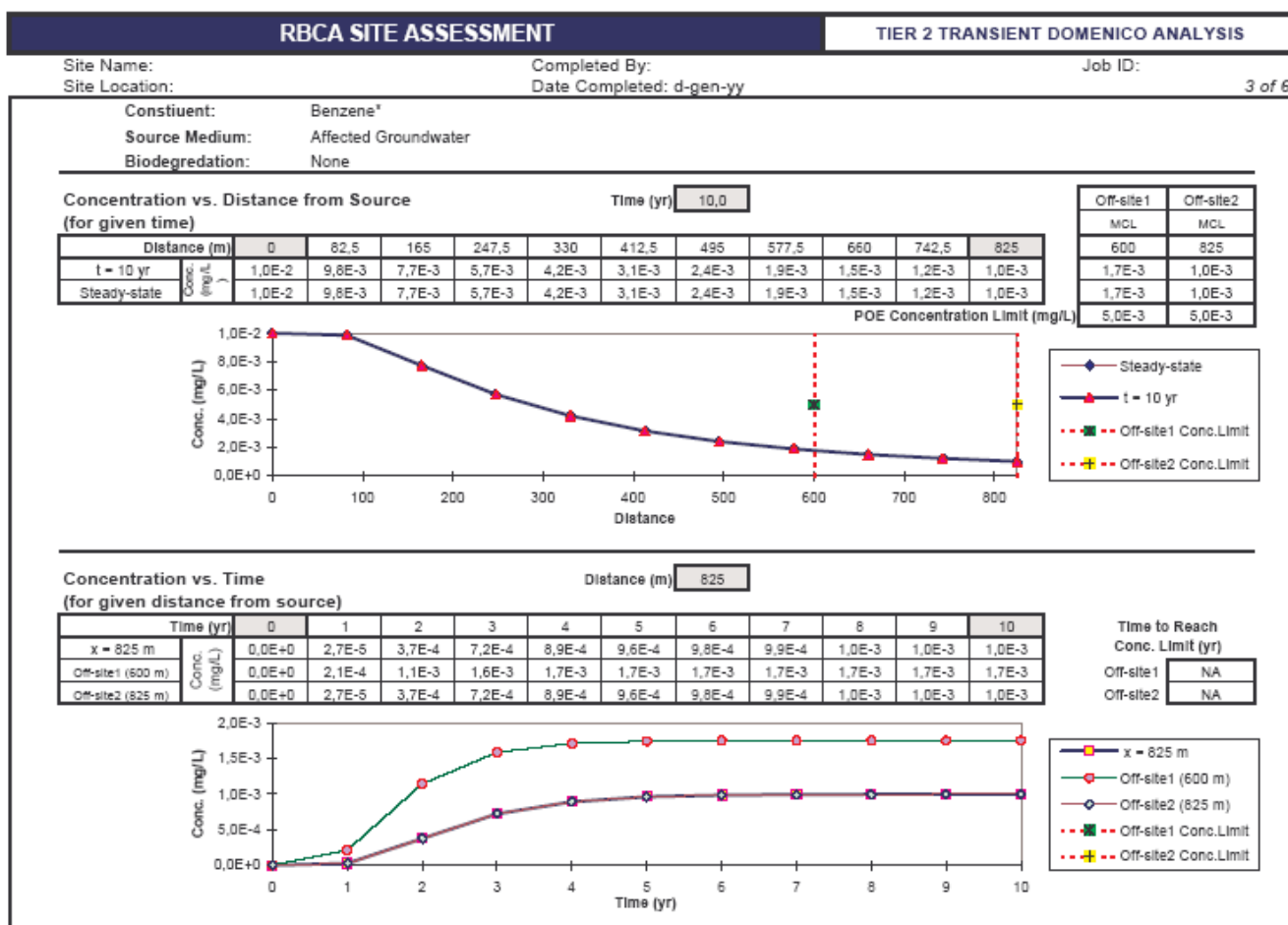
**Fig. 5.5.b: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto n-Esano**



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		27 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		



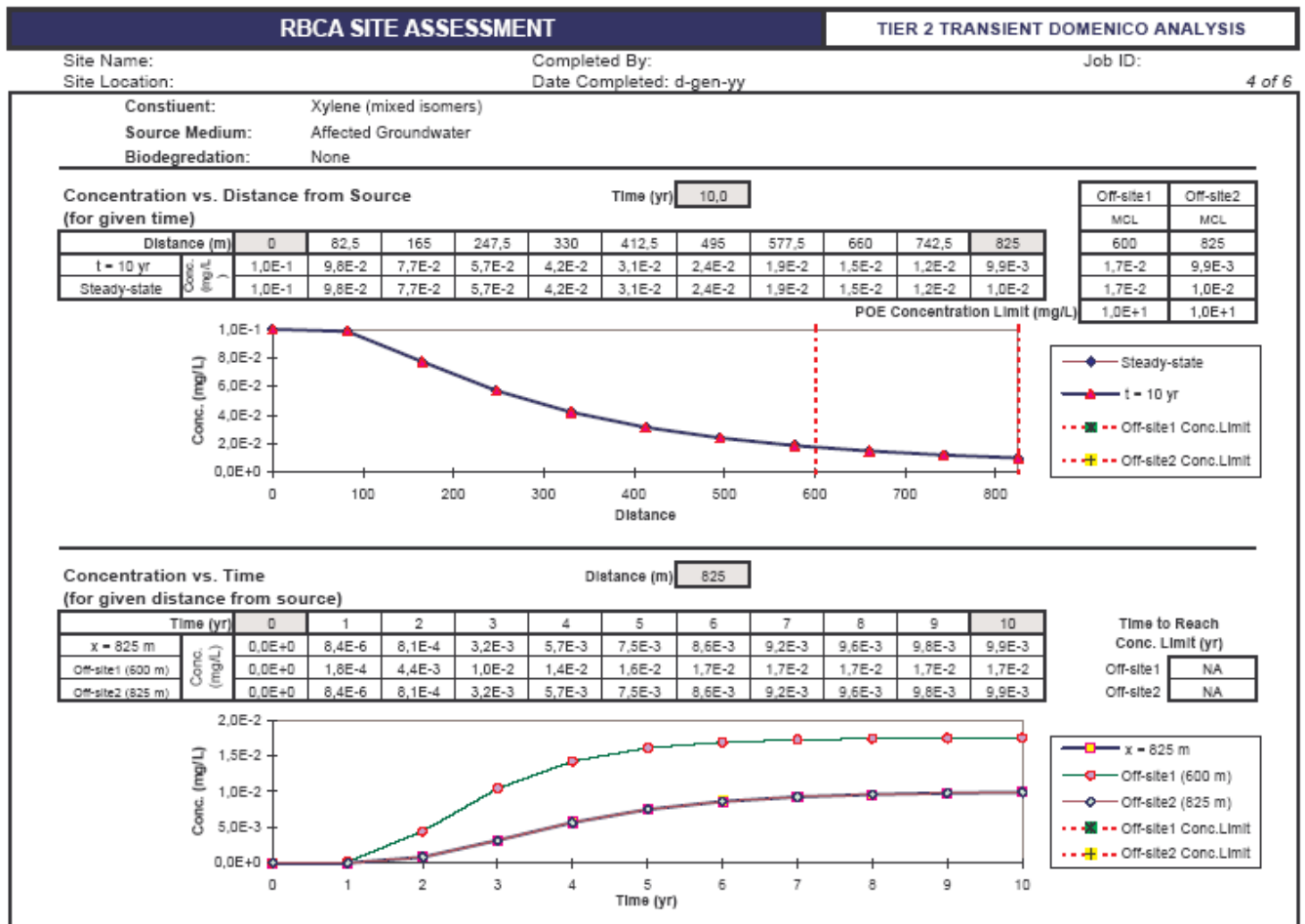
**Fig. 5.5.c: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Benzene**



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	0103.00.BF.LA.13121					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		28 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		



**Fig. 5.5.d: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Xileni (mistura di isomeri)**

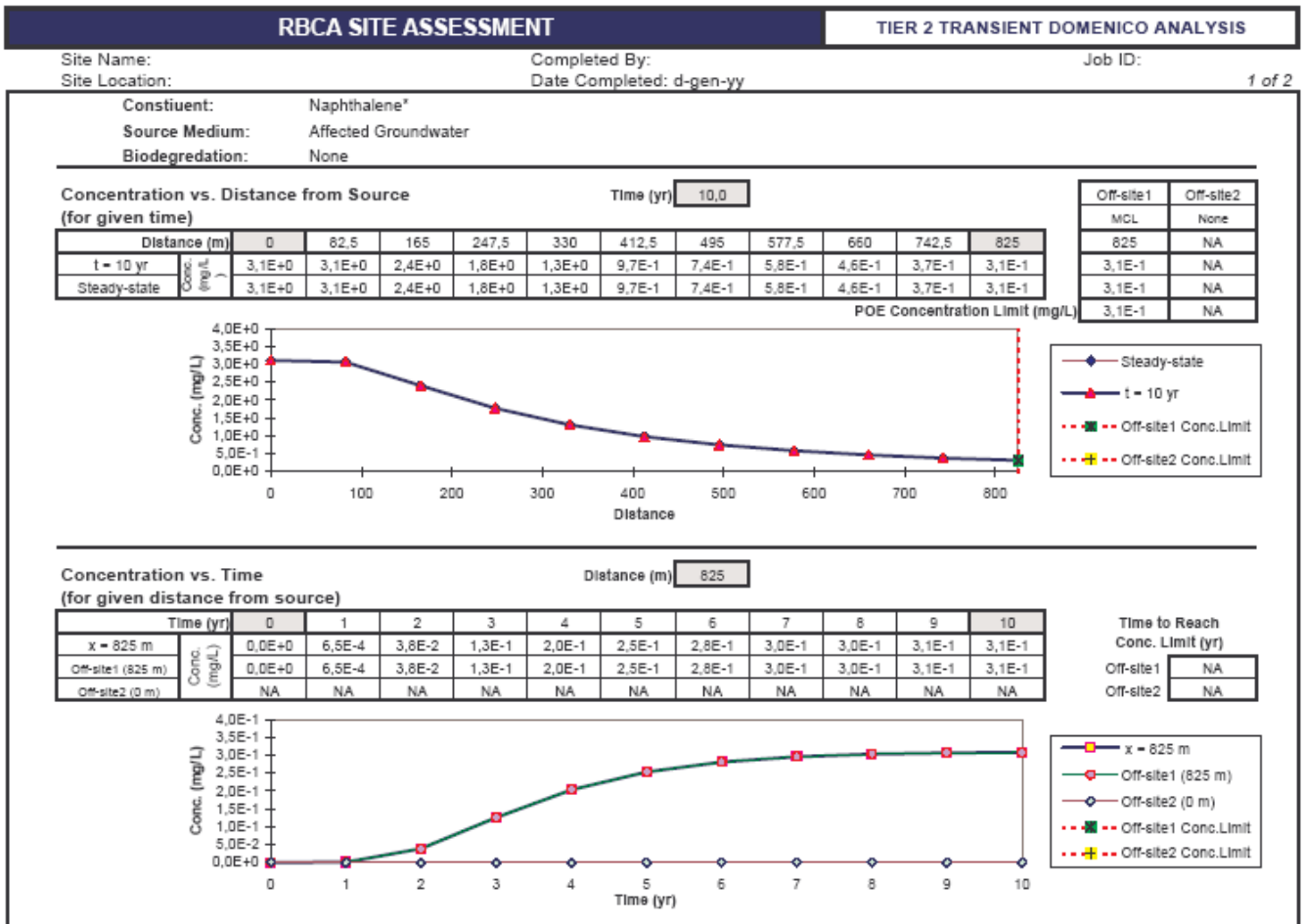


# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>  <b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b> <b>QUADRO AMBIENTALE</b>		Fg. / di			Comm. N°		
		29 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

RBCA Tool Kit for Chemical Releases, Version 1.3b



**Fig. 5.5.e: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Naftalene (Simulazione eseguita per i nuovi valori CSC ottenuti per Naftalene)**



# Stogit

Stoccaggi Gas Italia S.p.A.  
Sede operativa di Crema

Doc. N°	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>	<b>Revisioni</b>					
Settore	<b>CREMA (CR)</b>	0	1	2			
Area	<b>BORDOLANO (CR)</b>	Doc. N°					
Impianto	<b>IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)</b>	<b>0103.00.BF.LA.13121</b>					
<b>Centrale di compressione e trattamento gas</b>		Fg. / di			Comm. N°		
<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE</b>		30 / 30 Cap.5			<b>ST-001</b>		

Site Name
Site Location
C
S
B
Concentration (for given t = 10 Steady-s
Concentration (for given x = 825 Off-site1 (6 Off-site2 (6

**Fig. 5.5.f: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Benzo(a)Antracene**