



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di		Comm. N°			
		1 / 80 Cap.5		ST-001			

QUADRO AMBIENTALE

Capitolo 5

SUOLO-SOTTOSUOLO



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		2 / 80 Cap.5			ST-001		

INDICE

5	Suolo e sottosuolo	3
5.1	Premessa	3
5.2	Stato di fatto preesistente	5
5.2.1	Usso del suolo	5
5.2.2	Pedologia	10
5.2.3	Geomorfologia	14
5.2.4	Geologia	16
5.2.5	Sismica	24
5.2.6	Idrogeologia	26
5.3	Stima e valutazione degli impatti	40
5.3.1	Valutazione dei Rischi Geologici-Idrogeologici	40
5.3.2	Stima e Valutazione degli Impatti (nuova Centrale)	44
5.4	Misure di mitigazione	57
5.5	Verifica della distanza di sicurezza della centrale rispetto al pozzo ad uso idropotabile	60
	BIBLIOGRAFIA	80



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di		Comm. N°			
		3 / 80 Cap.5		ST-001			

5 SUOLO E SOTTOSUOLO

5.1 Premessa

L'analisi dello stato attuale della componente ambientale suolo e sottosuolo è stata effettuata attraverso una ricerca di dati bibliografici relativi ad un'estesa zona intorno all'area di progetto, al fine di inquadrare i caratteri generali relativi all'uso del suolo, alle caratteristiche pedologiche, alla geomorfologia, alla litologia ed all'idrogeologia.

Successivamente, scendendo nel dettaglio del sito di ubicazione della centrale, sono state analizzate le caratteristiche litologiche, geotecniche e stratigrafiche del sottosuolo derivanti dalle indagini di campo svolte per la caratterizzazione sito-specifica delle diverse componenti ambientali.

Al fine di illustrare efficacemente le varie caratteristiche ambientali sono state redatte carte tematiche di dettaglio per l'area vasta di progetto (1:10000).

La cartografia tematica sviluppata per il presente capitolo, allegata allo studio SIA, è rappresentata dalle seguenti tavole:

- ✓ carta dell'uso del suolo (Tavola 5/A),
- ✓ carta geomorfologica (Tavola 5/B),
- ✓ carta litologica e della permeabilità (Tavola 5/C),
- ✓ carta geolitologica e geotecnica (Tavola 5/D),
- ✓ carta idrogeologica (Tavola 5/E),
- ✓ carta dei rischi geologici (Tavola 5/F).

All'interno del presente capitolo vengono dettagliatamente analizzate e descritte le diverse tematiche ambientali mostrate in **Figura 5.1.a**.

Per ciascuna tematica saranno inizialmente descritte lo stato attuale in modo tale da evidenziare lo stato di fatto preesistente l'intervento.

Successivamente verranno valutate le potenziali interferenze dell'opera, quantificando i possibili impatti derivanti dalla fase di costruzione e di esercizio della centrale.

Infine, verranno dettagliatamente discusse e presentate le misure di mitigazione programmabili al fine di annullare i potenziali impatti emersi dallo studio.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		4 / 80 Cap.5			ST-001		

Per le valutazioni inerenti i potenziali impatti legati all'ampliamento delle aree cluster e alla realizzazione del sistema di condotte di collegamento cluster/centrale si rimanda a quanto descritto nel volume II del SIA.

Nell'**Allegato 3** del volume IV sono riportati i risultati delle analisi chimiche eseguite per la caratterizzazione ambientale della componente suolo-sottosuolo:

Allegato 3A: Bollettini analisi chimiche terreni

Allegato 3B: Bollettini analisi chimiche acque sotterranee

Allegato 3C: Stratigrafie dei sondaggi

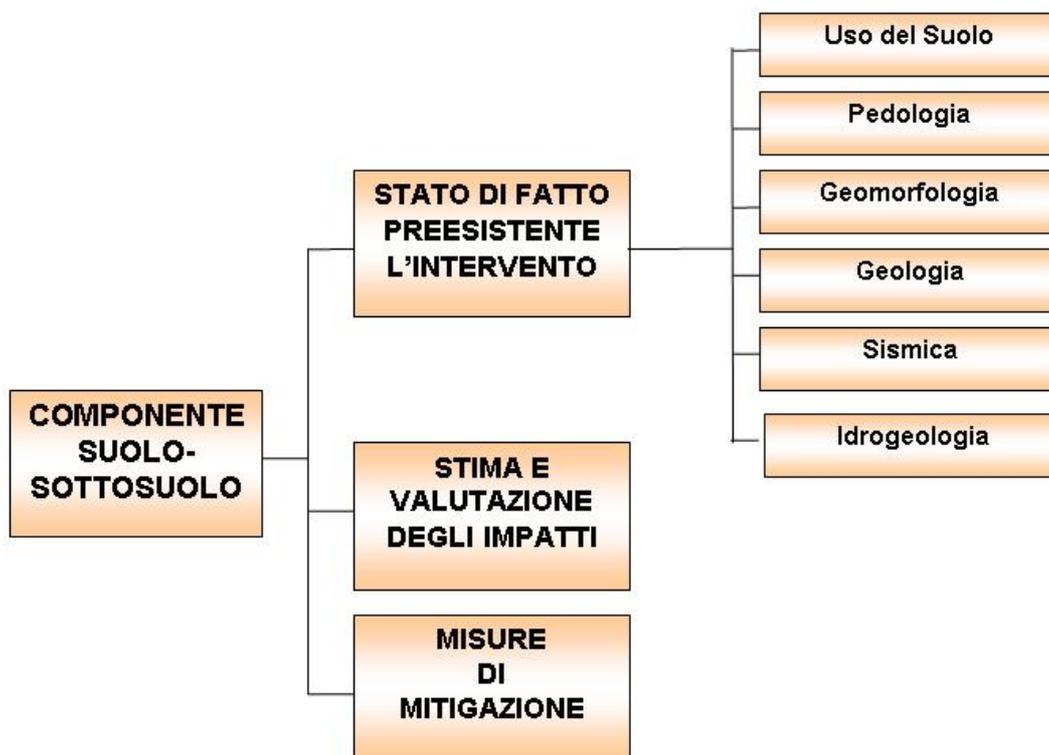


Fig. 5.1.a – Strutturazione del capitolo Suolo-Sottosuolo



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		5 / 80 Cap.5			ST-001		

5.2 Stato di fatto preesistente

Nel seguente paragrafo è descritto, per le diverse componenti in esame, lo stato di fatto preesistente l'intervento, completo delle considerazioni tecniche emerse dagli studi di caratterizzazione ambientale eseguiti per l'area oggetto dello studio.

5.2.1 Uso del suolo

Il territorio in esame è quello tipico della pianura lombarda, caratterizzato da un uso del suolo intensivo, a discapito della vegetazione naturale.

Le aree agricole sono delimitate da un sistema di canali e fossi ad uso irriguo e per il drenaggio dei campi coltivati.

La rete di canali è a tratti segnata da filari e siepi che sono la testimonianza delle sistemazioni fondiari del passato, dove la siepe serviva per l'approvvigionamento del legname.

L'area di studio si caratterizza per la presenza del fiume Oglio, che l'attraversa in senso obliquo da nord-ovest a sud-est, delimitato dalla vegetazione ripariale, costituendo un importante corridoio ecologico in un contesto povero di naturalità..

L'analisi dell'uso del suolo è stata eseguita attraverso l'interpretazione di foto aeree, seguita dalla verifica sul posto.

Le unità individuate, riportate nella cartografia allegata (Carta dell'uso del suolo, **Tavola 5/A**), sono:

Aree agricole

- ✓ seminativo con filari diffusi
- ✓ pioppeti colturali
- ✓ altre legnose agrarie
- ✓ vivai

Aree con vegetazione naturale e seminaturale

- ✓ vegetazione arbustiva e cespuglieti verso forme forestali
- ✓ boschi di latifoglie
- ✓ rimboschimenti recenti
- ✓ alvei fluviali
- ✓ laghi e bacini



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		6 / 80 Cap.5			ST-001		

Aree urbane ed insediamenti produttivi

- ✓ aree urbanizzate e infrastrutture

Di seguito vengono descritte le caratteristiche delle tipologie di uso del suolo riscontrate.

Aree agricole

La principale forma di utilizzazione del terreno agricolo è a seminativo (circa il 90% della superficie agricola utilizzata), seguita dalle foraggere permanenti (circa il 7%) e dalle legnose agrarie, costituite prevalentemente da pioppeti, che occupano circa il 2% del terreno agricolo.

La capacità rigenerante delle aree agricole dipende dalla presenza di elementi quali le siepi, i filari ed i fontanili.

Le siepi arboree e arbustive hanno una grande importanza per la rigenerazione perché sono ambienti a sviluppo nastriforme che favoriscono la formazione di micro-habitat, agevolando la diversità biologica, e che separano i campi agricoli svolgendo la funzione di corridoi ecologici con un buon valore naturalistico.

I prati permanenti sono coltivazioni erbacee fuori avvicendamento che occupano il terreno per alcuni anni e vengono raccolte mediante falciatura. Essi hanno una capacità rigenerante discreta e non producono pressioni sull'ambiente.

Seminativi con filari

Nell'area vi è una netta vocazione agricola legata principalmente alle coltivazioni cerealicole (mais in prevalenza), in misura minore si riscontra anche un uso del suolo destinato alle attività ortive. La persistenza di questa tipologia nell'area in studio è tale per cui si può tranquillamente parlare di matrice ambientale.

Sono seminativi con filari diffusi o più di frequente intercalati da sistemi frammentari di siepi a prevalenza di olmo e acero campestre.

Pioppeti

Sono impianti culturali di *Populus hybrida* piuttosto frequenti nell'area, così come lo sono nella Pianura Padana.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		7 / 80 Cap.5			ST-001		

Colture legnose agrarie

Essendo il cremonese orientato in prevalenza verso le produzioni estensive, questi impianti ricoprono una superficie assai esigua; si tratta di frutteti di melo e pero e più raramente di actinidia.

Aree con vegetazione naturale e seminaturale

Aree boschive e vegetazione ripariale

Si tratta di formazioni boschive presenti in prevalenza lungo i corsi d'acqua (fiume Oglio e fiume Strone) o lungo i canali ed i fossi. Queste sono costituite principalmente da specie arboree di pioppo nero, salice bianco e robinia che hanno un'importante funzione ecologica all'interno di paesaggi prevalentemente agricoli come l'area in studio, rivestendo il ruolo di veri e propri corridoi ecologici per la fauna, la quale qui vi staziona, vi transita e vi si riproduce.

Corsi d'acqua e canali

I corsi d'acqua più importanti nell'area indagata sono il fiume Oglio e il fiume Strone. Entrambi si presentano con tratti a buona naturalità, sia per la densità vegetativa di tipo riparia che ricopre i loro argini, sia per la vegetazione idrofittica presente nelle loro acque.

Purtroppo tale valore importante di naturalità spesso viene a sfumare durante il periodo estivo, quando, soprattutto lungo l'Oglio, abbondano le captazioni d'acqua per l'irrigazione delle colture cerealicole. Questo fenomeno comporta di frequente (anche durante l'estate scorsa) la preoccupante diminuzione del flusso lungo il corso d'acqua e la conseguente fluttuazione del livello della falda.

Rimboschimenti

Si tratta di rimboschimenti di impianto recente a prevalenza di latifoglie. Ricoprono un'esigua superficie all'interno dell'area in studio.

Aree urbane ed insediamenti produttivi

All'interno di questa tipologia rientrano tutti gli abitati, le zone produttive e le infrastrutture.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		8 / 80 Cap.5			ST-001		

Sono tipici della zona gli insediamenti di tipo rurale, composti da gruppi di poche case sparse per la campagna, che in origine rispondevano alla necessità della popolazione agricola di risiedere sopra o nelle immediate vicinanze dei terreni da coltivare.

La netta prevalenza del settore agricolo, durata fino ad epoca recente e le modeste necessità degli agricoltori non hanno favorito, di conseguenza, la creazione e lo sviluppo di grandi centri con spiccate caratteristiche industriali e commerciali.

5.2.1.3 Uso del suolo nell'area di sviluppo del progetto

L'area di sviluppo del progetto è attualmente ad uso seminativo con qualche filare lungo i canali e le rogge che segnano il territorio.

L'agglomerato urbano di Bordolano è localizzato a NE dell'area di studio; nel resto del territorio ci sono alcune cascine distanti circa 500-600 m dal perimetro della centrale.

In **Figura 5.2.1.a** è mostrata una foto da satellite dove si evidenziano gli insediamenti abitativi ed agricoli nel diretto intorno della zona che ospiterà la nuova centrale.

Inoltre viene mostrato un particolare fotografico dell'uso del territorio circostante l'area di progetto e la visuale da cui è stata acquisita la foto.

Le diverse aree oggetto del presente studio sono ubicate all'interno della zona agricola "E" come indicato nel P.R.G. del comune di Bordolano.



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		9 / 80 Cap.5			ST-001		



Fig. 5.2.1.3.a – Area di costruzione della nuova centrale STOGIT e particolare fotografico



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		10 / 80 Cap.5			ST-001		

5.2.2 Pedologia

CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE AREA VASTA

Nei territori della pianura, l'attività agricola si sovrappone in modo determinante ai fattori naturali di pedogenesi (tempo, clima, substrato e morfologia delle superfici), producendo il rimescolamento dell'orizzonte superficiale e di parte degli orizzonti diagnostici, ed in numerosi casi realizzando la sepoltura del profilo originario con lavori di livellamento.

I suoli presenti sul livello fondamentale della pianura hanno normalmente subito processi pedogenetici per tempi significativamente più lunghi rispetto ai suoli delle pianure oloceniche, e ciò ha consentito la lisciviazione delle basi di scambio (soprattutto Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+) dagli orizzonti superficiali e la formazione di un accumulo di argille sotto l'orizzonte arato, tipico dei suoli appartenente all'ordine Alfisol.

Il ferro liberato dall'alterazione del sedimento di origine si trova per lo più legato al complesso argillo-umico e conferisce all'orizzonte argilloso caratteristiche colorazioni bruno rossastre, mentre i carbonati sono stati rimossi dall'orizzonte superficiale e talora si accumulano in profondità con formazione dell'orizzonte calcico.

CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE AREA DI SVILUPPO DEL PROGETTO

Al fine di analizzare le caratteristiche pedologiche dell'area oggetto dello studio, sono stati prelevati e analizzati 5 campioni di suolo rappresentativi dell'orizzonte superficiale di interesse agrario in corrispondenza dei sondaggi realizzati all'interno dell'area che ospiterà la centrale ed indicati con le sigle s2, s5, s6 e s8. I campioni di suolo sono stati prelevati ad una profondità variabile da piano campagna.

L'ubicazione dei punti di prelievo è riportata nella successiva **Figura 5.2.4.2.a**. La stratigrafia dei sondaggi è riportata in **Allegato 3C**.

In corrispondenza del sondaggio s5 sono stati raccolti due campioni rappresentativi degli orizzonti 0,0-0,30 m e 0,30-1,0 m. Negli altri sondaggi il campione prelevato è rappresentativo solo dello strato 0,0-0,30 cm.

In **Allegato 3A** sono riportati i bollettini analitici, mentre in **Tabella 5.2.2.a** sono riassunti i risultati delle analisi. Nella tabella sono riportate anche le concentrazioni limite previste in tabella 1, Allegato 5, del DLgs 152/06.

Dai campioni prelevati emerge che il contenuto granulometrico percentuale è (**Figura 5.2.2.a**):

✓ scheletro <0,1 a 0,4%,



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		11 / 80 Cap.5			ST-001		

- ✓ sabbia varia da un minimo del 36 al massimo di un 53%,
- ✓ limo varia da un minimo di 25 ad un massimo del 40%,
- ✓ argilla varia da un minimo del 20 ad un massimo del 27%.

I risultati delle analisi chimiche evidenziano quanto segue:

- ✓ il pH è variabile da 6,2 a 7,05, risultando pertanto tendenzialmente neutro;
- ✓ la capacità di scambio cationico è media, compresa nel range 16,6-22,1 meq/100 grammi, direttamente dipendente dal contenuto di minerali argillosi nel terreno,;
- ✓ il contenuto di carbonio organico è compreso nel range 0,5-1,4% (0,005-0,014);
- ✓ l'azoto ammoniacale varia da 5 al 16,9 mg/kg;
- ✓ Il fosforo totale ha concentrazioni comprese nel range 308-598 mg/kg;
- ✓ il contenuto di metalli pesanti nei terreni risultano inferiori ai limiti previsti per un uso residenziale a verde secondo CSC (concentrazioni Soglia di Confronto) previste nella tabella 1 dell'Allegato 5 del DLgs 152/06;
- ✓ i microinquinanti organici aromatici ricercati (BTEX) risultano in concentrazioni inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale o in basse concentrazioni, inferiori ai limiti previsti per un uso agricolo/residenziale del suolo.



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		12 / 80 Cap.5			ST-001		

Comparazione analisi del 15/11/06

Committente: SNAMPROGETTI S.p.A.

Attività: 605515

Campioni trovati: 15

Tipo analisi: Terreni D.Lgs 152/2006 Tabella 1 All. 5 (ex D.M. 471/1999, Tabella 1 All. 1)

Normativa: DLgs 152/06 All 5 Tab 1 (suoli)

Denominazione	U. M.	Terreno S6	Terreno S8	Terreno S5	Terreno S2	Terreno S5	LR	DLgs	DLgs 152/06	Metodo
		sup	sup	sup 0-3	sup 0-3	sup II		152/06 All	All 5 Tab 1	
Cod Attività		605515	605515	605515	605515	605515		5 Tab 1	All 5 Tab 1	
Data		30-ott-06	30-ott-06	30-ott-06	30-ott-06	30-ott-06				
Parametro	U. M.	605515-011	605515-012	605515-013	605515-014	605515-015		Res Verde	Com-Ind	
pH	unità pH	6,2	6,24	7,05	6,17	7,05	0,01			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met III.1
Scheletro	% s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,4	0,1			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met II.1
GRANULOMETRIA (3 frazioni)		--	--	--	--	--				-
Sabbia	% s.s.	40	36	40	38	53	1			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met II.6
Limo	% s.s.	40	37	40	38	25	1			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met II.6
Argilla	% s.s.	20	27	20	24	22	1			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met II.6
Azoto ammoniacale (come N)	mg/Kg s.s.	16,9	4,7	5,8	5,7	5	0,2			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XIV.8
Azoto inorganico (come N)	mg/Kg s.s.	19	12	7	6	6	1			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XIV.6
Azoto totale (come N)	% s.s.	0,1	0,07	0,12	0,16	0,05	0,005			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met VII.1
Fosforo totale (come P)	mg/Kg s.s.	485	308	535	598	418	0,6			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XV.1
Capacità di scambio cationico (CSC)	meq/100 g s.s.	19,2	20,6	20,1	22,1	16,6	2			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XIII.2
Carbonio organico (come C)	% s.s.	0,87	0,52	1,06	1,47	0,43	0,005			DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met VII.3
METALLI		--	--	--	--	--				-
Arsenico	mg/Kg s.s.	8	17	11	17	13	1	20	<u>50</u>	EPA 3051A 1998 + EPA 8010C 2000
Bario	mg/Kg s.s.	92,2	136	176	124	134	0,5			EPA 3051A 1998 + EPA 8010C 2000
Cromo esavalente	mg/Kg s.s.	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	2	<u>15</u>	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1996
Mercurio	mg/Kg s.s.	0,0356	0,027	0,0516	0,0451	0,0258	0,0005	1	<u>5</u>	EPA 7473 1998
Nichel	mg/Kg s.s.	13,5	19,6	15,5	18	17,7	0,5	120	<u>500</u>	EPA 3051A 1998 + EPA 8010C 2000
Piombo	mg/Kg s.s.	12	10	13	13	9	1	100	<u>1000</u>	EPA 3051A 1998 + EPA 8010C 2000
Rame	mg/Kg s.s.	12,8	15,7	15,1	16,4	14,4	0,5	120	<u>800</u>	EPA 3051A 1998 + EPA 8010C 2000
Zinco	mg/Kg s.s.	34,9	37,3	40,9	41,4	38,4	0,5	150	<u>1500</u>	EPA 3051A 1998 + EPA 8010C 2000
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		--	--	--	--	--				-
Benzene	mg/Kg s.s.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	0,1	<u>2</u>	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene (A)	mg/Kg s.s.	0,007	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	0,5	<u>50</u>	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Stirene (B)	mg/Kg s.s.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	0,5	<u>50</u>	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene (C)	mg/Kg s.s.	0,009	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	0,5	<u>50</u>	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Xilene (D)	mg/Kg s.s.	0,04	0,031	0,013	0,014	0,005	0,005	0,5	<u>50</u>	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Sommatoria organici aromatici (A,B,C,D)	mg/Kg s.s.	0,056	0,031	0,013	0,014	0,005	0,005	1	<u>100</u>	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996

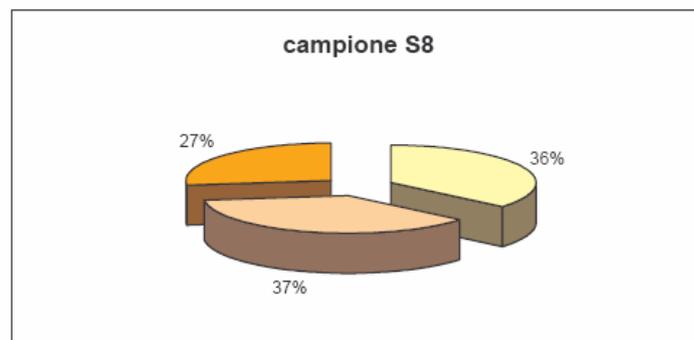
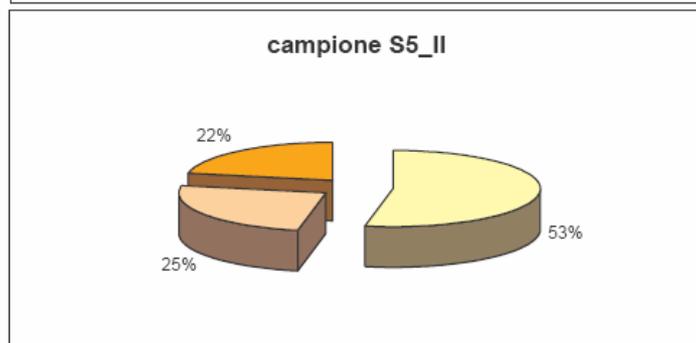
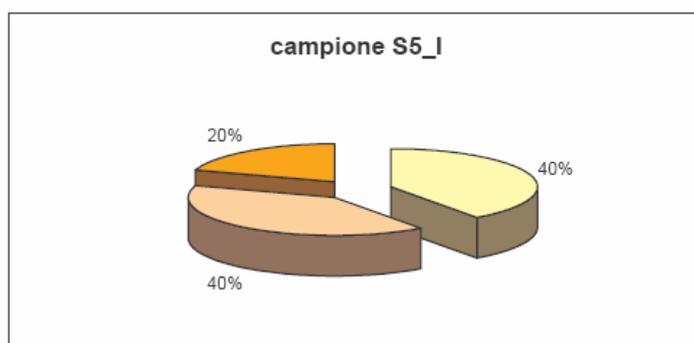
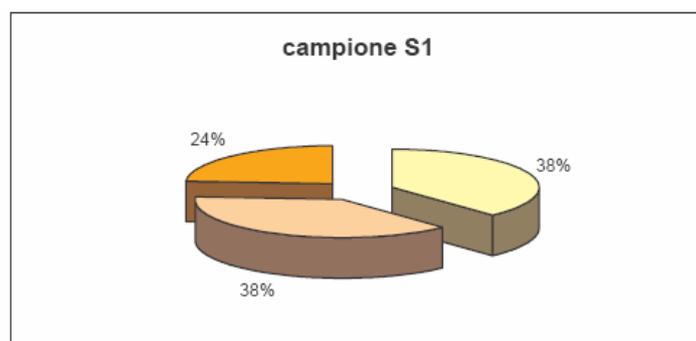
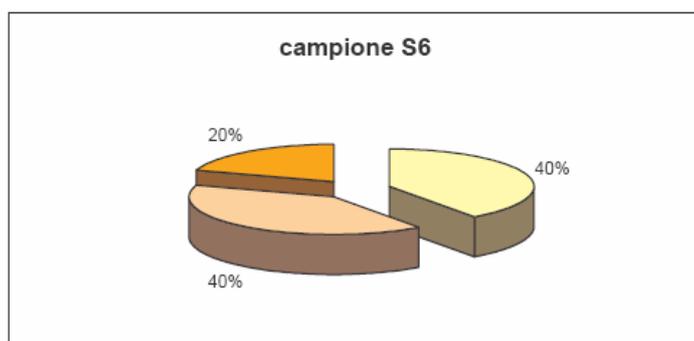
Tab. 5.2.2.a – Risultati analitici campioni superficiali dei terreni



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		13 / 80 Cap.5			ST-001		



- sabbia
- Limo
- Argilla

Fig. 5.2.2.a – Percentuali delle diverse classi granulometriche



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		14 / 80 Cap.5			ST-001		

5.2.3 Geomorfologia

5.2.3.1 Inquadramento geomorfologico area vasta

Il territorio esaminato appartiene alla pianura lombarda, il cui substrato è rappresentato da un complesso di depositi alluvionali, fluviali e fluvioglaciali, di età olocenico-pleistocenica, nella quale si distinguono due unità fisiografiche principali, situate a quote medie differenti, da qualche metro fino ad oltre una decina di metri:

- il “livello fondamentale della pianura”, che rappresenta la parte distale degli apparati fluvioglaciali pleistocenici, e
- le “valli attuali”, che hanno inciso per erosione fluviale, più o meno profondamente, la superficie del livello fondamentale della pianura.

Il livello fondamentale della pianura viene generalmente suddiviso in tre settori: l’alta pianura, caratterizzata da morfologia acclive (con pendenze generalmente superiori al 4-5‰) e presenza di sedimenti grossolani; la media pianura, compresa tra le linee superiore ed inferiore dei fontanili, a debole e uniforme immersione verso Sud e Sud-est, e pendenze comprese tra il 4-5‰ e l’1‰; la bassa pianura, a sud della linea inferiore dei fontanili, a morfologia piatta e uniforme, che si estende fino al corso del Po.

Il territorio di studio (**Tavola 5/B**) rientra nella media pianura e nella bassa pianura, il cui limite si situa grosso modo a sud dell’Oglio. La media pianura ha una topografia subpianeggiante, con pendenze generalmente intorno al 3‰ e debole inclinazione verso S. La bassa pianura, a sud dell’Oglio, ha pendenze medie intorno all’1‰ ed inclinazione verso ESE.

La morfologia attuale può essere messa in relazione con i processi di formazione dei grandi conoidi alluvionali del margine alpino, coalescenti verso il depocentro padano, di età pleistocenica (Marchetti 1992). Il territorio di studio rappresenterebbe la parte distale dei conoidi alluvionali. Tracce di paleo-idrografia sono frequenti sul livello fondamentale della pianura, in particolare nell’alta pianura, e rappresentano generalmente piccoli corsi d’acqua secondari (Marchetti, 2000). Ad est di Soresina è presente un paleo-alveo dell’Oglio, ad ampi meandri, attivo in periodo glaciale, e ripreso probabilmente da deflussi di minore entità durante l’Olocene, che portarono localmente alla formazione di depositi torbosi (Castiglioni G.B. *et al.*, 2001).

La valle dell’Oglio attraversa centralmente il territorio di studio, con andamento dapprima grosso modo meridiano e successivamente, ad est di Genivolta, NO-SE. La valle ha una tipica forma a cassetta, delimitata da ripide scarpate, alte una decina di m sul fondovalle, in cui si riconoscono più ordini di terrazzi che incidono il livello fondamentale della pianura e scendono verso l’asse vallivo. L’alveo dell’Oglio è prevalentemente di tipo



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		15 / 80 Cap.5			ST-001		

unicursale, da sinuoso a meandriforme, con rare barre longitudinali e più frequenti barre laterali, situate preferenzialmente nei tratti curvilinei. Un alveo di tipo pluricursale, a due o tre canali, caratterizza un breve tratto del percorso fluviale nel settore settentrionale del territorio di studio, a nord di Barco.

L'osservazione della cartografia dell'ultimo secolo pubblicata dalla regione Lombardia (Banche dati S.I.T.–Basi ambientali della pianura–Idrologia) che riporta le differenti posizioni occupate dal corso d'acqua dal 1880 fino ad oggi, consente di ricavare alcune tendenze evolutive della dinamica fluviale.

Il tratto fluviale compreso tra il limite settentrionale del territorio di studio ed Azzanello risulta caratterizzato da una tendenza alla divagazione all'interno di una ampia fascia, con migrazione della linea di sponda fino a 500 m. A sud di Villagrana si è verificato il taglio di un ampio meandro presente a nord dell'alveo attuale. In tale tratto si osserva inoltre una moderata riduzione della larghezza dell'alveo.

Nel percorso fluviale compreso tra Azzanello e Bordolano la tendenza prevalente appare essere un leggero aumento della sinuosità, mentre il tratto finale, da Bordolano fino al limite orientale del territorio di studio, è caratterizzato da una sostanziale stabilità dell'alveo, con migrazioni della linea di sponda nell'intorno di 100-200 m al massimo.

Per quanto riguarda le infrastrutture più rilevanti ai fini dell'indagine, il territorio di studio è attraversato dalle linee ferroviarie Brescia–Cremona e Crema–Cremona e, per un breve tratto verso il margine sud–orientale, dall'Autostrada A21 Piacenza–Brescia.

Si segnalano inoltre le strade provinciali SP235 Crema–Brescia, SP 498 nel percorso tra Soncino e Casalmorano, SP 668 nel percorso tra Orzinuovi e Montichiari.

Tutte queste infrastrutture sono localizzate, tranne un breve tratto della SP 668, sul livello fondamentale della pianura.

5.2.3.2 Inquadramento geomorfologico area di sviluppo del progetto

L'area di sviluppo del progetto è situata nella bassa pianura. La superficie morfologica, sostanzialmente pianeggiante, con acclività media inferiore al 2 ‰, ha debole inclinazione verso ESE. Le quote medie si aggirano intorno ai 62-63 m s.l.m.

Circa 300 m a nord del limite settentrionale dell'area della nuova centrale si trova l'orlo della scarpata che delimita la valle dell'Oglio. Il dislivello tra il livello fondamentale della pianura ed il fondovalle è nell'area di oltre una quindicina di metri.

I canali che attraversano l'area della centrale hanno direzioni medie prevalentemente E-O, e defluiscono da ovest verso est.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		16 / 80 Cap.5			ST-001		

5.2.4 Geologia

5.2.4.1 Inquadramento geologico area vasta

GEOLOGIA DI SUPERFICIE

I terreni che affiorano nell'area di studio sono costituiti da formazioni di età quaternaria.

I depositi fluviali e fluvioglaciali del Pleistocene superiore, a granulometria prevalentemente sabbiosa, con sottili lenti limose e livelli ghiaiosi, che occupano il livello fondamentale della pianura, sono i più estesi (fg^{wr}, Diluvium Recente, del foglio n. 46, Treviglio; fg^w, Wurm dei fogli n. 47 Brescia e n. 60 Piacenza, f^w del foglio n. 61, Cremona, della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000).

Nei settore centrale, in cui scorre l'Oglio, affiorano depositi alluvionali di età Olocenica, formati da sedimenti sabbioso-limosi (a¹ e a² dei fogli n. 46, Treviglio, n. 60 Piacenza, e n. 61 Cremona).

La **Tavola 5/C** mostra la litologia dei depositi in affioramento e le loro caratteristiche di permeabilità. Le unità individuate sono:

Unità ghiaioso-sabbiosa

Comprende i depositi fluviali e fluvioglaciali a granulometria grossolana del Pleistocene superiore e medio. Si può suddividere in due unità informali differenziate da un punto di vista litologico, la superiore, prevalentemente ghiaiosa, l'inferiore, prevalentemente sabbiosa.

Unità prevalentemente ghiaiosa

Costituita da depositi alluvionali recenti (Olocene) nella valle del Serio e da depositi fluvio-glaciali di età Wurmiana (Pleistocene superiore e medio) nel livello fondamentale della pianura. I sedimenti sono rappresentati da ghiaie e sabbie, con intercalazioni di limi e argille, generalmente rare negli orizzonti superiori e più frequenti verso la base della successione.

Unità prevalentemente sabbiosa

Formata da depositi di origine glaciale e fluvio-glaciale, riferibili al Mindel-Riss dell'alta pianura, di età Pleistocene medio. Si tratta di sedimenti prevalentemente sabbiosi, con intercalazioni argilloso-limose e ghiaiose. Nell'alta pianura il limite inferiore della



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		17 / 80 Cap.5			ST-001		

sequenza è formato dalla successione dei conglomerati del Ceppo che ricoprono e incidono i depositi villafranchiani.

Unità sabbioso–argillosa

Sono depositi di origine ancora continentale, principalmente deltizio-lagunare, e transizionale, di età Pleistocene inferiore (Villafranchiano). Si tratta di limi e argille di colore grigio, di potenza spesso decametrica, di colore da giallo a grigio, con frequente presenza di torbe e con subordinate intercalazioni di sabbie e più rare ghiaie.

Unità argillosa

Si tratta di depositi di origine marina, marino-marginale e di mare aperto, di età Pleistocene inferiore. Sono formati da argille, con rare intercalazioni sabbiose.

GEOLOGIA DEL SOTTOSUOLO

La geologia del sottosuolo della pianura cremonese è conosciuta soprattutto in base ai numerosi sondaggi profondi eseguiti dall'Agip a partire dagli anni '50 per la ricerca di idrocarburi e alle perforazioni di pozzi per lo sfruttamento delle acque sotterranee contenute negli acquiferi dei depositi alluvionali.

La successione stratigrafica qui ricostruita si basa sullo "Studio idrogeologico della provincia di Cremona" (1992), e riguarda l'intervallo Olocene–Pleistocene, corrispondente grosso modo ad uno spessore di circa 200 metri. Le suddivisioni stratigrafiche adottate hanno carattere informale.

Alluvioni recenti e terrazzate

Comprendono i depositi fluviali e fluvio-glaciali Olocenici e del Pleistocene superiore e medio delle valli attuali e del livello fondamentale della pianura. Sono costituiti prevalentemente da sabbie ghiaie, con subordinate intercalazioni di limoso - argillose.

Depositi fluvio - glaciali indifferenziati

Formata da depositi di origine glaciale e fluvio – glaciale, di età Pleistocene medio. Si tratta di limi e argille con intercalazioni frequenti di sabbie e ghiaie.

Argille, limi e torbe (Villafranchiano)

Si tratta di limi e argille di colore grigio, di potenza spesso decametrica, con rare intercalazioni di sabbie e ghiaie. Sono depositi di origine principalmente deltizio-lagunare, e transizionale, di età Pleistocenica.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		18 / 80 Cap.5			ST-001		

Sabbie di Asti

Si tratta di sedimenti prevalentemente fini, limoso-sabbiosi, con presenza di livelli cementati. Sono depositi di origine marina e marino-marginale, di età Pliocene-Pleistocene.

5.2.4.2 Inquadramento geologico-geotecnico sito-specifico

I depositi fluviali e fluvio-glaciali olocenico-pleistocenici affioranti nel territorio di studio sono costituiti da sabbie ghiaiose e sabbie limose, con intercalazioni di limi e di ghiaie di modesto spessore e di minore continuità laterale.

Sulla base dei dati derivati dalla carta litologica delle Basi Informative Ambientali della Pianura del S.I.T. della Regione Lombardia, nella carta geolitologica e geotecnica sono state cartografate le aree di affioramento dei sedimenti a dominante ghiaiosa, sabbioso-ghiaiosa, sabbioso-limosa e limosa.

La carta litologica del S.I.T. è stata realizzata con le informazioni raccolte durante il rilevamento della carta dei suoli della Lombardia, attraverso l'esecuzione di profili e trivellate dei terreni superficiali fino ad una profondità di 2 m dal p.c.

L'esame della carta mette in luce che nel livello fondamentale della pianura si ha una progressiva riduzione della granulometria dei sedimenti. I depositi a predominanza ghiaiosa, intercalati a sabbie, sono limitati al settore a nord dell'Oglio (sponda sinistra). Nel settore meridionale prevalgono sedimenti sabbioso-limosi, con intercalazioni di sabbie ghiaiose. Anche la frequenza dei sedimenti a dominante limosa aumenta progressivamente da nord verso sud.

Nella valle dell'Oglio i depositi ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi sono frequenti fino ad Azzanello, a sud del quale prevalgono nettamente le sabbie limose.

CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Le attività di caratterizzazione geologico-geotecnica sono consistite nella realizzazione, dal 18/10 al 30/10/2006, di una campagna geognostica nel corso della quale sono stati eseguiti:

- n. 8 sondaggi geognostici a carotaggio continuo realizzati all'interno dell'area che ospiterà la centrale, dei quali 1 profondo circa 30 m, completato a piezometro, e 7 profondi ca. 20 m (le stratigrafie sono riportate in **Allegato 3C**);



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		19 / 80 Cap.5			ST-001		

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo realizzati in corrispondenza di ciascuna delle due aree *cluster* (A e B) spinti alla profondità di ca. 15 m, completati successivamente a piezometro (le stratigrafie sono riportate in **Allegato 3C**). I due piezometri sono stati utilizzati per ricostruire la piezometria di dettaglio della zona di studio;
- n. 8 prove penetrometriche statiche (CPT) ed esecuzione di una prova *down hole*;
- n. 2 misure di conducibilità termica.
- prelievo di campioni indisturbati in fustella metallica ed esecuzione di prove di laboratorio geotecnico.

Le diverse attività di caratterizzazione geologica e geotecnica sono state ampiamente discusse all'interno della seguente documentazione tecnica di progetto:

- Relazione Geologica: STOGIT 0103.00.BARV.33131;
- Relazione Geotecnica: STOGIT 0103.00.BARV.33132.

La campagna geognostica ha avuto la finalità di acquisire informazioni sito-specifici utili sia alla ricostruzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni e all'acquisizione di altri parametri utili alla progettazione che alla ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche e qualitative dei terreni.

L'ubicazione dei sondaggi all'interno dell'area che ospiterà la centrale di compressione è mostrata nella planimetria di **Figura 5.2.4.2.a1**; nella **Figura 5.2.4.2.a2** è mostrata l'ubicazione dei piezometri PzA e PzB all'interno delle due aree cluster esistenti.

Durante la perforazione dei sondaggi sono state realizzate 2 prove SPT (*Standard Penetration Test*) su ciascun sondaggio a profondità variabili, ma comprese nella prima decina di metri dal p.c.

Sulle carote estratte sono stati prelevati campioni rappresentativi per analisi di laboratorio chimico e geotecnico, finalizzati alla caratterizzazione della componente suolo-sottosuolo.

La successione stratigrafica dell'area della centrale, sostanzialmente uniforme, è costituita da depositi alluvionali a granulometria sabbiosa prevalente, in cui i termini più marcatamente fini o grossolani diventano predominanti a seconda della vicinanza dei sondaggi all'attuale corso del fiume Oglio e in funzione dei diversi cicli deposizionali caratteristici dell'ambiente fluviale.

Schematizzando, dall'alto verso il basso è possibile riconoscere la seguente successione litostratigrafica:



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		20 / 80 Cap.5			ST-001		

- deposito a componente limosa predominante: questa litofacies è stata riscontrata con continuità in tutti i sondaggi realizzati all'interno dell'area dove sorgerà la centrale e fino ad una profondità di ca. 1 m dal p.c.;
- deposito a componente sabbiosa predominante in matrice limosa, fino a profondità variabile da ca. 10,3 (s1) a ca. 12,5 m dal p.c. (s2);
- strato a componente fine predominante costituito da limo e sabbia finissima con argilla, di spessore variabile da un metro a circa 3 m. Questo strato risulta assente nel sondaggio s8 dove si riduce a sottili livelli limosi e limo-argillosi a profondità di ca. 11 m dal p.c.;
- deposito a componente sabbiosa predominante: la sabbia, da fine a media in matrice limosa, torna ad essere predominante fino alla massima profondità di investigazione.

Nei due sondaggi PzA e PzB, la parte sommitale del deposito è costituita da sedimenti a granulometria tendenzialmente più grossolana.

Le indagini eseguite sono state adeguate sia alle problematiche imposte dalla progettazione della centrale del campo di stoccaggio gas di Bordolano, sia al contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico sito-specifico.

Come evidenziato nella relazione geologica citata, dalle indagini eseguite non sono emersi particolari impedimenti geologici che possano pregiudicare la realizzazione dell'opera.

Il substrato è costituito da terreni sufficientemente competenti per quanto in progetto e l'area non risulta gravata da processi geomorfici attivi, quiescenti o inattivi in grado di interessare o inficiare la sicurezza della struttura. Tutta l'area si presenta manifestamente stabile. Inoltre il territorio in oggetto è caratterizzato da una modesta sismicità con terremoti attesi di medio-bassa intensità.

Da un punto di vista geologico l'intervento in progetto risulta dunque perfettamente fattibile.

Un problema può essere la bassa soggiacenza della falda, generalmente compresa tra 4-5 m nell'area di costruzione della centrale.

Per gli scavi più profondi, tipo quelli previsti per i serbatoi, potrà rendersi necessario in fase esecutiva l'abbattimento della falda con idonei sistemi di pompaggio (es.: well point). In questi casi le strutture sotto falda andranno verificate a galleggiamento.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni				
Settore	CREMA (CR)	0	1			
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°				
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121				
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di		Comm. N°		
		21 / 80 Cap.5		ST-001		

Per quello che riguarda la roggia Bordolana, dalla relazione geologica emerge la necessità di traslare l'attuale tracciato fuori dall'area di imposta dell'impianto così da non doverne prevedere il tombinamento.

Per la natura dei terreni attraversati lungo il suo tracciato, prevalentemente sabbiosi e facilmente erodibili, la roggia necessita di interventi di pulizia/manutenzione abbastanza frequenti. Per questo è stata consigliata la realizzazione della variante in trincea a cielo aperto, analogamente a quella esistente, così da non creare ostacoli a questa attività di manutenzione. Inoltre il tracciato della variante necessariamente attraverserà terreni sabbiosi altamente permeabili. Onde evitare problemi di tenuta idraulica delle sponde è stato consigliato di rivestirne l'alveo o di impermeabilizzarne il fondo e le sponde.

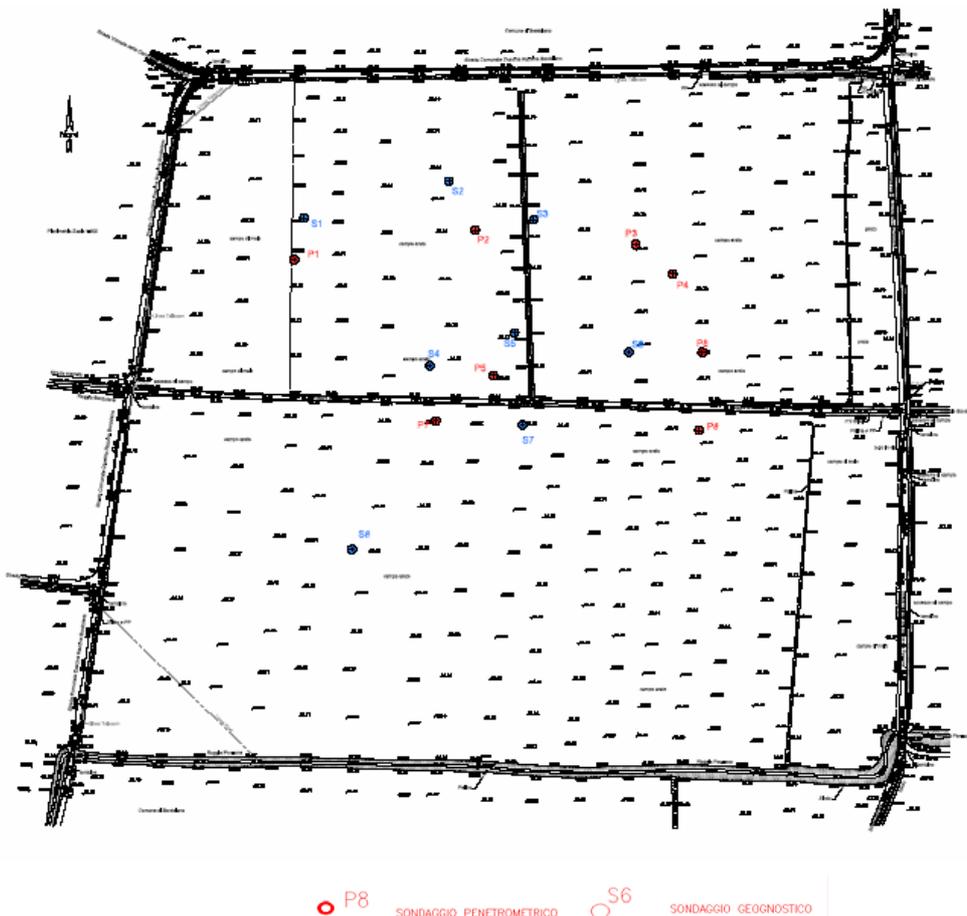


Fig. 5.2.4.2.a1 – Ubicazione delle indagini realizzate all'interno dell'area che ospiterà la Centrale di stoccaggio



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni			
Settore	CREMA (CR)	0	1		
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°			
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121			
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di		Comm. N°	
		22 / 80 Cap.5		ST-001	

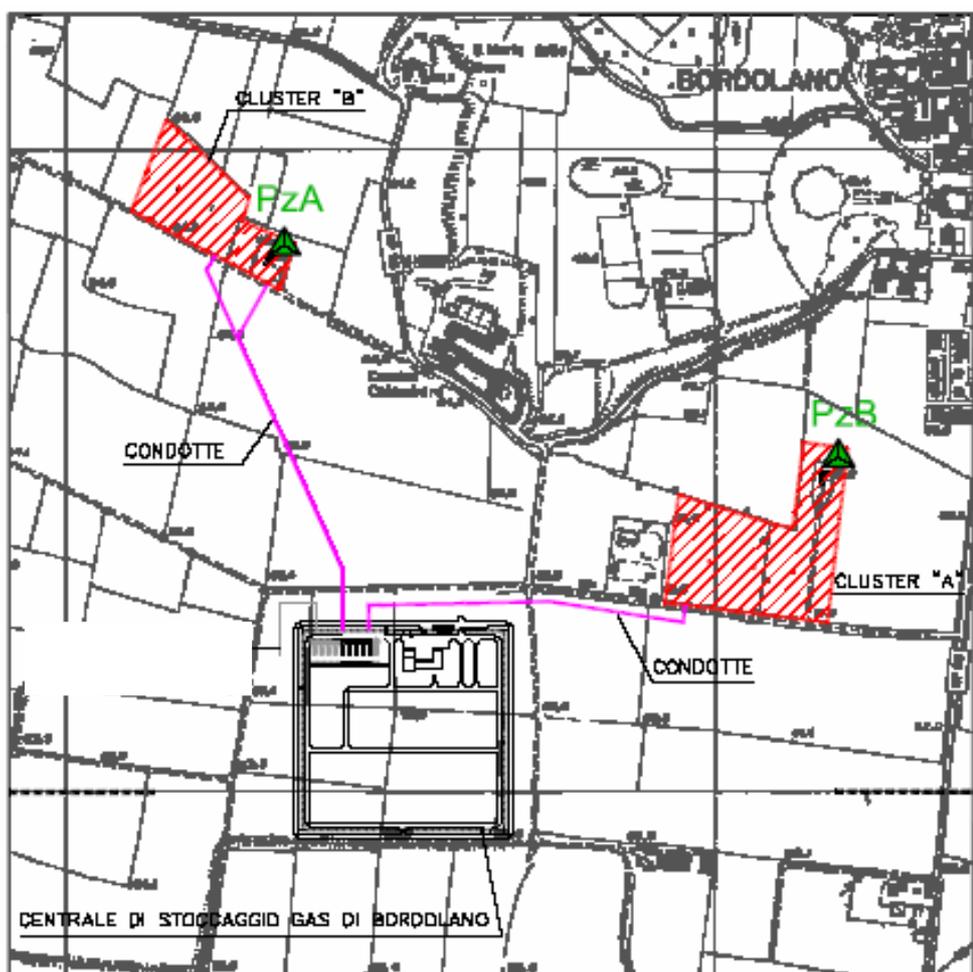


Fig. 5.2.4.2.a2 – Localizzazione dei punti indagati nelle aree cluster

Dalle indagini geognostiche svolte all'interno dell'area di interesse e dalle elaborazioni eseguite, è emersa la piena fattibilità geotecnica delle opere in progetto, senza che siano emerse problematiche tecniche particolari.

Le uniche indicazioni tecniche sono legate alla presenza dello strato superficiale di terreno agrario, rappresentato granulometricamente da limo con sabbia e/o argilla, che



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		23 / 80 Cap.5			ST-001		

non garantisce adeguate condizioni di stabilità per i manufatti e le infrastrutture in progetto.

Considerando che preliminarmente alla costruzione dei manufatti è prevista l'esecuzione di un riporto generale di materiale in tutta l'area, al fine di raggiungere la quota finale dell'impianto prevista (superiore di almeno 50 cm all'attuale piano campagna), sono state suggerite le seguenti modalità operative, a carattere generale:

- in tutta l'area dell'impianto, andrà eseguito lo scotico superficiale del terreno, per uno spessore compreso tra un range di 30÷40 cm (mediamente 35 cm);
- prima del riporto di materiale granulare, il piano di posa risultante dallo scotico dovrà essere compattato con rullo;
- almeno nelle zone in cui è prevista la realizzazione di piste di servizio, si suggerisce la stesa sullo stesso piano di posa di un geotessile di rinforzo e di separazione del terreno.

Per quanto riguarda specificatamente le strutture, sono stati suggeriti, nella relazione geotecnica di progetto, i seguenti accorgimenti tecnici:

- le fondazioni delle strutture più importanti, che presumibilmente trasmetteranno i carichi più elevati, saranno impostate ad una quota non superiore a 61,00 m.s.l.m.m., garantendo quindi un'immorsamento superiore al metro rispetto al piano campagna attuale;
- le fondazioni delle strutture secondarie, i cui carichi trasmessi sono da ritenersi di modesta entità, potranno essere impostate alla quota massima di 61,50 m.s.l.m.m..



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		24 / 80 Cap.5			ST-001		

5.2.5 Sismica

In base alla nuova classificazione sismica derivante dalla recente normativa (O.P.C.M n. 3274 del 20/03/2003 e O.P.C.M. n.3316 del 02/10/2003) i comuni sono classificati in quattro zone sismiche, individuate secondo i valori di accelerazione orizzontale di picco del suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

I comuni dell'area di studio sono classificati nella Zona Sismica 4, zona di minore pericolosità, con accelerazione orizzontale massima pari a 0,05 g, come risulta dall'Allegato A: "Classificazione sismica dei comuni italiani", dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

In precedenza, in base alla classificazione riportata nell'"Elenco delle località sismiche di prima e seconda categoria" allegato alla Legge 25 novembre 1962 n. 1684, aggiornato con le successive modificazioni ed integrazioni, il comune non risultava classificato.

In **Figura 5.2.5.a** viene riportato uno stralcio della Carta della massima intensità macrosismica, basata su cataloghi di terremoti avvenuti in Italia dal primo secolo dopo Cristo al 1992, e pubblicata dall'Istituto Nazionale di Geofisica, che mette in evidenza come il territorio di studio sia stata coinvolto da eventi sismici con gradi di intensità VI e VII della scala M.C.S..



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni				
Settore	CREMA (CR)	0	1			
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°				
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121				
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di		Comm. N°		
		25 / 80 Cap.5		ST-001		

Intensità espresse in scala M.C.S.

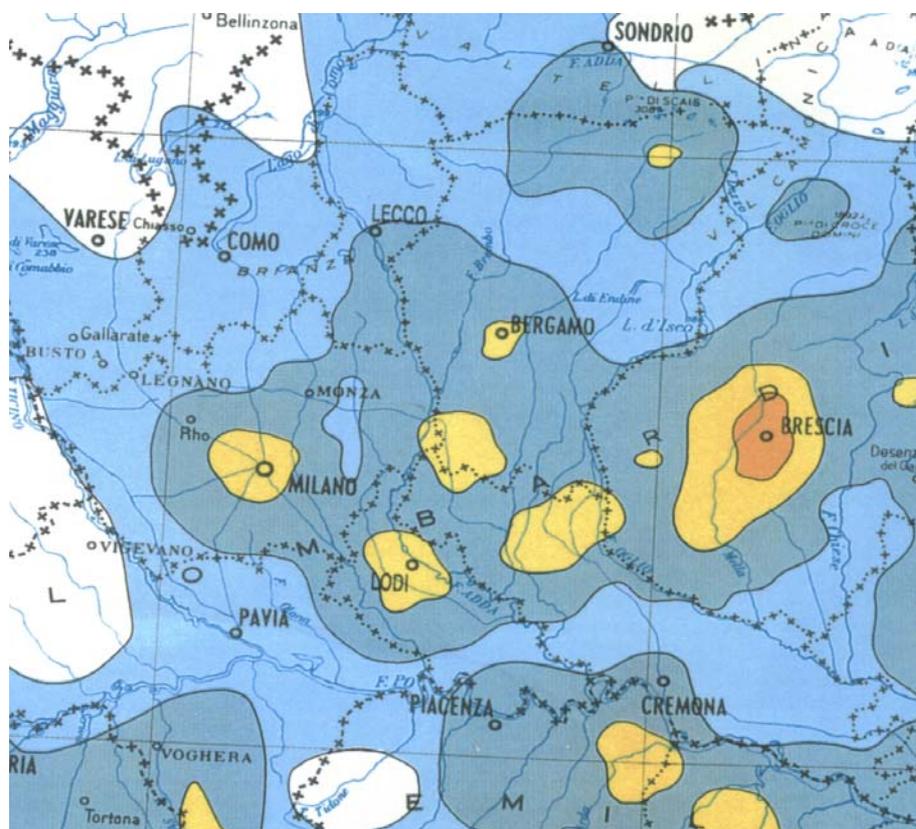
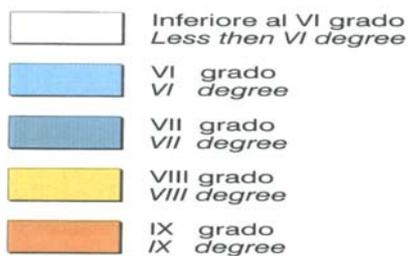


Fig. 5.2.5.a - Carta della massima intensità macrosismica risentita in Italia



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		26 / 80 Cap.5			ST-001		

5.2.6 Idrogeologia

5.2.6.1 *Inquadramento idrogeologico generale*

Idrogeologia dell'area vasta

Il prisma sedimentario quaternario della pianura cremonese-bresciana, comprendente i depositi fluviali e fluvio-glaciali del Pleistocene superiore e medio, le sequenze deltizio-lagunari e transizionali e i depositi marino-marginali del Pleistocene medio-inferiore, ha un'organizzazione stratigrafica complessa, funzione della giustapposizione di corpi sedimentari a differente grado di permeabilità, in cui si individuano più acquiferi sovrapposti (acquifero multistrato).

Nella Carta idrogeologica (**Tavola 5/E**) sono state riportate le linee isofreatiche medie della falda freatica riferite alla primavera del 1994. I dati piezometrici, che riguardano 25 pozzi che attingono alla falda superficiale, sono stati ricavati dalla banca dati del PTUA (Programma di Tutela ed Uso delle Acque) della Regione Lombardia.

L'orientazione delle linee isofreatiche a N dell'Oglio segue in generale una direzione circa E-O, con deflusso verso S, ossia verso il Po.

In corrispondenza della valle dell'Oglio l'inflessione delle linee isofreatiche mette in evidenza il drenaggio della falda freatica da parte del corso d'acqua, che crea un asse di drenaggio molto marcato, circa parallelo al tracciato fluviale. A sud dell'Oglio, nella bassa pianura, la caratteristica saliente è lo spartiacque orientato in direzione ONO-ESE, passante grosso modo per Soresina e Casalbuttano ed Uniti, legato probabilmente ancora al drenaggio dell'Oglio.

I gradienti idraulici, compresi nell'intervallo 0,25%–0,5% nel settore nord, diminuiscono sensibilmente nella bassa pianura a sud dell'Oglio, dove si osservano valori intorno allo 0,1%. La soggiacenza della falda è bassa, generalmente inferiore ai 5 m.

Seguendo le fonti bibliografiche e gli studi di carattere regionale¹, che riassumono le suddivisioni idrogeologiche tradizionali, nella successione litostratigrafica si possono riconoscere queste diverse unità idrogeologiche:

¹ "Studio idrogeologico della provincia di Cremona" (1992), "Geologia degli acquiferi padani della regione Lombardia" (2002), "Classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei di pianura" (2006).



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		27 / 80 Cap.5			ST-001		

UNITÀ GHIAIOSO – SABBIOSA

E' costituita prevalentemente da sabbie e ghiaie, appartenenti ai depositi fluviali e fluvio-glaciali Olocenici e del Pleistocene superiore e medio delle valli attuali e del livello fondamentale della pianura. Ospita un acquifero freatico, caratterizzato da trasmissività da media ad elevata (intorno a 10^{-2} m²/s), tradizionalmente denominato il primo acquifero o acquifero superficiale.

Nell'alta pianura all'interno della sequenza sabbioso-ghiaiosa sono presenti livelli lentiformi a dominante argillosa, di limitata continuità e di ridotto spessore, che consentono, considerate tali caratteristiche geometriche, di riunire in un'unica falda freatica i corpi idrici presenti nell'unità litostratigrafia superficiale.

Nella bassa pianura per contro l'unità è caratterizzata dalla presenza di livelli limoso-argillosi prevalenti, intercalati a orizzonti a granulometria grossolana, che formano acquiferi con falde talora semiconfinat.

Lo spessore dell'unità, di poco superiore alla decina di metri nell'alta pianura, sale a qualche decina (20–40 m) nella media e bassa pianura.

UNITÀ SABBIOSO - GHIAIOSA

Formata da depositi di origine glaciale e fluvio-glaciale, riferibili al Mindel–Riss dell'alta pianura, di età Pleistocene medio. Si tratta di sedimenti ghiaioso-sabbiosi, con frequenti intercalazioni di argille, limi e rari conglomerati.

I sedimenti fluvio-glaciali sabbioso-ghiaiosi ospitano un acquifero, tradizionalmente denominato il secondo acquifero, o acquifero profondo, che costituisce con il primo acquifero l'acquifero tradizionale.

Gli acquiferi dell'unità sabbioso-ghiaiosa sono separati dal primo acquifero da livelli potenti e continui di limi argillosi che riducono l'interscambio tra la falda freatica ed il secondo acquifero. Esso è suddiviso a sua volta in diversi corpi idrici, parzialmente separati da intercalazioni limoso-argillose nell'alta pianura, che divengono nella media e bassa pianura più continue e potenti.

Le falde del secondo acquifero hanno quindi carattere semiconfinato o confinato.

La trasmissività è di un ordine di grandezza inferiore a quella dell'unità precedente (intorno a 10^{-3} m²/s). Lo spessore della successione varia dagli 80 m nell'alta pianura ai 120 m della media e bassa pianura.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		28 / 80 Cap.5			ST-001		

UNITÀ SABBIOSO -ARGILLOSA

Formata da depositi argilloso – limosi di colore grigio e giallo, con rare intercalazioni di sabbie e presenza di torbe, di origine continentale e di transizione, di età Pleistocene inferiore. Lo spessore della sequenza, riferibile al Villafranchiano, è valutato intorno a 150 m. La trasmissività è dell'ordine di 10^{-4} m²/s. E' tradizionalmente denominato il terzo acquifero.

UNITÀ ARGILLOSA

Si tratta di limi e argille di colore grigio - azzurro, di potenza spesso decametrica, con subordinate intercalazioni di sabbie talora cementate. Sono depositi di origine principalmente marino - marginale, di età Pleistocene Inferiore. L'abbondanza di intercalazioni di sedimenti argilloso – limosi, arealmente continui, determina l'esistenza di corpi idrici separati, a carattere francamente confinato.

L'unità argillosa si rinviene a profondità superiori a 220–280 m dal p.c. nella media pianura.

Nel territorio di studio la posizione del limite acque dolci/acque salmastre e salate si situa a profondità superiori ai 400 m dal p.c. (Geologia degli acquiferi padani della regione Lombardia - Relazione tecnica, 2002), all'interno della formazione delle sabbie di Asti.

Qualità delle acque sotterranee

Il quadro generale delle caratteristiche qualitative delle acque sotterranee del territorio di studio è stato derivato principalmente dalle relazioni annuali dell'Arpa (2001 e 2004).

Le acque sotterranee della Lombardia sono oggetto di periodici controlli sia riguardo alla disponibilità da un punto di vista quantitativo, sia riguardo alla conformità con le caratteristiche di qualità fissate dalla normativa di legge. Le caratteristiche di qualità delle acque sotterranee sono classificate secondo il DLgs 152/1999 sulla base di tre livelli di valutazione: lo stato chimico, lo stato quantitativo, lo stato ambientale.

Stato Qualitativo delle Acque Sotterranee

Lo studio "Acque sotterranee in Lombardia", realizzato dalla Regione Lombardia (2001) ha voluto proporre a livello preliminare una classificazione dello stato qualitativo delle risorse idriche basata su dati del periodo 1994-1996 (**Figura 5.2.6.1.a**), considerando come indicatori di qualità idrochimica:



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		29 / 80 Cap.5			ST-001		

- composti organo - alogenati e cromo (impatto delle attività industriali)
- nitrati e fitofarmaci (impatto delle sorgenti diffuse di origine agricola e urbana)
- ferro-manganese-ammoniaca (facies idrochimiche in genere naturali)

e definendo 3 classi di degrado (da basso a medio, a elevato). La classificazione così eseguita rispetta, anche se con una definizione di classi differente, quanto previsto dal DLgs 152/99 che introduce i quali indicatori dello stato chimico delle acque sotterranee alcuni parametri di base (conducibilità elettrica, cloruri, manganese, ferro, nitrati, solfati, ioni ammonio) e dei parametri addizionali (elementi inorganici, composti aromatici e policiclici aromatici, composti organoalogenati, pesticidi).

Nella Pianura Padana le sostanze più frequentemente responsabili delle situazioni di inquinamento esteso appartengono principalmente a quattro gruppi: composti organo-clorurati, metalli pesanti, nitrati e fitofarmaci. I primi due gruppi sono essenzialmente legati a sversamenti puntuali di natura industriale, mentre gli altri due fanno riferimento a situazioni di tipo estensivo legate all'uso agricolo e zootecnico dei suoli.

Nei comuni del territorio di studio le acque sotterranee sono caratterizzate da uno *standard* qualitativo complessivamente scadente (**Figura 5.2.6.1.a**). Per la grande maggioranza dei comuni, sia del cremonese che del bresciano, vi è un grado elevato di compromissione, legato alla presenza di alte concentrazioni di ammoniaca, ferro e manganese.

L'origine di tali alti tenori nelle acque sotterranee sarebbe tuttavia da ascrivere in gran parte a cause naturali. In particolare, per lo ione ammonio e per il ferro, l'aumento delle concentrazioni nelle acque delle falde profonde, con valori crescenti nel senso del deflusso della falda, è in accordo con la progressiva riduzione del potenziale redox legato alla scarsa alimentazione delle falde profonde con acque superficiali ricche in ossigeno (Studio idrogeologico della provincia di Cremona, 1992).



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas		Fg. / di			Comm. N°		
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		30 / 80 Cap.5			ST-001		

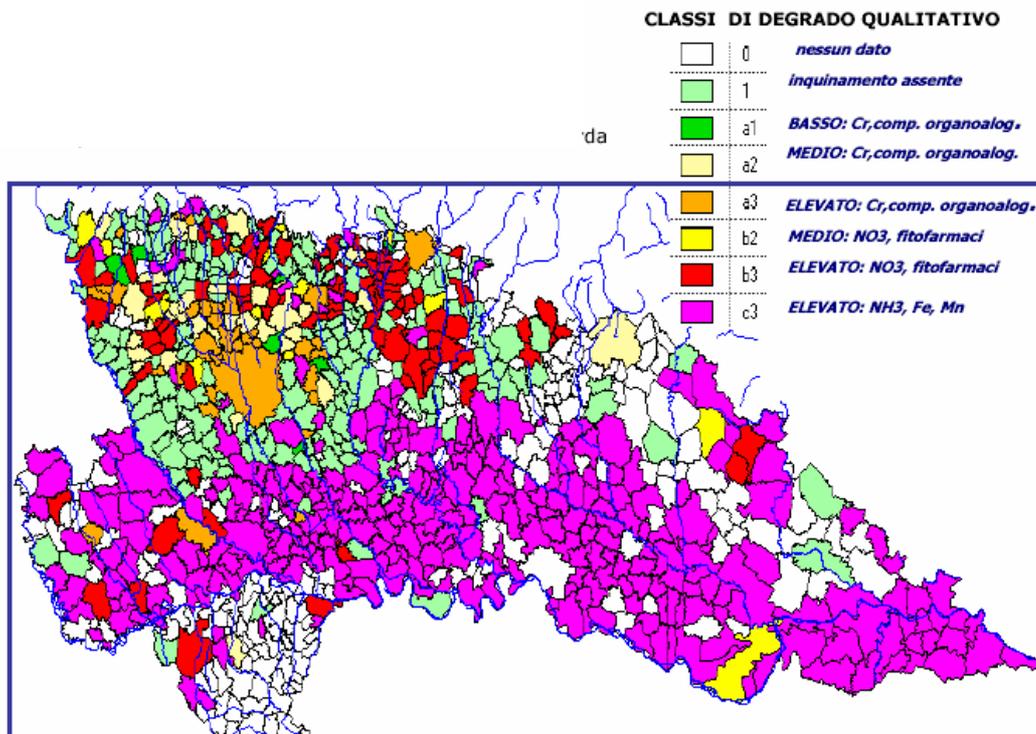


Fig. 5.2.6.1.a - Stato qualitativo delle risorse idriche sotterranee della pianura lombarda

Stato Quantitativo delle Acque Sotterranee

Lo stato quantitativo indica la sostenibilità sul lungo periodo dello sfruttamento della risorsa, evidenziando il rapporto tra i prelievi in atto e le capacità naturali di ricarica.

Nell'ambito dello studio citato precedentemente è stata fornita una classificazione preliminare dello stato della risorsa riferito ad un periodo definito (anno 1996) che, riguardo allo stato di disequilibrio fra disponibilità e uso della risorsa, prevede l'introduzione di 5 classi (dalla Classe A con un rapporto prelievi/ricarica >0,8 fino alla classe E con un rapporto prelievi/ricarica >3,0).



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		31 / 80 Cap.5			ST-001		

Dall'esame della situazione (**Figura 5.2.6.1.b**) emerge, per l'anno esaminato, come la gran parte delle risorse idriche lombarde sia, in termini quantitativi, compatibile o in sostanziale equilibrio con i prelievi.

Per quanto riguarda i comuni del territorio di studio, la maggioranza rientra nella classe A, a basso rapporto prelievi/ricarica. In alcuni comuni della sponda sinistra si riscontrano invece condizioni di ridotto disequilibrio (Quinzano, Verolavecchia, Verolanuova, Pontevico). Tali classi quantitative possono essere facilmente rapportate alle classi definite dal DLgs 152/99.

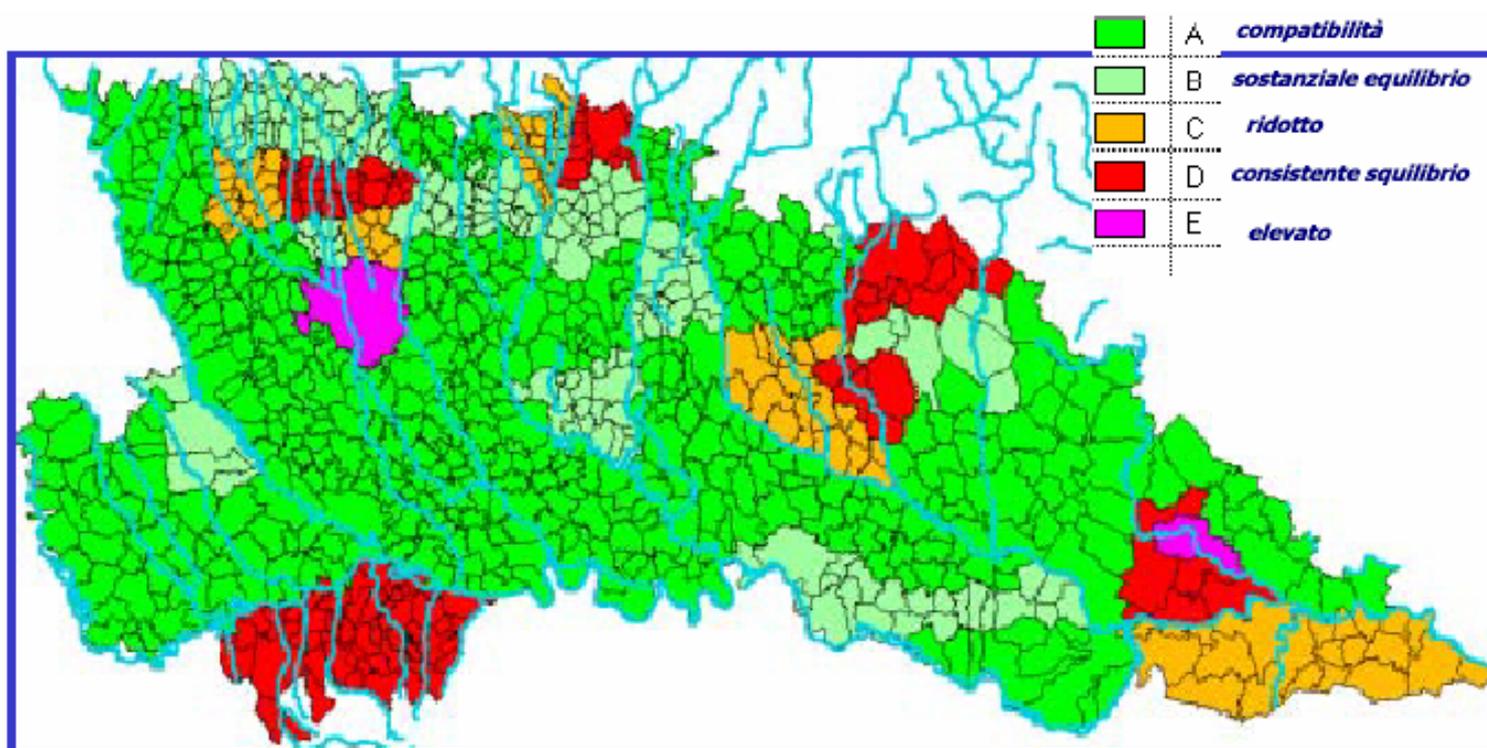


Fig. 5.2.6.1.b – Stato quantitativo delle risorse idriche della pianura lombarda.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		32 / 80 Cap.5			ST-001		

5.2.6.2 Inquadramento idrogeologico sito-specifico

Il quadro idrogeologico locale è stato elaborato sulla base di due sezioni idrogeologiche, orientate in direzione N-S e situate in sponda sinistra e destra dell'Oglio, tratte dallo Studio idrogeologico della provincia di Cremona (1992).

Le sezioni sono state ricostruite utilizzando principalmente le stratigrafie dei pozzi degli acquedotti pubblici.

In generale si può osservare che l'abbondanza di livelli fini a bassa permeabilità nell'unità ghiaioso-sabbiosa superficiale riduce lo spessore utile del primo acquifero in gran parte del territorio di studio. I livelli a granulometria fine non hanno tuttavia continuità sufficiente a confinare l'acquifero, che resta sostanzialmente freatico. Il secondo acquifero, confinato o semiconfinato, è caratterizzato dalla presenza di numerosi corpi idrici di spessore generalmente non elevato.

Nella sezione di **Figura 5.2.6.2.a** in sinistra Oglio si può osservare come la presenza di depositi fini nelle sequenze superficiali riduca lo spessore del primo acquifero a valori modesti (15-20 m), in particolare nel settore Nord.

Il confinamento del secondo acquifero da parte di livelli limosi potenti e continui si verifica a circa 70 dal p.c. nei pressi di Orzinuovi ed a circa 30 m dal p.c. da Azzanello fino oltre Paderno Ponchielli.

La riduzione dello spessore del primo acquifero è ancor più rilevante nella sezione di **Figura 5.2.6.2.b** in destra Oglio. Esso poggia su depositi fluvio-glaciali più antichi, a granulometria limosa prevalente, con acquiferi di modesto spessore, in generale non intercomunicanti, estesi fino a profondità di 200 m dal p.c., sfruttati a scopo idropotabile.



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		33 / 80 Cap.5			ST-001		

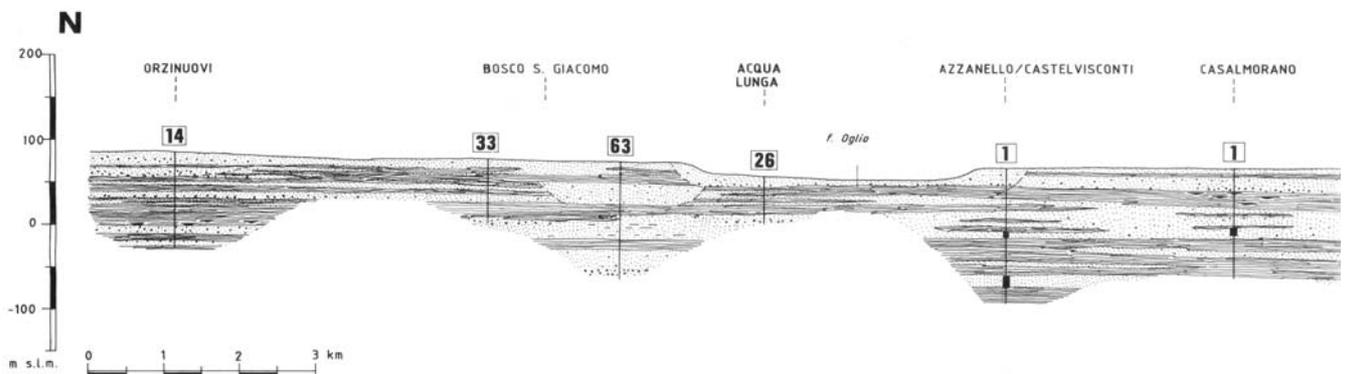


Fig. 5.2.6.2.a – Sezione idrogeologica N - S dell'area di studio in sponda sinistra Oglio (dallo "Studio idrogeologico della provincia di Cremona", 1992)

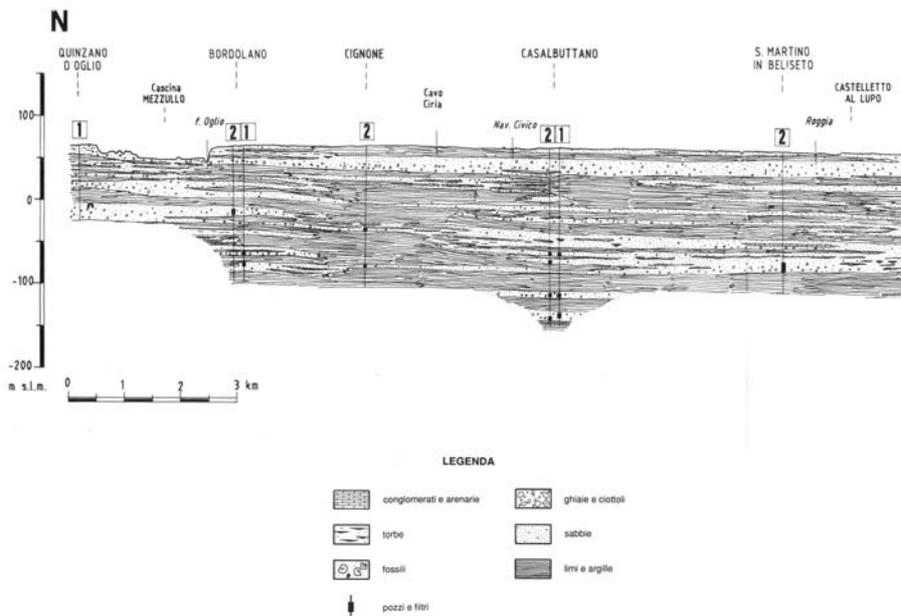


Fig. 5.2.6.2.b – Sezione idrogeologica N - S dell'area di studio in sponda destra Oglio (dallo "Studio idrogeologico della provincia di Cremona", 1992)



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		34 / 80 Cap.5			ST-001		

La definizione delle classi di permeabilità dei terreni superficiali è riportata nella Carta litologica e della permeabilità.

Le tre classi individuate (permeabilità, buona, discreta, scarsa) hanno significato limitato, fornendo una valutazione esclusivamente riferita agli orizzonti superficiali, di spessore talora anche molto ridotto, come nel caso dei limi.

Le caratteristiche medie di permeabilità dei depositi alluvionali dell'Unità ghiaioso-sabbiosa sono infatti complessivamente definibili come buone.

Pozzi

Nella Carta idrogeologica sono stati riportati i pozzi che riforniscono gli acquedotti pubblici ed i più importanti, per profondità e portata emunta, tra i pozzi ad uso privato.

L'acquifero freatico, posto generalmente a profondità inferiori a 30-40 m, è sfruttato ancora comunemente, ma come risorsa poco pregiata, per scopi prevalentemente non potabili. Gli acquedotti pubblici sfruttano esclusivamente gli acquiferi confinati (secondo e terzo acquifero), posti a profondità relativamente elevate, nell'intervallo compreso tra gli 80-90 m ed i 200 m dal p.c.

Nell'intorno dell'area della nuova centrale è presente il pozzo dell'acquedotto pubblico del Comune di Bordolano, situato in corrispondenza del centro abitato. Il pozzo, profondo oltre 150 metri, è alimentato da un potente livello sabbioso del secondo acquifero (acquifero profondo) posto a circa 80 metri dal p.c.

La trasmissività misurata con prove di pompaggio, è pari a $2,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (Studio idrogeologico della provincia di Cremona, 1992).

Il pozzo è ubicato a valle idrogeologico rispetto all'area di sviluppo del progetto, ad una distanza di ca. 825 m dal perimetro NE della nuova centrale e ad una distanza di ca. 400 m dal cluster A.

CAMPO DI MOTO DELLA FALDA NELLA ZONA DI SVILUPPO DEL PROGETTO

Sulla base dei dati piezometrici raccolti nel corso di una campagna di misure realizzata a fine ottobre 2006 è stata redatta una carta delle isofreatiche relativa all'area della nuova centrale Stogit.

Una campagna di misure del livello piezometrico è stata eseguita nei 2 piezometri installati in corrispondenza dei Cluster A e B e nel sondaggio s5, la cui localizzazione è riportata in **Figura 5.2.6.2.c**.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		35 / 80 Cap.5			ST-001		

I risultati della campagna sono riportati nella tabella sottostante. La carta delle isofreatiche a scala locale è stata redatta sulla base delle quote dei piezometri ricavate dalla CTR, e assumendo che la soggiacenza nel fondo valle abbia il valore di circa 2 m in prossimità della base della scarpata del terrazzo.

Piezometr o	Quota testa pozzo (m s.l.m.)	Soggiacenza (m dal p.c.)	Quota falda (m s.l.m.)
PzA	63,00	9,64	53,36
PzB	63,80	6,63	57,17
s5	62,30	4,30	58,00

**Tabella 5.2.6.2.a - Misure del livello piezometrico (31/01/06)
Soggiacenza dal p.c. e quota assoluta della falda freatica**

La soggiacenza è pari a circa 4-5 m dal p.c. nel settore S, in corrispondenza della zona di costruzione della nuova centrale. La soggiacenza della falda tende ad aumentare avvicinandosi all'orlo del terrazzo del livello fondamentale della pianura, situato grosso modo in corrispondenza del tracciato della SP 25; in corrispondenza dei cluster A e B la falda ha una soggiacenza rispettivamente da 9-10 m/p.c. a 6-7 m/p.c..

La geometria delle isofreatiche a scala locale (**Figura 5.2.6.2.c**) è in sostanziale accordo con l'andamento delle isopieze desunto dalla carta idrogeologica a scala regionale.

La configurazione a falda convergente è verosimilmente legata alla morfologia della scarpata che raccorda il livello fondamentale della pianura con il fondo valle dell'Oglio nell'intorno dell'area della centrale.

Il gradiente calcolato sulla base dei dati della carta idrogeologica non è uniforme e risulta compreso tra 0,65% e 2% circa.

Dalla ricostruzione eseguita si evidenzia la possibile influenza dei pompaggi in opera a nord della zona di costruzione della nuova centrale che causano un incremento delle velocità di flusso idrico sotterraneo e un andamento a linee di flusso convergenti della superficie piezometrica.

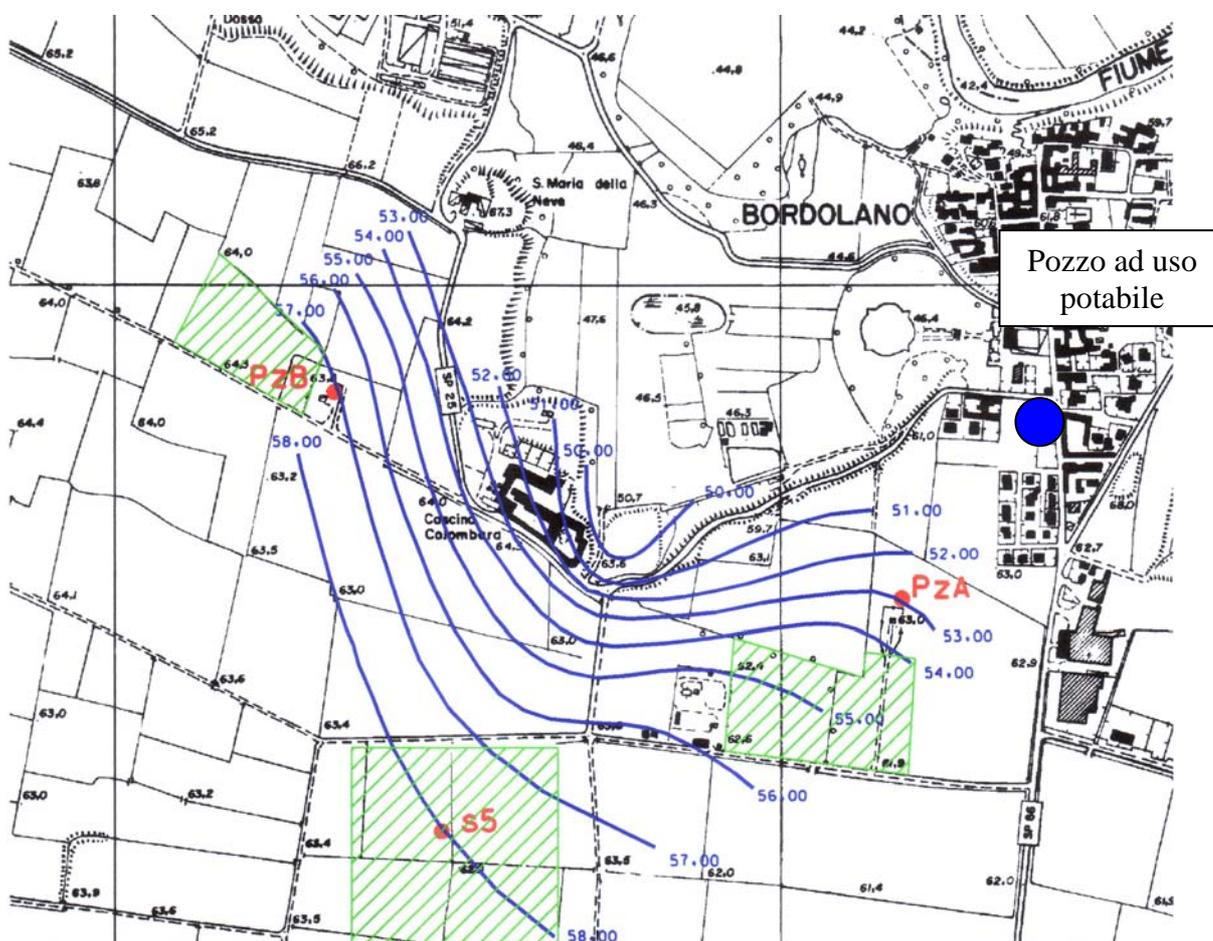


Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni			
Settore	CREMA (CR)	0	1		
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°			
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121			
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di		Comm. N°	
		36 / 80 Cap.5		ST-001	

L'andamento della superficie piezometrica risulta influenzata dal fiume Oglio con cui la falda freatica è in comunicazione idraulica. La ricostruzione eseguita è pertanto valida per il periodo di riferimento delle misure.



LEGENDA

- PzB Piezometro o sondaggio
- Linee isofreatiche (quote assolute in m s.l.m.)
- Centrale e clusters

Fig. 5.2.6.2.c - Carta delle isopieze della falda freatica nell'area della nuova centrale Stogit



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		37 / 80 Cap.5			ST-001		

STATO DI QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE NELLE AREE DI SVILUPPO DEL PROGETTO

Ai fini di una caratterizzazione chimico – fisica e microbiologica, nell'area della centrale sono stati prelevati e analizzati 5 campioni di acque sotterranee, così distribuiti:

- n. 4 campioni in corrispondenza di pozzi esistenti;
- n. 1 campione in corrispondenza del sondaggio s5.

I quattro pozzi campionati sono tutti superficiali (profondità presunte, su indicazione dei proprietari, inferiori ad una trentina di metri) e sono pertanto alimentati dalla falda freatica, come anche il sondaggio s5. La localizzazione dei punti di prelievo è riportata in **Figura 5.2.6.2.d** risultati delle analisi effettuate per la determinazione dei principali parametri chimico-fisici e microbiologici sono riportati nella **Tabella 5.2.6.2.b**.

Facendo riferimento ai parametri delle acque sotterranee individuati dal DLgs 152/06, nella Tabella 2 dell'Allegato 5 al Titolo V, i tenori ottenuti sono inferiori ai valori di soglia, ad eccezione di un valore anomalo di cromo esavalente nelle acque del pozzo 3 (17,5 µg/l). Poiché nell'area sono assenti insediamenti industriali che possano rappresentare una sorgente di inquinamento, il valore anomalo, peraltro isolato, è attribuibile verosimilmente ad un errore analitico.

Utilizzando per la classificazione dello stato ambientale le tabelle del decreto, per rendere possibile il confronto con i dati regionali citati nei paragrafi precedenti, sulla base dei risultati delle analisi risulta, per la media dei campioni, uno stato chimico riferibile alla classe 2 (impatto antropico ridotto, vedi tabelle 20 e 21 del DLgs 152/99), a causa di tenori mediamente elevati in solfati e per valori di conducibilità superiori al livello di soglia minimo.

La qualità delle acque destinate al consumo umano è disciplinata dal DLgs 21 febbraio 2001, n. 31.

Da questo punto di vista, lo stato di qualità delle acque sotterranee campionate può essere definito in generale accettabile, relativamente alle caratteristiche chimico-fisiche. Per quanto riguarda i parametri microbiologici in quattro campioni su cinque si è riscontrata un'elevata carica batterica, con valori superiori alla concentrazione massima ammissibile.



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni			
Settore	CREMA (CR)	0	1		
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°			
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121			
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di		Comm. N°	
		38 / 80 Cap.5		ST-001	

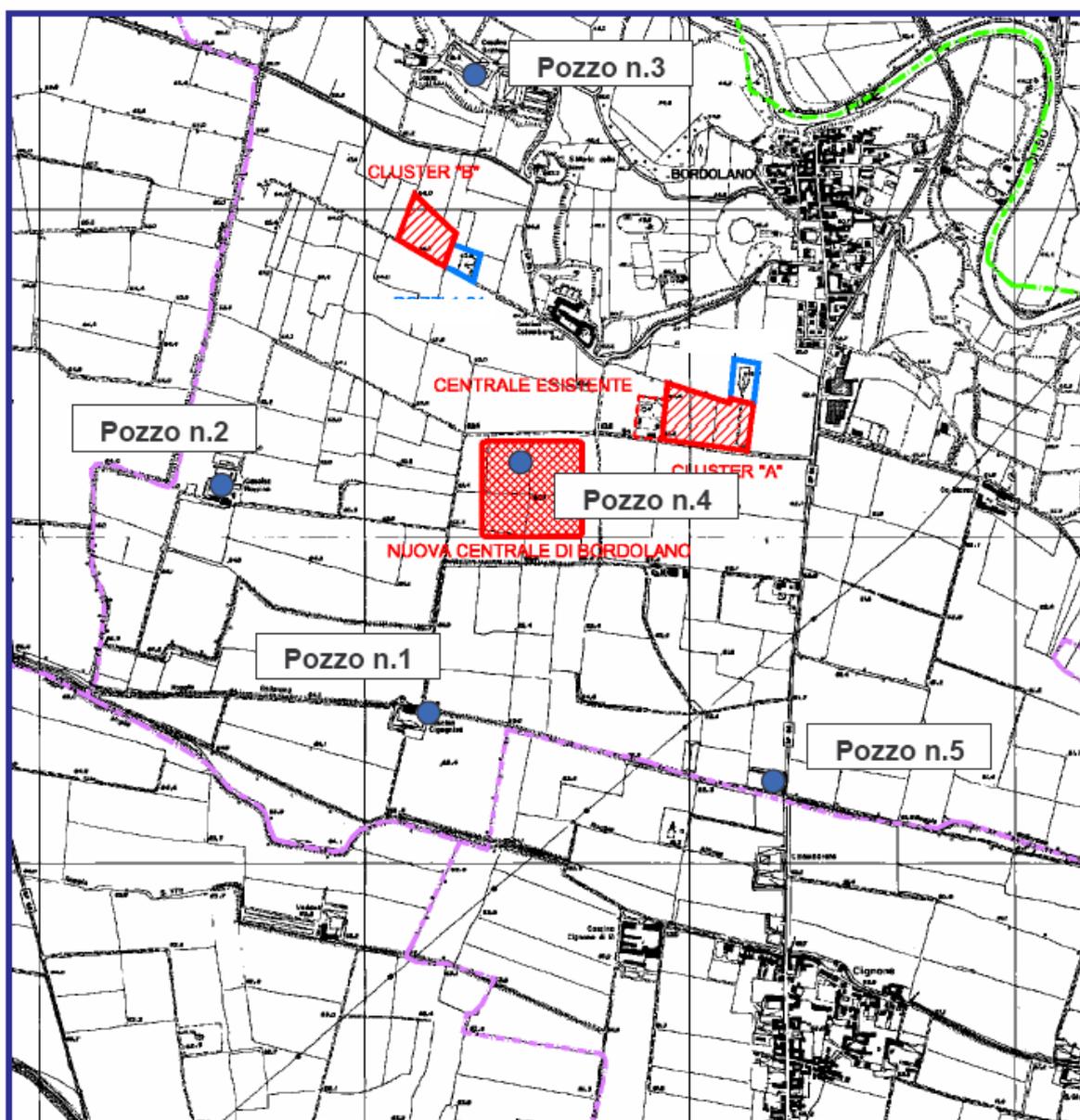


Fig. 5.2.6.2.d – Punti di campionamento delle acque sotterranee



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		39 / 80 Cap.5			ST-001		

Comparazione analisi del 15/11/06
Committente: **SNAMPROGETTI S.p.A.**
Attività: 605515
Campioni trovati: 15

Tipo analisi: Acque sotterranee D.Lgs 152/2006 Tabella 2 All. 5 (ex D.M. 471/1999, Tabella 2 All. 1)
Normativa: DLgs 152/06 All 5 Tab 2 (acque sot.)

Denominazione	U. M.	Acqua pozzo	DLgs	Metodo				
		1	2	3	4	5		
Cod Attività		605515	605515	605515	605515	605515	152/06 All 5 Tab 2	
Data		30-ott-06	30-ott-06	30-ott-06	30-ott-06	30-ott-06		
Parametro		605515-006	605515-007	605515-008	605515-009	605515-010	LR	
Temperatura dell'acqua	°C	18,0	15,8	17,6	18,1	15,8	0,1	APAT CNR IRSA 2100 Man. 29/2003
pH	unità pH	7,9	8,1	8,3	7,29	7,85	0,01	EPA 9040C 2002
Conducibilità elettrica a 20 °C	µS/cm	397	378	473	728	431	5	EPA 9050A 1996
Alcalinità	meq/L	3	3,8	2,5	5,7	3,9	0,01	APAT CNR IRSA 2010B Man. 29/2003
Materiali in sospensione (MST)	mg/L	< 0,5	2,6	4	1,2	2,8	0,5	APAT CNR IRSA 2090B Man. 29/2003
Calcio	mg/L	58,5	52,9	57,5	124	67	0,01	EPA 200.8 1999
Magnesio	mg/L	11,2	10,3	10,5	13,5	9,55	0,01	EPA 200.8 1999
Sodio	mg/L	5,16	8,49	10,1	5,9	3,85	0,01	EPA 200.8 1999
Potassio	mg/L	0,64	0,9	8,59	1,13	1,5	0,01	EPA 200.8 1999
Bicarbonati (ione bicarbonato)	mg/L	146	195	128	287	201	0,8	APAT CNR IRSA 2010B Man. 29/2003
Carbonati (ione carbonato)	mg/L	18	18	12	30	18	0,3	APAT CNR IRSA 2010B Man. 29/2003
Solfati (ione solfato)	mg/L	37,2	16,9	67,3	37,8	32,3	0,1	<u>250</u> UNI EN ISO 10304-1 1997
Cloruri (ione cloruro)	mg/L	8,5	0,92	12	14,6	3,13	0,04	UNI EN ISO 10304-1 1997
Azoto nitrico (come N)	mg/L	2,73	< 0,02	9,25	12,6	< 0,02	0,02	UNI EN ISO 10304-1 1997
BOD5	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	APAT CNR IRSA 5120A Man. 29/2003
COD	mg/L	< 5	< 5	8	< 5	< 5	5	ISO 15705 2002
Composti Organici Volatili (VOC)	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Idrocarburi totali	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996 + EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Coliformi totali	MPN/100 mL	< 1	1	1600	410	< 1	1	APAT CNR IRSA 7010B Man. 29/2003
Conta batterica a 22 °C	UFC/mL	60	1100	620	1300	590	0	UNI EN ISO 8222 2001
METALLI		--	--	--	--	--		
Alluminio	µg/L	2	2,6	34,8	2,7	2,3	0,1	<u>200</u> EPA 200.8 1999
Arsenico	µg/L	0,3	0,5	1	0,2	9,5	0,1	<u>10</u> EPA 200.8 1999
Bario	µg/L	26,3	165	44,6	53	34	0,1	EPA 200.8 1999
Cromo esavalente	µg/L	< 0,5	< 0,5	<u>17,5</u>	< 0,5	< 0,5	0,5	<u>5</u> APAT CNR IRSA 3150C Man. 29/2003
Ferro	µg/L	5	17	16	10	45	5	<u>200</u> EPA 200.8 1999
Mercurio	µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	<u>1</u> EPA 7473 1998
Nichel	µg/L	0,8	0,3	1,7	2	0,9	0,1	<u>20</u> EPA 200.8 1999
Piombo	µg/L	0,2	0,2	4,9	0,4	0,3	0,1	<u>10</u> EPA 200.8 1999
Rame	µg/L	0,4	0,5	4,2	0,9	0,8	0,1	<u>1000</u> EPA 200.8 1999
Zinco	µg/L	106	50,4	15,1	117	29,6	0,1	<u>3000</u> EPA 200.8 1999

Tabella 5.2.6.2.b - Analisi chimiche dei campioni di acque sotterranee



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		40 / 80 Cap.5			ST-001		

5.3 Stima e valutazione degli impatti

5.3.1 Valutazione dei Rischi Geologici-Idrogeologici

La **Tavola 5/F** allegata alla presente relazione mostra, per l'area vasta di studio, le aree potenzialmente interessate da fenomeni legati ad evoluzione fluvio-torrentizia e le aree critiche dal punto di vista idrogeologico.

Di seguito viene fornita una sintetica descrizione dei principali rischi geologici-idrogeologici che possono potenzialmente interessare l'area di sviluppo del progetto.

5.3.1.1 *Rischio di esondazione*

Nel territorio di studio il rischio geologico più rilevante è rappresentato dai fenomeni di inondazione, che riguardano tuttavia esclusivamente la piana alluvionale attuale.

Nella cartografia prodotta (carta dei rischi geologici) l'area potenzialmente interessata da eventi alluvionali, che corrisponde al limite esterno della fascia C del P.A.I. (portate di progetto con un tempo di ritorno maggiore di 200 anni), risulta infatti completamente compresa nella valle attuale dell'Oglio, non giungendo mai ad interessare la superficie del livello fondamentale della pianura.

Procedendo da nord verso sud lungo il corso d'acqua, la fascia potenzialmente inondabile si attesta intorno ad 1 km di ampiezza. In corrispondenza dell'attraversamento di Bordolano e di Ponteviso si osserva la larghezza minima, di circa 0,5 km. A Ponteviso il limite tra le fasce B e C è un limite di progetto.

Per quanto riguarda le condizioni degli alvei, la generale tendenza evolutiva all'approfondimento ed al raccorciamento del tracciato fluviale può comportare rischi di sottoescavazione ed erosione delle fondazioni dei manufatti (opere idrauliche di difesa spondale) presenti in alveo. Tenuto conto delle relativamente basse pendenze degli alvei meandriformi, i problemi legati ad erosione spondale, evidente solo in alcuni settori nelle sponde concave dei meandri, appaiono di minore entità.

I fenomeni erosivi hanno determinato condizioni di parziale dissesto delle opere di difesa spondale solamente in prossimità di Ponteviso.

Le zone interessate dal progetto ricadono all'esterno delle diverse fasce di esondazione. La fascia C, che individua le aree potenzialmente interessabili dai fenomeni di piena più gravosi, è a circa 250 m dal perimetro della zona dove sorgerà la centrale di stoccaggio.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		41 / 80 Cap.5			ST-001		

5.3.1.2 Rischio di frana

Fenomeni di instabilità di tipo gravitativo sono generalmente assenti nell'area, in virtù della morfologia pianeggiante della maggior parte del territorio. Fanno eccezione le aree limitrofe alle scarpate maggiori dei terrazzi fluviali che bordano la valle dell'Oglio, in cui possono verificarsi dissesti, la cui pericolosità è funzione in prima approssimazione, oltre che delle caratteristiche geotecniche dei sedimenti, della pendenza e dell'altezza più o meno elevate delle scarpate.

La zona di sviluppo del progetto è caratterizzata da una morfologia pianeggiante e quindi i fenomeni di instabilità risultano pressochè assenti.

5.3.1.3 Rischio geotecnico

I rischi geotecnici sono legati principalmente alle caratteristiche meccaniche di compressibilità relativamente elevata e di mediocre capacità portante dei livelli limosi dei depositi alluvionali, diffusi omogeneamente in tutto il territorio. Poiché lo spessore dei livelli limosi è ridotto, di ordine metrico, si tratta sostanzialmente di un basso grado di rischio.

Le problematiche che ne derivano possono essere superate in ogni caso nell'ambito della progettazione delle opere di fondazione, come descritto nella relazione geotecnica di progetto.

5.3.1.4 Vulnerabilità degli acquiferi

Nel territorio di studio affiora un unico acquifero freatico, dalle caratteristiche in prima approssimazione sostanzialmente omogenee su tutta l'area.

L'acquifero è infatti costituito da depositi alluvionali a granulometria sabbioso-ghiaiosa, di permeabilità mediamente elevata, con modesta copertura pedogenizzata, caratterizzati, per uno spessore di 25–30 m, dalla presenza di intercalazioni argilloso-limose non sufficienti a fornire una adeguata protezione agli orizzonti sottostanti.

La morfologia è pianeggiante (acclività mediamente inferiore al 4-5‰), la soggiacenza della falda è bassa, generalmente inferiore ai 5 m, nella zona di sviluppo della nuova centrale.

Tutti i caratteri elencati (distribuzione granulometrica, buona conducibilità idraulica, assenza di livelli impermeabili sufficientemente continui e di una copertura di suolo a



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		42 / 80 Cap.5			ST-001		

bassa permeabilità, bassa soggiacenza, morfologia pianeggiante), concorrono a determinare un grado di vulnerabilità intrinseca alto.

Tenuto conto del grado di conoscenza acquisito riguardo alle caratteristiche fondamentali dell'acquifero, il solo parametro che può variare in modo significativo è il coefficiente di permeabilità del primo livello dei depositi alluvionali. In base alla cartografia prodotta (Carta litologica e della permeabilità) è possibile distinguere aree in cui nei primi due metri di spessore delle sequenze alluvionali predominano sedimenti sabbioso-limosa, che possono fornire una maggiore protezione alla falda, rallentando il tempo di transito di eventuali inquinanti e aumentando il potere di autodepurazione del mezzo non saturo.

Per tali motivi nella carta dei rischi geologici sono state distinte due classi di vulnerabilità, la classe a vulnerabilità molto elevata, nelle aree in cui i sedimenti superficiali sono formati da in prevalenza da ghiaie e sabbie più o meno ghiaiose, e la classe a vulnerabilità minore, ma sempre elevata, nelle aree ad affioramento di sabbie limose e limi.

5.3.1.4 Rischio sismico

Come già accennato nel precedente paragrafo tutti i comuni dell'area di studio sono classificati nella Zona Sismica 4, zona di minore pericolosità, con accelerazione orizzontale massima pari a 0,05 g.

Come indicato nella relazione geologica di progetto, il territorio su cui sorgerà la nuova centrale è caratterizzato da una modesta sismicità con terremoti attesi a medio-bassa intensità.

5.3.1.5 Rischi geologici

Il sito di sviluppo del progetto è situato nel livello fondamentale della pianura, ad una distanza minima variabile da ca. 150 (aree cluster) a circa 250 m (nuova centrale) dall'orlo della scarpata che raccorda la superficie terrazzata con la valle dell'Oglio.

Il dislivello tra il livello fondamentale della pianura ed il fondovalle è nel sito di oltre una quindicina di metri. La cartografia delle fasce fluviali prevede che le piene duecentennali (fascia C) possano occupare l'intero fondovalle dell'Oglio, giungendo a lambire la base della scarpata del terrazzo, ma esclude la possibilità di inondazione del livello fondamentale della pianura su cui è in progetto la realizzazione della centrale.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		43 / 80 Cap.5			ST-001		

L'entità del dislivello con la piana alluvionale attuale (superiore alla quindicina di metri), fornisce una conferma morfologica significativa a tale valutazione idraulica.

Considerato che le opere in progetto sono situate all'interno di un'area a morfologia pianeggiante, ad una distanza di oltre 150 metri dall'orlo del terrazzo che scende verso la valle attuale dell'Oglio, i rischi geologici di tipo gravitativo sono da escludere.

La successione stratigrafica sito-specifica ricostruita sulla base delle indagini geognostiche di dettaglio conferma l'elevata vulnerabilità della falda freatica, funzione della serie di fattori di rischio citati in precedenza (granulometria grossolana ed elevata conducibilità idraulica dei sedimenti superficiali, assenza di livelli impermeabili sufficientemente continui, di una copertura di suolo a bassa permeabilità, morfologia pianeggiante, bassa soggiacenza).

La prevalenza di terreni granulari sabbiosi nella stratigrafia del sito della centrale, gli orizzonti limoso-argillosi essendo generalmente confinati a profondità superiori ai 10 metri dal p.c., esclude che esistano rischi geotecnici rilevanti.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		44 / 80 Cap.5			ST-001		

5.3.2 Stima e Valutazione degli Impatti (nuova Centrale)

Di seguito vengono analizzati gli impatti della Centrale di stoccaggio di Bordolano durante la fase di costruzione e di esercizio.

Sulla base delle analisi in merito sviluppate, e di seguito riportate, si evidenzia come il rischio di impatto diretto ed indiretto sulle differenti componenti ambientali in esame e potenzialmente interferite conseguente alla costruzione ed esercizio della Centrale di stoccaggio, tenuto conto delle caratteristiche progettuali della stessa, si possa ritenere di fatto modesto o comunque non significativo.

In particolare, gran parte dei potenziali impatti sulla componente in esame risultano attenuati o annullati in fase di progetto, grazie alle tecniche di tutela e conservazione dell'ambiente adottate, al ciclo delle acque reflue e dei rifiuti previsti durante la fase di costruzione ed esercizio della centrale.

Benché le infrastrutture della Centrale di stoccaggio interessino terreni caratterizzati da una vulnerabilità tendenzialmente alta degli acquiferi, i potenziali impatti sulla componente ambientale sottosuolo si possono considerare trascurabili.

In ogni caso, la tipologia di opera in esame, e soprattutto la presenza di un pozzo ad uso acquedottistico direttamente a valle della zona di sviluppo del progetto, ha suggerito l'applicazione di una modellazione matematica al fine di valutare se la distanza della nuova centrale dal pozzo sia sufficiente ad offrire le adeguate garanzie di salvaguardia della salute pubblica per gli usufruttori della risorsa.

5.3.2.1 *Uso del suolo*

L'impatto sull'uso del suolo conseguente alla fase di costruzione ed esercizio della Centrale di stoccaggio di Bordolano è strettamente connesso al cambio dell'attuale destinazione d'uso da zona agricola E a zona ad uso servizi ed industriale.

Data la scarsa incidenza della sottrazione di superfici a seminativo rispetto al totale dei seminativi che caratterizzano l'area di studio si può ritenere che l'impatto su questa tematica sia limitato.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		45 / 80 Cap.5			ST-001		

5.3.2.2 Pedologia

L'impatto sulla componente pedologia sarà strettamente connesso alla variazione di uso del suolo nell'area di progetto e alle conseguenti operazioni di sbancamento programmate per la realizzazione del piano di stabilimento.

Le modifiche saranno sostanziali in quanto verranno parzialmente o in toto asportati, nella zona di costruzione della centrale, i primi 30-40 cm di terreno vegetale che comunque saranno recuperati all'interno della stessa area di progetto per rimodellare morfologicamente la nuova quota di piano campagna.

Gli impatti saranno essenzialmente legati alla fase di realizzazione delle infrastrutture di progetto, limitatamente ai settori dove è prevista l'installazione delle diverse apparecchiature della centrale.

5.3.2.3 Geomorfologia-Geologia

FASE DI COSTRUZIONE

A seguito di quanto di seguito indicato, si ritengono i potenziali impatti derivanti dalla costruzione della centrale praticamente trascurabili per le componenti in esame.

I potenziali fattori di perturbazione rispetto all'assetto geomorfologico-geologico attuale sono:

- ✓ modifiche dell'assetto geomorfologico (es. adeguamento della viabilità di accesso, sbancamenti, stoccaggi temporanei, realizzazione fondazioni, realizzazione tubazioni interrato, realizzazione percorsi interrati cavi elettrostrumentali, realizzazione pavimentazioni, costruzione cabinati ed edifici);
- ✓ diminuzione della superficie di infiltrazione (es. stoccaggi temporanei e realizzazione pavimentazioni);
- ✓ variazione della litologia superficiale;
- ✓ consumo di inerti (es. adeguamento viabilità di accesso, realizzazione pavimentazioni).
- ✓ produzione di reflui e rifiuti.



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		46 / 80 Cap.5			ST-001		

Modifiche dell'assetto morfologico

Le alterazioni geomorfologiche interesseranno soprattutto la variazione dell'attuale piano campagna, che risulta leggermente depresso rispetto alle aree circostanti.

La nuova quota di piano campagna di stabilimento verrà dunque rimodellata in modo tale da annullare questa depressione e quindi facilitare l'allontanamento delle acque di precipitazione meteorica.

Diminuzione della superficie di infiltrazione

La diminuzione della superficie di infiltrazione non avrà impatti significativi sulle caratteristiche dei terreni e soprattutto sulle potenzialità della risorsa idrica sotterranea.

La realizzazione di superfici pavimentate, soprattutto nella zona impianti, garantirà un maggior grado di protezione del terreno sottostante da eventuali infiltrazioni di acque potenzialmente contaminate.

Variazione della litologia superficiale

Da un punto di vista prettamente litologico, la principale variazione sarà localizzata nella zona di costruzione dei nuovi impianti, dove è previsto lo scotico del terreno vegetale (primi 30-40 cm) per una volumetria stimata in ca. 27605 mc e la massa in opera di inerti stabilizzanti.

La parte a sud della strada che separerà l'isola di compressione dall'area della candela di sfiato e lungo le strade di pattugliamento, manterrà tendenzialmente inalterate le sue caratteristiche litologiche in affioramento. In tale area verrà stoccato il terreno vegetale asportato nella parte nord della centrale, al fine di raggiungere la quota di stabilimento, attualmente prevista da progetto a 62,80 m/p.c. (ca. 19025 mc).

Il delta di differenza del terreno vegetale scotico verrà reimpiegato all'interno delle aree a verde di proprietà Stogit (ca. 8580 mc).

Consumo di inerti

Il consumo di inerti per la formazione del piano di posa di stabilimento e per raggiungere la quota di 62,80 m nell'area che ospiterà gli impianti, ammonterà a ca. 67041 mc dei quali ca. 7700 mc verranno recuperati dalle operazioni di scavo necessarie alla posa in opera di infrastrutture sepolte o da altre operazioni di cantiere.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		47 / 80 Cap.5			ST-001		

I restanti 63041 mc di inerti necessari alla formazione del rilevato nell'area saranno approvvigionati da cave di prestito site nel raggio di circa 10-20 km dalla zona d'impiego.

I quantitativi dei materiali lapidei per le attività di costruzione, provenienti dall'esterno della centrale, non sono tali da arrecare problemi di consumo nell'area di studio.

Produzione di reflui e rifiuti

Il ciclo di gestione dei reflui e dei rifiuti prevede operazioni di stoccaggio e smaltimento controllate che non comporteranno il contatto diretto con il suolo.

Le imprese che svolgeranno le operazioni di cantiere saranno incaricate di smaltire i reflui liquidi prodotti durante la fase di costruzione, secondo la normativa vigente.

FASE DI ESERCIZIO

La fase di esercizio dell'impianto non determinerà impatti significativi sulle componenti in esame.

I reflui ed i rifiuti prodotti durante l'esercizio della centrale verranno opportunamente stoccati all'interno del sito e smaltiti in idoneo impianto esterno autorizzato, secondo la normativa vigente.

I diversi serbatoi destinati alla raccolta e stoccaggio di acque reflue potenzialmente inquinate (acque da trattare e acque di strato, acque reflue industriali) o di prodotti e composti inquinanti (es. oli esausti, gasolio, metanolo) sono interrati. Essi sono a doppia parete con camicia pressurizzata, muniti di allarme di bassa pressione per segnalare fughe o rottura per corrosione del serbatoio stesso.

La prevista gestione dei reflui e dei rifiuti sarà quindi tale da evitare qualsiasi tipo di contatto con il terreno in posto.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		48 / 80 Cap.5			ST-001		

5.3.2.4 Idrogeologia

FASE DI COSTRUZIONE

I potenziali fattori di perturbazione rispetto all'assetto idrogeologico attuale sono date da:

- ✓ interferenza con la falda (es. realizzazione pali di fondazione, realizzazione tubazioni interrate, realizzazione fondazioni; realizzazione pozzo per acqua; pulizie, lavaggi e soffiaggi tubazioni ed apparecchiature; flussaggio circuiti di lubrificazione con oli temporanei);
- ✓ diminuzione della superficie di infiltrazione (es. stoccaggi temporanei e realizzazione pavimentazioni);
- ✓ consumo di acqua (es. approvvigionamento idrico; realizzazione pali di fondazione e fondazioni, realizzazione tubazioni interrate; pulizia, lavaggi, soffiaggi tubazioni e apparecchiature);
- ✓ produzione di reflui da inviare a smaltimento (es. acque igienico/sanitarie, pulizie, lavaggi e soffiaggi tubazioni ed apparecchiature; flussaggio circuiti di lubrificazione con oli temporanei);
- ✓ produzione di rifiuti/inerti (es. adeguamento viabilità di accesso, sbancamenti, realizzazione pali di fondazione e fondazioni; realizzazione tubazioni interrate; flussaggio circuiti di lubrificazione con oli temporanei).

Interferenza con la falda

La realizzazione delle opere di fondazione può determinare un miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni nell'area di cantiere. Tale impatto, sebbene di entità ridotta, è quindi da considerare positivo ai fini delle infrastrutture che verranno costruite.

Le possibili interferenze con la falda saranno limitate alla fase di realizzazione dei pali di fondazione, a causa soprattutto della bassa soggiacenza della falda.

La durata delle attività sarà comunque limitata nel tempo e l'impatto sarà eventualmente dovuto ad un intorbidimento delle acque in un diretto intorno dell'area in cui avverrà la messa in opera dei pali di fondazione.

Durante l'esecuzione di scavi per la posa dei serbatoi interrati, la falda, se intercettata, verrà opportunamente allontanata tramite idoneo sistema di captazione (es. *wellpoint* o altro sistema ritenuto adeguato) e scaricata nelle vicine rogge.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		49 / 80 Cap.5			ST-001		

L'impatto quantitativo sulla risorsa idrica sotterranea sarà comunque limitato alla sola fase di costruzione e messa in opera delle infrastrutture, mentre è da considerarsi nullo l'impatto sulle caratteristiche qualitative, vista la tipologia di attività svolte. In ogni caso, in prossimità di scavi aperti o di fori di sondaggio si dovrà porre particolare attenzione, controllando che non ci siano perdite di oli dalle attrezzature e mezzi in opera o perdite di altre sostanze potenzialmente inquinanti.

La prevista perforazione del pozzo per acqua non interferirà, durante la sua costruzione, con le caratteristiche qualitative delle acque sotterranee, in quanto si userà come fluido di circolazione acqua chiara.

Diminuzione della superficie di infiltrazione

La riduzione della superficie di infiltrazione è strettamente legata alla presenza delle infrastrutture di cantiere che possono in parte ridurre la normale infiltrazione di acque meteoriche verso la falda.

La ricarica della prima falda non avviene principalmente per infiltrazione delle acque di precipitazione meteorica, ma da apporti da monte. Inoltre, i terreni superficiali presenti attualmente in sito sono caratterizzati da bassi valori di permeabilità che riducono sensibilmente i valori di infiltrazione diretta di acque meteoriche.

Tale tipologia di impatto è comunque limitata nel tempo e non comporterà alcuna variazione sulle potenzialità idriche della risorsa idrica sotterranea, soprattutto in considerazione della limitata estensione della superficie totale impermeabilizzata.

Consumo d'acqua

L'approvvigionamento idrico avverrà tramite allacciamento alla rete acquedottistica locale e, solo durante la fase di costruzione della centrale, utilizzando un piezometro/pozzo di piccolo diametro in prima falda per sopperire parte del fabbisogno idrico.

Complessivamente è previsto un consumo idrico giornaliero di ca. 40 mc/giorno.

Di questi ca. 20 mc/giorno saranno utilizzati per usi igienico-sanitari dal personale presente in cantiere (ca. 0,1 mc/giorno a persona) ed i restanti 20 mc/giorno per le diverse attività di cantiere.

E' previsto un prelievo da acquedotto di ca. 10 mc/giorno, mentre i restanti 30 mc/giorno verranno prelevati dal pozzo appositamente perforato.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		50 / 80 Cap.5			ST-001		

Si prevede un prelievo da pozzo stimabile in ca. 0,8-1 l/s (max 3,6 mc/ora).

Il pozzo da realizzare interesserà la prima falda e non andrà ad intercettare la seconda falda sottostante.

Si ritiene che l'impatto sulla produttività complessiva della prima falda risulterà modesto. Infatti, come evidenziato dalla **Figura 5.2.6.1.b** (Stato quantitativo delle risorse idriche della pianura lombarda), l'area su cui sorgerà la centrale, in sponda destra del fiume Oglio, rientra nella classe A e quindi è caratterizzata da un basso rapporto prelievi/ricarica.

I prelievi programmati in prima falda, comunque modesti, non interesseranno la produttività del pozzo ad uso acquedottistico ubicato a valle, in quanto questo ultimo risulta completato a livello di secondo acquifero.

In ogni caso, vista la presenza di pozzi ad uso agricolo nell'intorno della centrale, si consiglia di verificare, prima della messa in produzione dello stesso l'assenza di interferenze con i normali prelievi in prima falda esistenti nell'immediato intorno della zona di costruzione della nuova centrale.

Al termine delle attività di costruzione, il pozzo verrà opportunamente chiuso od eventualmente riconvertito a postazione di monitoraggio.

Produzione di reflui da inviare a smaltimento

Come già indicato per l'ambiente idrico superficiale, gli effluenti liquidi prodotti durante la fase di costruzione possono essere classificati secondo le seguenti tipologie:

- acque sanitarie dovute alla presenza degli addetti;
- acque meteoriche;
- acque utilizzate per mantenere umidi i piazzali e per il trattamento dei terreni di riporto;
- acque per collaudi idraulici.

L'impresa che svolgerà le operazioni di cantiere sarà incaricata di smaltire i reflui liquidi dovuti alla fase di costruzione, secondo la normativa vigente.

Le acque per gli usi sanitari saranno raccolte in W.C. chimici approntati all'uopo e svuotati periodicamente tramite automezzi autorizzati.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		51 / 80 Cap.5			ST-001		

Le acque meteoriche saranno disperse in superficie. Analogamente le acque utilizzate per mantenere umidi i piazzali e per il trattamento dei terreni di riporto saranno disperse in superficie.

Le acque utilizzate per i collaudi idraulici delle tubazioni, non essendo additivate e non contenendo idrocarburi in quanto usate in tubazioni nuove, verranno analizzate al fine di evidenziare il rispetto dei limiti di legge e quindi smaltite nei recettori esterni (roggia Ponzzone o roggia Bordolana).

Al fine di minimizzare i consumi ed i rilasci di reflui sarà inoltre favorito in generale il riciclo della acque (ad esempio acque utilizzate per i collaudi o i lavaggi).

Il ciclo di raccolta/smaltimento dei reflui liquidi potenzialmente inquinati impedirà qualsiasi tipo di contatto con la componente suolo-sottosuolo e, quindi, i potenziali rischi di impatto sulle acque sotterranee si possono considerare trascurabili.

Produzione di rifiuti/inerti

La presenza del cantiere produrrà una serie di materiali di risulta, i quali, dopo un deposito temporaneo all'interno dell'area di cantiere, saranno smaltiti e/o recuperati secondo la loro tipologia:

- i materiali non recuperabili, classificati come speciali, saranno portati in discariche autorizzate;
- i rifiuti assimilabili ai solidi urbani saranno smaltiti dall'impresa costruttrice;
- gli oli di lubrificazioni dei mezzi di cantiere saranno raccolti e conferiti al consorzio obbligatorio oli usati;
- i materiali recuperabili saranno venduti a ditte autorizzate alla raccolta degli stessi.

Lo stoccaggio di rifiuti o altro materiale potenzialmente pericoloso per la falda, dovrà avvenire in aree dedicate, opportunamente isolate dalla superficie del suolo e coperte per evitare fenomeni di dilavamento da parte delle acque meteoriche.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		52 / 80 Cap.5			ST-001		

FASE DI ESERCIZIO

Il progetto prevede la realizzazione delle seguenti opere per la salvaguardia del suolo-sottosuolo verso eventuali infiltrazione verso la falda di acque e/o prodotti potenzialmente contaminati:

- ✓ aree impianti pavimentate;
- ✓ piazzola per carico/scarico metanolo/oli/acque di processo; in cemento, impermeabilizzata, con cordoli di contenimento. Le aree cordolate saranno protette da tettoia;
- ✓ serbatoi interrati a doppia parete e intercapedine pressurizzata, in base alle relative Linee Guida dell'ARPA lombarda;
- ✓ serbatoi fuori terra muniti di adeguato bacino di contenimento;
- ✓ piazzola lavaggio pezzi meccanici in cemento, impermeabilizzata, con cordoli di contenimento e dotata di pozzetto sifonato e valvolato e collegato alla rete dei drenaggi chiusi.

A seguito di quanto indicato, si evidenzia che le potenziali sorgenti di impatto qualitativo della risorsa idrica sotterranea possono essere considerate praticamente assenti, dato che il ciclo di gestione delle acque reflue e dei rifiuti solidi e liquidi previsto all'interno della centrale è stato progettato per evitare qualsiasi tipo di sversamento sul terreno e, conseguentemente per lisciviazione, verso le acque della falda sottostante.

In caso, durante le attività operative della centrale si dovessero verificare eventi accidentali che portassero ad uno sversamento di rifiuti solidi o liquidi direttamente sul suolo, si dovrà immediatamente provvedere alla recinzione dell'area e alla bonifica dei terreni. In base all'entità dello sversamento accidentale dovrà essere programmato un piano di controllo qualitativo della risorsa idrica sotterranea con realizzazione di idonea rete piezometrica di controllo a valle idrogeologico dello sversamento.

Di seguito vengono descritti i principali fattori di perturbazione che, durante la fase di esercizio della centrale, possono essere causa di impatto per tale componente:

- ✓ diminuzione della superficie di infiltrazione (es. pavimentazioni finali e stabili);
- ✓ consumo di acqua (es. approvvigionamento idrico);
- ✓ produzione di reflui da inviare a smaltimento (es. acque igienico/sanitarie, pulizie, lavaggi apparecchiature; acque di strato, acque metanolate; acque meteoriche);
- ✓ produzione di rifiuti/inerti (es. rifiuti solidi e oli).



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		53 / 80 Cap.5			ST-001		

Diminuzione della superficie di infiltrazione

La riduzione della superficie di infiltrazione avverrà essenzialmente presso l'area impianti. In ogni caso la riduzione di superficie disponibile all'infiltrazione di acque meteoriche non ridurrà la potenzialità della risorsa idrica sotterranea e, al contrario, permetterà di aumentare il grado di tutela della falda, verso eventuali infiltrazioni di acque potenzialmente contaminate.

La tipologia di impatto, rispetto alla destinazione finale dell'area, è pertanto da considerarsi positiva.

Consumo di acqua

Per l'approvvigionamento idrico della centrale è previsto l'allacciamento alla rete acquedottistica locale.

Il sistema avrà lo scopo di distribuire acqua potabile per usi civili ed industriali. La fornitura di acqua alle utenze sarà garantita tramite allacciamento alla rete esistente connessa all'acquedotto comunale.

L'acqua prelevata verrà utilizzata oltre che per uso civile anche per uso irriguo, lavaggi e per manutenzione.

Nella fase di esercizio non viene quindi prevista la captazione di acque di falda, pertanto, il potenziale impatto quantitativo sulla risorsa idrica sotterranea, durante la fase di esercizio, sarà di fatto nullo.

Produzione di reflui

Le acque reflue prodotte durante l'esercizio della nuova centrale verranno gestite mediante:

- ✓ Sistema Acqua da Trattare e Acqua di Strato;
- ✓ Sistema Acque di Drenaggio;
- ✓ Sistema Acque Bianche;
- ✓ Sistema Acque Reflue Civili;
- ✓ Sistema Acqua di Servizio.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		54 / 80 Cap.5			ST-001		

I diversi serbatoi destinati alla raccolta e stoccaggio di acque reflue potenzialmente inquinate (acque da trattare e acque di strato, acque reflue industriali) o di prodotti e composti inquinanti (es. oli oli esausti, gasolio, metanolo) sono interrati. Essi sono a doppia parete con camicia pressurizzata, muniti di allarme di bassa pressione per segnalare fughe o rottura per corrosione del serbatoio stesso.

Il serbatoio in vetroresina delle acque di prima pioggia e il serbatoio per lo stoccaggio delle acque da separatori pozzi saranno dotati di bacini di contenimento tali da contenere eventuali perdite. Le pareti dei bacini saranno realizzate mediante muri in cemento armato; l'interno dei bacini sarà pavimentato con una soletta di cemento armato e avrà una pendenza verso il pozzetto di drenaggio. E' prevista un'impermeabilizzazione realizzata mediante resina bicomponente posizionata sulla pavimentazione e sulla parete interna dei muri fino ad un'altezza di almeno 2 m.

Le acque potenzialmente inquinate verranno inviate ad idoneo impianto di trattamento esterno.

Per maggiori dettagli sul sistema di gestione delle acque reflue si rimanda al quadro progettuale della centrale.

Le acque da trattare e le acque di strato verranno stoccate in dedicati serbatoi e successivamente smaltite ad idoneo impianto di trattamento esterno.

Le acque reflue industriali ossia gli scarichi provenienti dalle aree piazzole cordolate, dai lavaggi durante le operazioni di manutenzione (dei separatori in ingresso ai compressori, dei filtri gas combustibili a turbine, del serbatoio gasolio giornaliero, dei filtri per gasolio, della vasca KO drum di candela, del separatore di produzione, dei separatori LTS), dall'officina, dall'area lavaggio pezzi meccanici, dal lavabo nel magazzino parti strategiche e da altre aree servite dal sistema di drenaggio, verranno convogliate a serbatoi di raccolta dedicati e successivamente smaltite come rifiuto tramite autobotte.

Le acque meteoriche di prima pioggia verranno opportunamente raccolte e stoccate in dedicati serbatoi di capacità adeguata e, dopo caratterizzazione qualitativa verranno inviate ad idoneo impianto di trattamento esterno o, nel caso di rispetto dei limiti normativi, scaricate su corpo idrico superficiale (roggia Ponzone).

Il sistema di raccolta è dimensionato per i primi 5 mm di prima pioggia ricadenti nelle aree a rischio. Entro le 96 ore successive le acque raccolte dovranno essere analizzate e qualora risultassero contaminate verranno inviate, tramite cisterna, ad impianto di trattamento oppure convogliate al serbatoio di acque di prima pioggia.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		55 / 80 Cap.5			ST-001		

Le successive acque, raccolte oltre i successivi 5 mm di pioggia, verranno scaricate direttamente nella Roggia Ponzone adiacente alla Centrale di stoccaggio, come pure le acque di prima pioggia risultate, dalle analisi di controllo eseguite, non contaminate.

Le acque meteoriche ricadenti sui tetti, quindi non contaminate, verranno disperse direttamente al suolo tramite una rete di tubazione in PVC.

Dato che il sistema acquifero è ad alta vulnerabilità, che il sistema di canali e rogge risulta sospeso rispetto all'attuale superficie piezometrica (che presenta una soggiacenza di 4-5 m/p.c. presso la zona in cui verrà costruita la centrale) e visto il buono stato qualitativo delle acque sotterranee e superficiali (lo stato di qualità di quest'ultime è tale da garantire la vita dei pesci Salmonicoli e Ciprinicoli) nella situazione ante-operam, gli scarichi previsti (acque meteoriche) dovranno rispettare i limiti imposti da normativa.

Le acque reflue civili saranno raccolte da rete fognaria, immesse in una fossa Imhoff e successivamente inviate ad un impianto di fitodepurazione realizzato all'interno del perimetro della centrale e privo di scarichi esterni.

Da quanto indicato, il ciclo di raccolta/smaltimento dei reflui liquidi è in grado di salvaguardare la componente suolo-sottosuolo e, quindi, i potenziali rischi di impatto sulle acque sotterranee si possono considerare praticamente trascurabili.

Produzione di rifiuti

All'interno della centrale è previsto un sistema di gestione dei rifiuti ed un sistema di stoccaggio, carico/scarico degli oli derivanti dai turbocompressori.

Relativamente ai rifiuti solidi prodotti durante l'esercizio della centrale, questi verranno opportunamente stoccati in dedicate aree impermeabilizzate e munite di tettoia al fine di evitare il contatto con le acque di precipitazione meteorica. In particolare sono previste due apposite piazzole in cemento armato separate per il deposito di rifiuti vari prodotti nell'impianto, ciascuna dotata di impermeabilizzazione, di cordolo di contenimento e coperte da tettoia.

Tutti i rifiuti prodotti verranno successivamente smaltiti in idoneo impianto esterno autorizzato.

Il sistema di stoccaggio, carico/scarico degli oli turbogruppi sarà costituito da due serbatoi ispezionabili interrati (uno per l'olio nuovo e uno per l'olio di transito) e da pompe ad ingranaggi per la movimentazione dell'olio. Ogni serbatoio ha una capacità tale da



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		56 / 80 Cap.5			ST-001		

contenere una carica completa di un turbogruppo e saranno opportunamente rivestiti per la protezione contro le corrosioni e provvisti di asta di misura con tacche graduate in centimetri e relativa tabella di taratura.

L'olio di scarto verrà direttamente travasato dal serbatoio all'autobotte. Ogni serbatoio avrà una capacità adeguata e tale da contenere una carica completa di un turbogruppo. Le condense dei vapori a valle del separatore automatico verranno raccolte e convogliate nella rete di raccolta acque oleose.

I serbatoi sono opportunamente rivestiti per la protezione contro le corrosioni e provvisti di asta di misura con tacche graduate in centimetri e relativa tabella di taratura.

L'olio di scarto verrà direttamente travasato dal serbatoio all'autobotte per lo smaltimento esterno.

Da quanto indicato, anche in questo caso il ciclo di raccolta/smaltimento dei rifiuti solidi e liquidi è in grado di salvaguardare la componente suolo-sottosuolo e, quindi, i potenziali rischi di impatto sulle acque sotterranee si possono considerare trascurabili.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		57 / 80 Cap.5			ST-001		

5.4 Misure di mitigazione

Durante la costruzione e la fase di esercizio saranno presi tutti gli accorgimenti tali da ridurre al minimo i disturbi all'ambiente.

Tra questi i più significativi sono:

- al termine della costruzione l'area sarà ripulita da ogni tipo di materiale residuo eventualmente rimasto nel terreno e i rifiuti prodotti saranno smaltiti in discarica controllata i materiali di risulta, ad onere delle imprese appaltatrici;
- verranno adottate tutte le misure atte a limitare i consumi idrici, favorendo in generale il riciclo delle acque non inquinate per le attività di collaudo, lavaggio e umidificazione ed ottimizzando i quantitativi impiegati;
- dopo la realizzazione dell'impianto è prevista la bonifica e riconsegna in sicurezza del terreno delle aree di progetto;
- i rifiuti prodotti in fase di esercizio verranno opportunamente raccolti e gestiti in dedicate aree di stoccaggio isolate (dotate di cordolo di contenimento e tettoia) in modo tale da evitare spandimento e il dilavamento da parte di acque di precipitazione meteorica;
- i serbatoi destinati a contenere sostanze pericolose per l'ambiente saranno a doppia parete, con camicia pressurizzata, muniti di allarme di bassa pressione per segnalare fughe o rottura per corrosione del serbatoio stesso;
- i serbatoi fuori terra destinati a contenere sostanze pericolose per l'ambiente (serbatoio in vetroresina delle acque di prima pioggia e il serbatoio per lo stoccaggio delle acque da separatori pozzi) saranno muniti di idoneo bacino di contenimento.
- la centrale prevede un sistema di raccolta e separazione delle acque di prima pioggia che verranno opportunamente stoccate prima del loro smaltimento in impianto esterno autorizzato o, se risultate non contaminate, scaricate direttamente in roggia Ponzone. Lo scarico delle acque di prima pioggia dovrà avvenire solo a seguito di loro caratterizzazione qualitativa e allorquando verificati i requisiti richiesti da normativa (art. 7 del R.R. del 24 marzo 2006, n. 4) e, quindi, i valori limite di emissione della tabella 3 dell'allegato 5 al DLgs 152/1999 (o delle corrispondenti tabelle di riferimento del DLgs 152/06), ovvero di quelli eventualmente fissati dalla Regione ai sensi dell'articolo 28, commi 1 e 2 del decreto stesso.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		58 / 80 Cap.5			ST-001		

Di seguito si esaminano le principali potenziali interferenze con la componente in esame, rimarcando alcune misure di mitigazione da prendere in considerazione, in aggiunta a quelli già programmati in sede progettuale, per la fase di costruzione ed esercizio della nuova centrale.

5.4.1 Fase di costruzione

Da quanto indicato nei paragrafi precedenti, i potenziali impatti non reversibili legati alla fase di costruzione della nuova centrale sono essenzialmente dovuti alla sottrazione di suolo ed alla conseguente modifica della destinazione d'uso programmata da P.R.G. del comune di Bordolano.

Il principale rischio di impatto è comunque legato all'utilizzo ed alla produzione, all'interno dell'area cantiere, di reflui e rifiuti potenzialmente pericolosi per le diverse componenti esaminate (suolo-sottosuolo e acque sotterranee).

L'alta permeabilità dei depositi alluvionali, l'asportazione dello strato a bassa permeabilità superficiale (operazione necessaria dal punto di vista geotecnico), la bassa soggiacenza della falda e la presenza di un pozzo ad uso acquedottistico direttamente a valle idrogeologico del sito, suggeriscono la necessità di porre particolare attenzione nella gestione del ciclo delle acque reflue e dei rifiuti al fine di evitare qualsiasi tipo di contatto con il suolo superficiale e conseguentemente con le acque sotterranee sottostanti.

Relativamente al consumo di acqua sotterranea, per le normali attività cantieristiche (ca. 30 mc/giorno), i quantitativi emunti sono limitati (ca. 0,8-1,0 l/s) e non dovrebbero arrecare disturbo alle potenzialità idriche della falda.

In ogni caso, prima della messa in produzione del pozzo per acqua sarà necessario monitorare l'andamento dei livelli piezometrici in un discreto intorno, soprattutto nei primi pozzi ad uso agricolo localizzati nell'intorno della zona centrale.

Inoltre, durante la fase di realizzazione del pozzo per acqua si dovrà porre particolare attenzione a non mettere in comunicazione acquiferi idraulicamente separati (1° e 2° falda). La perforazione dovrà essere pertanto eseguita a carotaggio continuo al fine di verificare nel dettaglio la stratigrafia dei terreni. Il pozzo dovrà interessare solo il primo acquifero e non superare lo strato impermeabile di separazione con il secondo.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		59 / 80 Cap.5			ST-001		

Al fine di ottimizzare i prelievi, si consiglia l'utilizzo di due cisterne fuori terra da utilizzare come "polmone" di raccolta dell'acqua di falda, che potrebbero essere riempite durante le ore notturne, al fine di evitare i prelievi da falda durante il giorno.

Infine, ultima considerazione in merito all'utilizzo del pozzo per acqua per fini cantieristici, si sottolinea che l'utilizzo di acqua di falda ridurrà l'approvvigionamento idrico da parte dell'acquedotto locale ed eviterà di utilizzare autocisterne che andrebbero sicuramente ad interferire sul già alto flusso veicolare previsto soprattutto nella prima fase di apertura cantiere.

5.4.2 Fase di esercizio

Nella fase di esercizio, il maggiore rischio di potenziale impatto con la componente ambientale in esame è da collegare ad eventuali sversamenti accidentali e/o a perdite nascoste e diffuse da infrastrutture di prodotti inquinanti.

Le aree con la presenza di impianti con sostanze potenzialmente contaminanti saranno pavimentate e dotate di sistemi di contenimento in grado di controllare ed intercettare anche eventuali uscite accidentali.

Tutti i serbatoi interrati contenenti sostanze potenzialmente pericolose per il sistema idrogeologico sono a doppia parete con camicia pressurizzata, muniti di sistema di allarme di bassa pressione in grado di allertare in tempo reale in caso di fughe o rotture del serbatoio stesso. I serbatoi non interrati sono dotati di idoneo bacino di contenimento.

Le modalità costruttive dell'impianto e la gestione del ciclo dei reflui e dei rifiuti prodotti sono in grado di fornire buone garanzie di tutela della risorsa idrica sotterranea.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		60 / 80 Cap.5			ST-001		

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.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		61 / 80 Cap.5			ST-001		

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 centrale in caso di superamento delle CSC previste da normativa nelle acque di falda



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		62 / 80 Cap.5			ST-001		

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.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		63 / 80 Cap.5			ST-001		

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**.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		64 / 80 Cap.5			ST-001		

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:



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas		Fg. / di			Comm. N°		
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		65 / 80 Cap.5			ST-001		

RfD_o metanolo: 5,0E-01 mg/kg-d

RfD_o 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

EF = frequenza esposizione rispettivamente pari a 350 giorni/anno

ED = durata dell'esposizione pari a 30 anni

BW = peso corporeo pari a 70 kg

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.

Come *target* di rischio sanitario non cancerogeno è stato considerato il valore proposto da APAT (THQ=1); nel presente studio, per rendere la valutazione ancora più conservativa, il *target* non cancerogeno è stato suddiviso per 10 (THQ=0,1).

La concentrazione limite per acque ad uso potabile del metanolo può essere ottenuta dalla seguente equazione:

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

$$CSC_{metanolo} = \frac{0,1}{2,7E-04} \cdot 5,0E-01 = 185,1 \text{ mg/l}$$



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas		Fg. / di			Comm. N°		
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		66 / 80 Cap.5			ST-001		

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

$$CSC_{naftalene} = \frac{0,1}{2,7E-04} \cdot 2,0E-02 = 7,4 \text{ mg/l}$$

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:

λ_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

δ_{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.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		67 / 80 Cap.5			ST-001		

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

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

La 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.b** 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 C_w pari a 2 volte la CSC
- 555 m per una concentrazione in falda C_w pari a 5 volte la CSC
- 825 m per una concentrazione in falda C_w pari a 10 volte la CSC
- 1910 m per una concentrazione in falda C_w 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°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni				
Settore	CREMA (CR)	0	1			
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°				
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121				
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°	
		68 / 80			ST-001	
		Cap.5				

Parametri Sito-Specifici			METANOLO					n-ESANO				
Coefficiente di partizione Carbonio Organico	K _{oc}	(l/kg)	-0,77	-0,77	-0,77	-0,77	-0,77	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)	1,0E+06	1,0E+06	1,0E+06	1,0E+06	1,0E+06	1,3E+01	1,3E+01	1,3E+01	1,3E+01	1,3E+01
Concentrazione Acque in zona sorgente	C _{avg}	(mg/l)	185	370	926	1851	9255	0,35	0,70	1,75	3,50	17,50
Coefficiente di Permeabilità	K	(m/s)	5,0E-04									
Gradiente idraulico	I	(-)	0,01									
Velocità darcianna	V _{av}	(m/y)	1,6E+02									
Porosità Efficace	θ _{eff}	(-)	5,0E-06									
Velocità Reale	V _r	(m/y)	3,0E-01									
Larghezza perpendicolare alla direzione di flusso	S _w	(m)	300									
Spessore Acquifero	q _{av}	(m)	20									
Zona di Diluizione in falda	δ _{av}	(m)	20,0									
Distanza del POC dalla sorgente	X _{POC}	(m)	0	280	555	825	1910	0	280	555	825	1910
Coefficiente di Dispersione Longitudinale	α _L	(m)	0	28	55,5	82,5	191	0	28	55,5	82,5	191
Coefficiente di Dispersione Orizzontale	α _H	(m)	0	0,24	18,315	27,225	83,03	0	0,24	18,315	27,225	83,03
Coefficiente di Dispersione Verticale	α _V	(m)	0	1,4	2,775	4,125	9,55	0	1,4	2,775	4,125	9,55
Costante di degradazione	λ	(1/d)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fattore di Ritardo	R	(-)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	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	0,0E+00	6,1E-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	0,0E+00	2,0E+00	5,0E+00	1,0E+01	5,0E+01
Concentrazione alla distanza X _{POC}	C _{POC}	(mg/l)	0,0E+00	1,9E+02	1,8E+02	1,8E+02	1,9E+02	0,0E+00	3,5E-01	3,5E-01	3,5E-01	3,5E-01
Concentrazione Limita	CSC	(mg/l)	185,1	185,1	185,1	185,1	185,1	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
RISCHIO FALDA AL POC	RF _{POC}	(-)	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Parametri Sito-Specifici			BENZENE					XILENE (miscela di Isomeri)				
Coefficiente di partizione Carbonio Organico	K _{oc}	(l/kg)	62	62	62	62	62	311	311	311	311	311
Costante di Henry	H'	(-)	5,56E-03	5,56E-03	5,56E-03	5,56E-03	5,56E-03	3,14E-01	3,14E-01	3,14E-01	3,14E-01	3,14E-01
Solubilità	S	(mg/l)	1,8E+03	1,8E+03	1,8E+03	1,8E+03	5,1E+01	1,9E+02	1,9E+02	1,9E+02	1,9E+02	1,9E+02
Concentrazione Acque in zona sorgente	C _{avg}	(mg/l)	0,001	0,0020	0,0050	0,0100	0,0500	0,010	0,0200	0,0500	0,1000	0,5000
Coefficiente di Permeabilità	K	(m/s)	5,0E-04									
Gradiente idraulico	I	(-)	0,01									
Velocità darcianna	V _{av}	(m/y)	1,6E+02									
Porosità Efficace	θ _{eff}	(-)	5,0E-06									
Velocità Reale	V _r	(m/y)	3,0E-01									
Larghezza perpendicolare alla direzione di flusso	S _w	(m)	300									
Spessore Acquifero	q _{av}	(m)	20									
Zona di Diluizione in falda	δ _{av}	(m)	20,0									
Distanza massima del plume	X _{POC}	(m)	0	280	555	825	1910	0	280	555	825	1910
Coefficiente di Dispersione Longitudinale	α _L	(m)	0	28	55,5	82,5	191	0	28	55,5	82,5	191
Coefficiente di Dispersione Orizzontale	α _H	(m)	0	0,24	18,315	27,225	83,03	0	0,24	18,315	27,225	83,03
Coefficiente di Dispersione Verticale	α _V	(m)	0	1,4	2,775	4,125	9,55	0	1,4	2,775	4,125	9,55
Costante di degradazione	λ	(1/d)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fattore di Ritardo	R	(-)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	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	0,0E+00	6,1E-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	0,0E+00	2,0E+00	5,0E+00	1,0E+01	5,0E+01
Concentrazione alla distanza massima X _{POC}	C _{POC}	(mg/l)	0,0E+00	1,0E-03	1,0E-03	1,0E-03	1,0E-03	0,0E+00	1,0E-02	1,0E-02	1,0E-02	1,0E-02
Concentrazione Limita	CSC	(mg/l)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RISCHIO FALDA AL POC	RF _{POC}	(-)	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Parametri Sito-Specifici			NAFTALENE					BENZENANTRACENE				
Coefficiente di partizione Carbonio Organico	K _{oc}	(l/kg)	200	200	200	200	200	398000	398000	398000	398000	398000
Costante di Henry	H'	(-)	1,80E-02	1,80E-02	1,80E-02	1,80E-02	1,80E-02	1,37E-04	1,37E-04	1,37E-04	1,37E-04	1,37E-04
Solubilità	S	(mg/l)	3,1E+01	3,1E+01	3,1E+01	3,1E+01	3,1E+01	9,4E-03	9,4E-03	9,4E-03	9,4E-03	9,4E-03
Concentrazione Acque in zona sorgente	C _{avg}	(mg/l)	7	15	37	74	370	0	2,0E-04	5,0E-04	1,0E-03	5,0E-03
Coefficiente di Permeabilità	K	(m/s)	5,0E-04									
Gradiente idraulico	I	(-)	0,01									
Velocità darcianna	V _{av}	(m/y)	1,6E+02									
Porosità Efficace	θ _{eff}	(-)	5,0E-06									
Velocità Reale	V _r	(m/y)	3,0E-01									
Larghezza perpendicolare alla direzione di flusso	S _w	(m)	300									
Spessore Acquifero	q _{av}	(m)	20									
Zona di Diluizione in falda	δ _{av}	(m)	20,0									
Distanza massima del plume	X _{POC}	(m)	0	280	555	825	1910	0	280	555	825	1910
Coefficiente di Dispersione Longitudinale	α _L	(m)	0	28	55,5	82,5	191	0	28	55,5	82,5	191
Coefficiente di Dispersione Orizzontale	α _H	(m)	0	0,24	18,315	27,225	83,03	0	0,24	18,315	27,225	83,03
Coefficiente di Dispersione Verticale	α _V	(m)	0	1,4	2,775	4,125	9,55	0	1,4	2,775	4,125	9,55
Costante di degradazione	λ	(1/d)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fattore di Ritardo	R	(-)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	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	0,0E+00	6,1E-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	0,0E+00	2,0E+00	5,0E+00	1,0E+01	5,0E+01
Concentrazione alla distanza massima X _{POC}	C _{POC}	(mg/l)	0,0E+00	7,5E+00	7,4E+00	7,4E+00	7,4E+00	0,0E+00	1,0E-04	1,0E-04	1,0E-04	1,0E-04
Concentrazione Limita	CSC	(mg/l)	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
RISCHIO FALDA AL POC	RF _{POC}	(-)	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabella 5.5.b: Simulazioni in stazionario. Stima della zona di potenziale impatto a valle della centrale per concentrazioni diffuse in falda pari a 2, 5, 10 e 50 volte le CSC tabellari



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		69 / 80 Cap.5			ST-001		

SIMULAZIONE 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).



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		70 / 80 Cap.5			ST-001		

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)

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

θ_{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**).

Una 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).



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas		Fg. / di			Comm. N°		
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		71 / 80 Cap.5			ST-001		

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 (-)	ρs (kg/l)	θeff (-)	R (-)	Vr (m/giorno)	X (m)	T (giorni)
Acqua						1,4		590
Metanolo	2,04E-01	0,001	1,7	0,3	1,0		825	590
n-Esano	479				3,7			2189
Benzene	62				1,4			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 conservativamente la presenza di adsorbimento ($R \neq 1$) e l'assenza di fenomeni di tipo degradativo ($\lambda=0$):

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



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		72 / 80 Cap.5			ST-001		

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

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

I risultati delle simulazioni sono rappresentati, per i 6 inquinanti indicatori selezionati, nei grafici delle **Figure 5.5.a-f**. 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:

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)



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		73 / 80 Cap.5			ST-001		

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 ≤ 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.



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		74 / 80 Cap.5			ST-001		

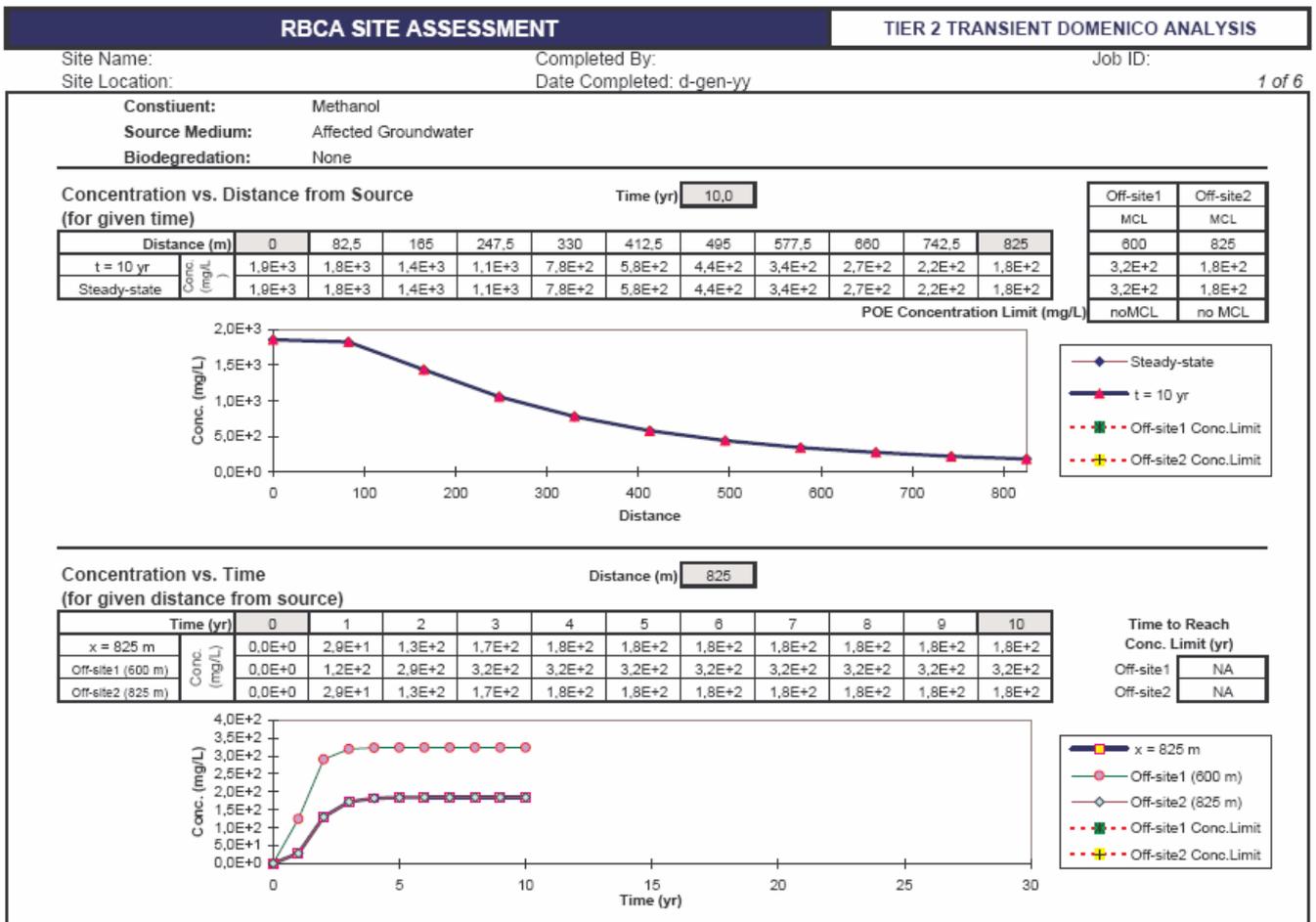


Fig. 5.5.a: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Metanolo



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		75 / 80 Cap.5			ST-001		

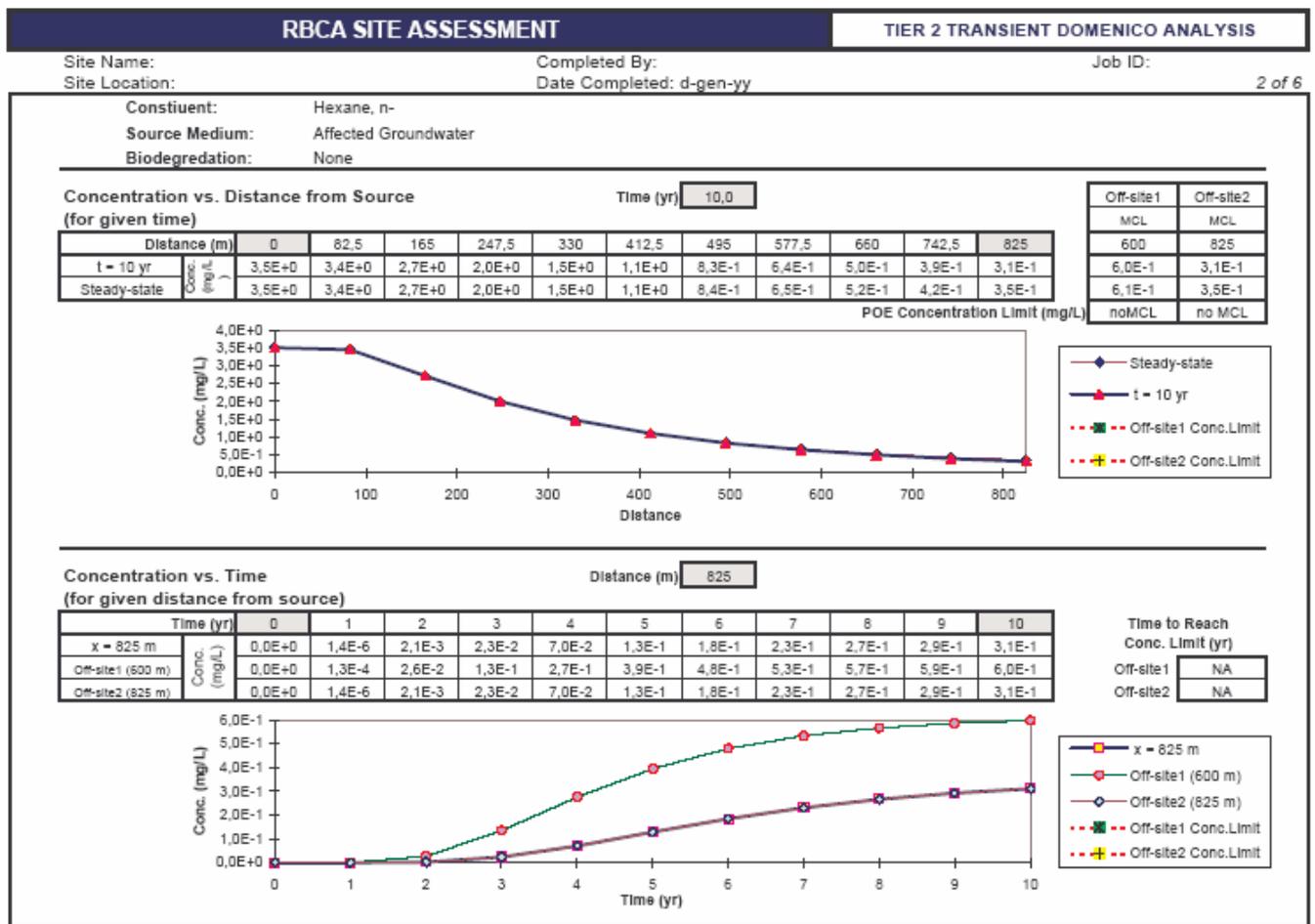


Fig. 5.5.b: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto n-Esano



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		76 / 80 Cap.5			ST-001		

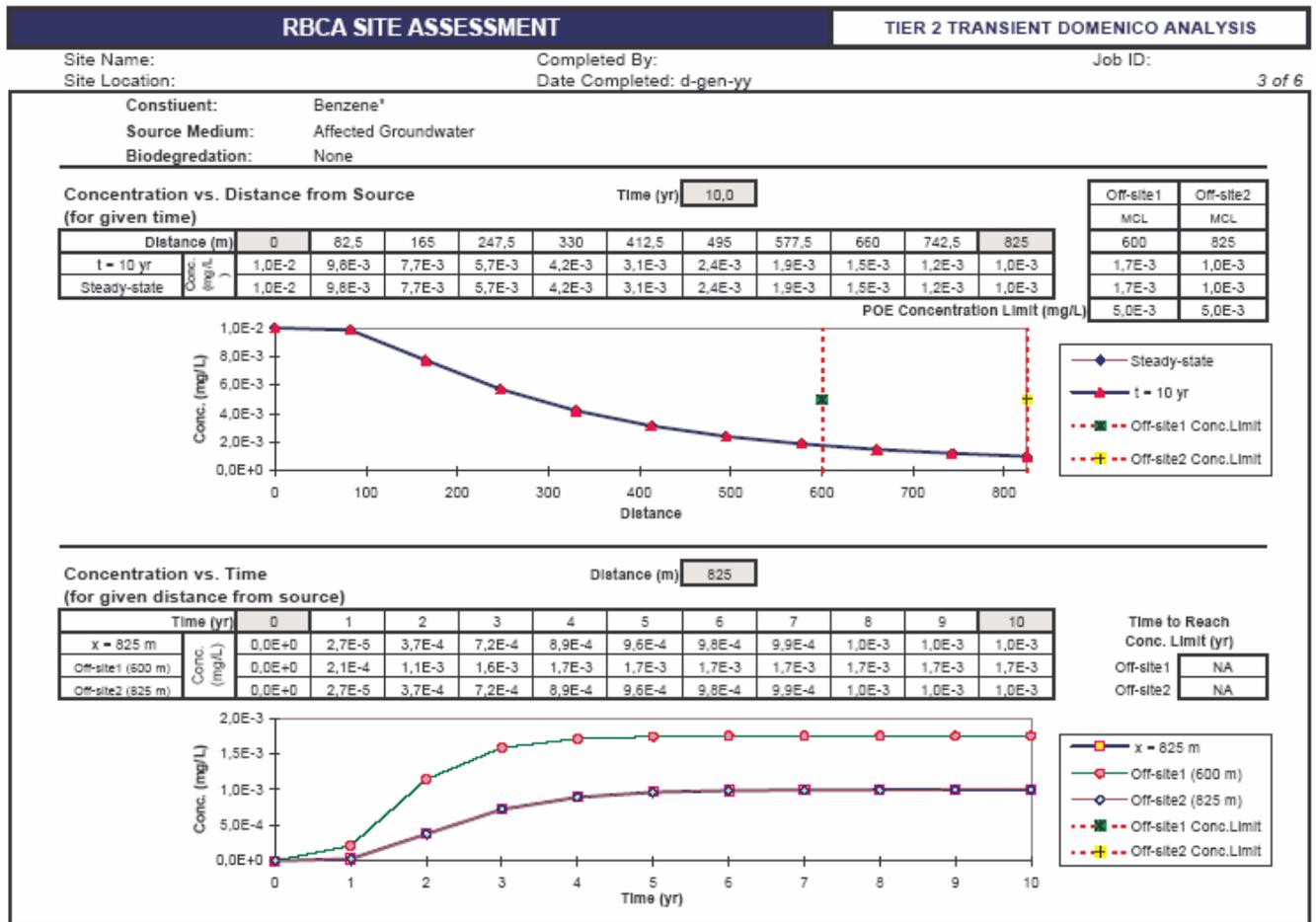


Fig. 5.5.c: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Benzene



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		77 / 80 Cap.5			ST-001		

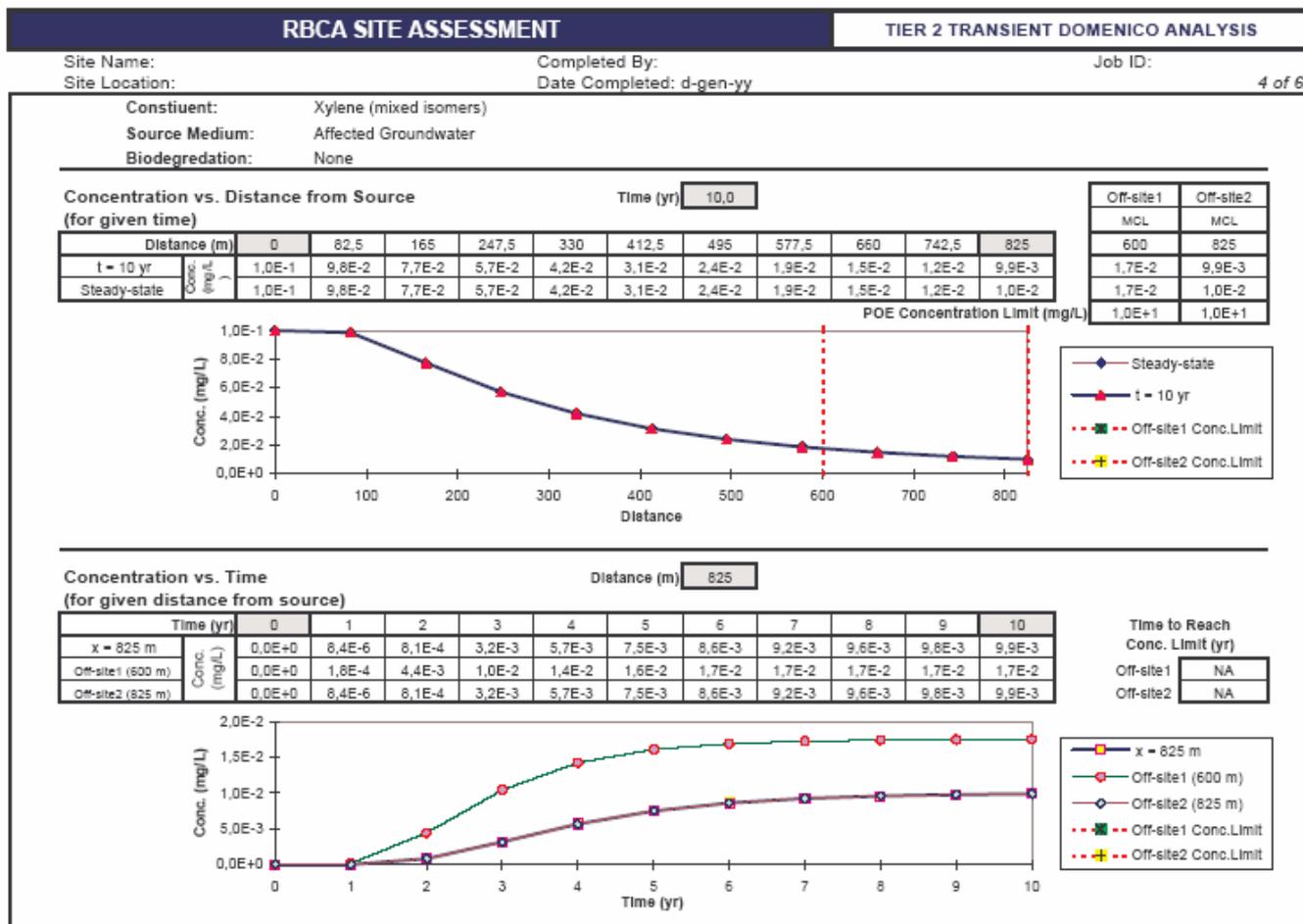


Fig. 5.5.d: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Xileni (mistura di isomeri)



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		78 / 80 Cap.5			ST-001		

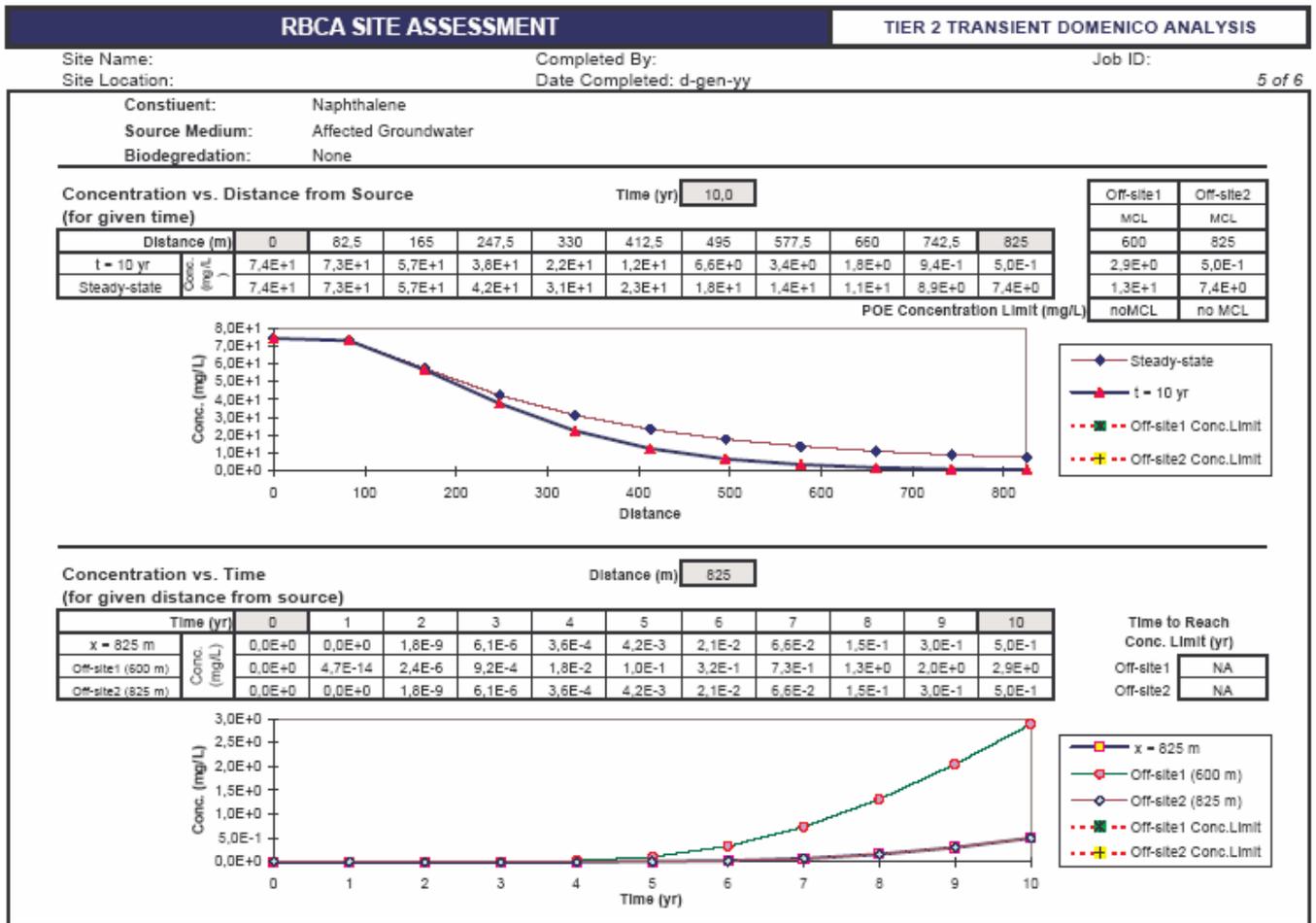


Fig. 5.5.e: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Naftalene



Stogit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		79 / 80 Cap.5			ST-001		

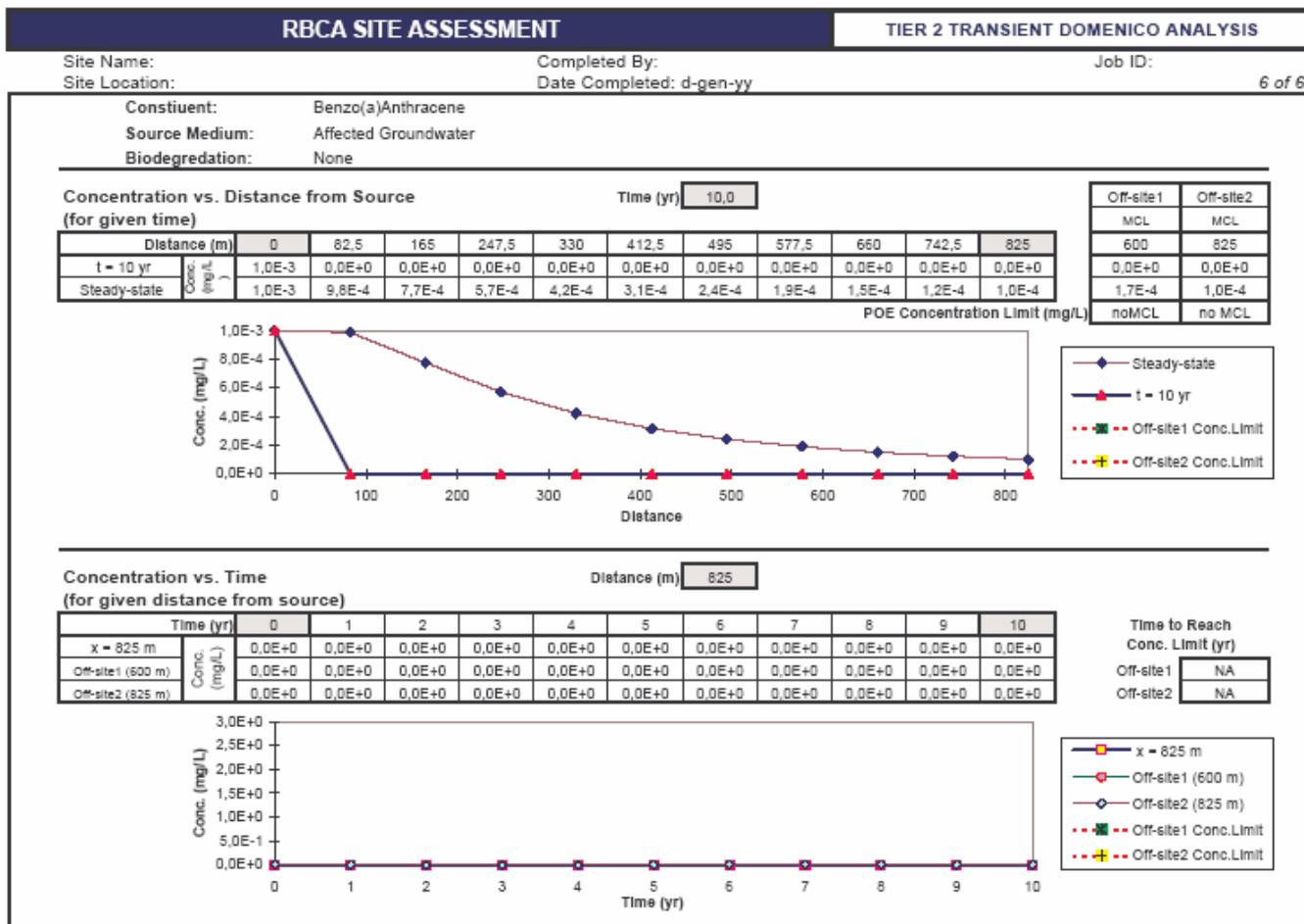


Fig. 5.5.f: Simulazioni in TRANSITORIO del F&T del composto Benzo(a)Antracene



Stogjit

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

Doc. N°	0103.00.BF.LA.13121	Revisioni					
Settore	CREMA (CR)	0	1				
Area	BORDOLANO (CR)	Doc. N°					
Impianto	IMPIANTO DI STOCCAGGIO GAS DI BORDOLANO (CR)	0103.00.BF.LA.13121					
Centrale di compressione e trattamento gas STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO AMBIENTALE		Fg. / di			Comm. N°		
		80 / 80 Cap.5			ST-001		

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1992) – Studio idrogeologico della provincia di Cremona. Pitagora Editrice, Bologna.

AA.VV. (1997) - *Carta geomorfologica della pianura padana, alla scala 1:250.000*, Selca, Firenze.

AA.VV. (2001) – Acque sotterranee in Lombardia: gestione sostenibile di una risorsa strategica. Regione Lombardia.

AA.VV. (2006) - Classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei di pianura – Programma di tutela ed uso delle acque (PTUA), Regione Lombardia.

APAT (2006), “Criteri metodologici per l’applicazione dell’analisi assoluta del rischio”.

Carcano C., Piccin A. (2002) - Geologia degli acquiferi padani della regione Lombardia – Relazione tecnica. S. EL. CA., Firenze.

Comizzoli G. *et al.* (1969) - Note illustrative alla carta geologica d’Italia, Foglio n. 46 – Treviglio.

Marchetti M. (1991) - Interpretazione geomorfologica delle tracce di idrografia abbandonata nell’area compresa tra Melegnano e Treviglio. Boll. Ass. Min. Subalpina.

Marchetti M. (2000) – Geomorfologia fluviale. Pitagora Editrice, Bologna

Pieroni M. (2006a) – Livelli decisionali in una progettazione ambientale: scenario acque sotterranee – Applicazione della procedura di analisi del rischio per siti contaminati - Roma 26, 27, 28 settembre 2006.

Pieroni M. (2006b) – Controllo delle concentrazioni limite previste da normativa: livello decisionale 1 di analisi del rischio – Siti Contaminati n. 2 anno 2006.

Provincia di Cremona (2006) – Atlante dei dati ambientali:
(<http://www.atlanteambientale.it/atlanteambientale>)