
	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 1 a 91	
	N° DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		


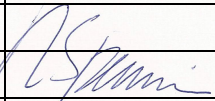


Sito ex-Acna di Cengio (SV)



Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche)

Relazione di sintesi a supporto del collaudo e della certificazione della bonifica dei terreni

e


Variante al Progetto di Bonifica

					
					
00	Emissione	Conti/Leale	Barompriori	Speranzini	21/12/2018
Indice di Rev.	Descrizione Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data
<p>Allegato 3 – Istruzione Operativa “Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto” Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti. La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato; prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.</p>					

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 2 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	



Memorandum delle revisioni

Ind. di Rev.	Data	Paragrafo	Descrizione sintetica revisione

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 3 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

INDICE



1.	INTRODUZIONE E SOMMARIO	6
1.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
2.	INFORMAZIONI GENERALI SULL'AREA E SUL PROGETTO DI BONIFICA	10
2.1	INQUADRAMENTO DELL'AREA	10
2.2	ITER DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO	11
2.3	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA	13
2.3.1	Messa in sicurezza di emergenza delle Collinette	13
2.3.2	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 e aree pubbliche).....	16
2.3.3	Verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica.....	19
2.3.4	Sistemazione finale dell'area	20
2.3.5	Effetti delle piene del Fiume Bormida del novembre 2001 e novembre 2016.....	20
3.	SINTESI DEGLI STUDI ESEGUITI PER LA ZONA A3 NEL 2011.....	22
3.1	ESAME DEGLI STUDI SULL'AMMASSO MARNOSO DEL SITO.....	23
3.2	VERIFICA DELLE OPERE DI CONFINAMENTO FISICO DEL SITO	24
3.3	VALUTAZIONE DELLE TECNICHE DI SCAVO E SOPRALLUOGHI IN ZONA A3	26
3.4	VERIFICA DELLE QUOTE DI FONDO SCAVO	28
3.5	ANALISI DEI RISULTATI DEI CAMPIONAMENTI.....	28
3.6	RISULTATI DELLE INDAGINI SUI TERRENI DI RIPOSTO DEL LUGLIO/OTTOBRE 2010	29
3.7	RISULTATI DEI CAMPIONAMENTI SUI TERRENI DI RIPOSTO PROVENIENTI DAGLI SCAVI CON BENNA	29
3.8	RISULTATI DEI CAMPIONAMENTI DELLE ACQUE DI FONDO SCAVO	30
3.9	RISULTATI DEI CAMPIONI DI TERRENO PRELEVATI DAI SONDAGGI SPINTI ALL'INTERNO DEL SUBSTRATO MARNOSO.....	30
3.10	CONCLUSIONI DELLO STUDIO DEL 2011	31
4.	SINTESI DEGLI STUDI ESEGUITI PER LA ZONA A3 NEL 2015.....	33
4.1	PERFORAZIONE DI SONDAGGI NEL MATERIALE UTILIZZATO PER LA REALIZZAZIONE DELLA SCOGLIERA IN AREA A3.....	36
4.2	PERFORAZIONE ED INSTALLAZIONE DI N° 8 TRIPLETTE DI PIEZOMETRI (RIPOSTO/MARNA)	37
4.3	PERFORAZIONE DI N° 4 SONDAGGI IN MARNA	37
4.4	CAMPIONAMENTO DELLA MARNA	38
4.5	CAMPIONAMENTO ACQUE DAI PIEZOMETRI	38
4.6	ANALISI CHIMICHE SUI CAMPIONI DI TERRENO (MATERIALE DI RIPOSTO).....	39
4.7	TEST DI CESSIONE IN ACQUA DEIONIZZATA (MARNA)	39
4.8	PROVE PER LA DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA E DEI PARAMETRI DIFFUSIVI (MARNA)	39
4.9	LIVELLI IDRICI IN ZONA A3	40
4.10	ANALISI CHIMICHE SUI CAMPIONI DI ACQUE.....	41
4.11	RISULTATI DELLO STUDIO DEL 2015	42
4.12	AZIONI PREVISTE IN ZONA A3 A SEGUITO DELLO STUDIO CONDOTTO NEL 2015	44
5.	SINTESI DEGLI STUDI ESEGUITI PER LA ZONA A3 NEL 2016 - 2017	47
5.1	LE INDAGINI SULLA MARNA: INDAGINI SEM, TEM E XRD.....	48
5.2	CARATTERIZZAZIONE GEOCHIMICA E ISOTOPICA DELLE ACQUE	49
5.3	RICOSTRUZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO NUMERICO DEL SITO	55
5.4	CONCLUSIONI DELLO STUDIO DEL 2017	62

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 4 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

6.	LE CONDIZIONI AMBIENTALI DELLA ZONA A3	65
7.	ANALISI DI RISCHIO SANITARIO	70
8.	INTERVENTO DI RIPRISTINO ARGINI SORMONTABILI	73
8.1	ITER PROGETTUALE	73
9.	ATTIVITA' DI GESTIONE E CONTROLLO	78
9.1	PROGRAMMA DI MONITORAGGIO DELLE AREE GOLENALI	78
9.2	PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE DEL FIUME BORMIDA	81
9.2.1	Attività di monitoraggio del fiume Bormida effettuate da Syndial	81
9.2.2	Struttura del nuovo Protocollo di monitoraggio del Bormida siglato nel 2017	83
9.2.3	Fasi operative del protocollo e azioni conseguenti	84

ELENCO FIGURE NEL TESTO

<i>Figura 1: Estratto da planimetria catastale dello stabilimento di Cengio con ubicazione delle aree di intervento per la bonifica delle aree Golenali (tratto da Progetto Esecutivo di Bonifica delle Aree Golenali - Zona A3 e Aree Pubbliche – Rel SPC. 03-BE-E-95270 Tav. 03-BL-A—95281 – Snamprogetti)</i>	11
<i>Figura 2: Estratto da planimetria catastale dello stabilimento di Cengio con ubicazione delle cosiddette “collinette”</i>	14
<i>Figura 3: Ubicazione dei depositi preliminari in area Basso Piave (Zona A1) nell’ambito della messa in sicurezza di emergenza</i>	15
<i>Figura 4: Sistemazione finale dell’area Basso Piave (Zona A1)</i>	16
<i>Figura 5: Ubicazione delle indagini eseguite</i>	35
<i>Figura 6 - schema di completamento dei piezometri</i>	37
<i>Figura 7: Risultati di 180 e 34S del solfato disciolto, dati di Marzo e Giugno: in verde sono rappresentati i valori per piezometri B, in rosso A e in nero e bianco i piezometri per le aree A1 e A2 rispettivamente; la grandezza dei simboli è proporzionale alla concentrazione del solfato. Per maggior comprensione sono considerati, nel grafico in alto, i confronti tra i dati nel riporto interno e quelli nel riporto esterno (ponendo quelli in marna in trasparenza) e nel grafico sotto i dati del riporto e della marna in area A3. Si osservi come i dati relativi al riporto (b) in zona A3 abbiano sempre valori diversi e più impoveriti per Ossigeno e Zolfo rispetto ai valori registrati nei piezometri in area A1 e A2 dando evidenza che non possono derivare da essi. I dati in marna sono molto più distribuiti per i probabili effetti di biodegradazione già osservati per questa matrice che comportano un arricchimento, visibile in particolare per il P36A e il P31bis</i>	52
<i>Figura 8: Dual isotope plots 13C e 37Cl-MCB per il MCB, valori medi per le campagne di marzo e giugno. Con una linea tratteggiata in rosso sono stati messi in evidenza i trend che mostrano valori di δ 13C e/o δ 37Cl impoveriti all’esterno (verde riporto, rosso marna) se confrontati con il corrispondente punto di confronto interno (grigio) e che danno dunque evidenza che non vi possa essere una provenienza dall’interno verso l’esterno della cinturazione. La dimensione dei cerchi è funzione della concentrazione</i>	54
<i>Figura 9: Assetto piezometrico (elaborazione dati Aprile 2016) e traccia delle sezioni di modello attraverso le aree A2 e A3 (modelli “Sezioni estese”)</i>	57
<i>Figura 10: Sezioni “as-built” delle opere di contenimento, di riferimento per le verifiche di filtrazione (modelli di dettaglio)</i>	58

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 5 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

<i>Figura 11: Sezione tipo dell'opera di contenimento (Sez. E-E')</i>	59
<i>Figura 12: Sezione 1, campo piezometrico nello scenario post operam con capping, e linee di flusso (forward) con origine dai particelle sulla verticale della barriera. Si noti a ogni profondità l'assenza di linee di flusso dirette dall'interno verso l'esterno del sito.</i>	61
<i>Figura 13: spessori dei residui di lavorazione (tratta da: "Carta degli spessori dei residui di lavorazione industriale e dei materiali non inerti (Rif. Annesso 1, Fig. 5.1.2.U e Rel 12/1802AO, Consorzio BASI, Marzo 2001)"</i>	69
<i>Figura 14 - Planimetria sistemazione finale (da Dis. Snamprogetti 03-BL-A-95293, gennaio 2008)</i>	74
<i>Figura 15: Planimetria sistemazione area golenale</i>	76

ELENCO FIGURE FUORI TESTO

Figura 1: Layout della Zona A3 e delle aree golenali

Figura 2: Profilo geologico/geotecnico in asse all'opera arginale e profondità dell'opera di contenimento fisico



Figura 3: Ubicazione delle indagini eseguite nel 2010 (Studio di approfondimento del 2011)

Figura 4: Ubicazione dei piezometri di monitoraggio e dei sondaggi aggiuntivi eseguiti nel 2014 (Studio di approfondimento del 2015)

ELENCO ANNESSI

ANNESSE A Analisi di rischio sanitario Zona A3

ANNESSE B Ripristino Opere Arginali Fiume Bormida - Progetto Esecutivo

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 6 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

1. INTRODUZIONE E SOMMARIO

La presente relazione riassume gli esiti delle attività di approfondimento tecnico eseguite dopo il completamento delle attività di bonifica delle aree golenali del sito di Cengio ai fini della conclusione dell'iter di collaudo e certificazione e presenta il progetto di manutenzione e adeguamento degli argini sormontabili, in qualità di variante al Progetto approvato.

Gli interventi di bonifica delle aree golenali del sito di Cengio, che si trovano all'esterno del muro di contenimento del sito, in fregio alla sponda destra del Fiume Bormida, sono stati compiuti da Syndial in accordo con il Progetto Preliminare di Bonifica approvato nel 2003¹, con il Progetto Definitivo autorizzato nel 2006² e con il Progetto Esecutivo autorizzato nel 2008³.

Il Progetto, facendo seguito alle richieste del precedente Provvedimento n. 236 del 17/12/2007, ha previsto la bonifica dei terreni sia della Zona A3, per la maggior parte di proprietà syndial, sia la bonifica delle Aree Pubbliche⁴, esterne alle aree di proprietà, di competenza della gestione commissariale.

Dette aree non sono mai state interessate da attività produttive, ma sono state oggetto, prima degli anni '80, di abbancamenti di materiali di risulta, blocchi di calcestruzzo e residui industriali. La bonifica ha previsto l'asportazione di tutti i materiali di riporto e dei materiali alluvionali naturali, fino al raggiungimento del substrato marnoso integro (= litoide) e la sistemazione finale delle aree tramite la riprofilatura delle aree scavate con materiali di riporto incontaminati, la realizzazione di una berma a protezione delle opere arginali e la realizzazione di un argine sormontabile per lo smaltimento della portata dominante del Bormida entro l'alveo.



Il lavori di bonifica delle aree golenali, brevemente descritti al Capitolo 2, sono stati completati nel 2011, ad eccezione della sottozona RFI (dove i lavori sono terminati nel marzo 2012, poiché è stato necessario approntare un progetto ad hoc che ha previsto importanti opere di sostegno alla massicciata ferroviaria); al termine delle operazioni di bonifica è stata installata la nuova rete di monitoraggio, in accordo con il protocollo approvato di monitoraggio post-operam.

¹ Provvedimento del 17/03/2003 del Commissario Delegato, di approvazione del Progetto Preliminare di Bonifica complessivo per tutto il sito (cfr. "Progetto Preliminare di Bonifica" – Consorzio BASI rel. 02/1803A0)

² Provvedimento n. 235 del 28/12/2006 del Commissario Delegato

³ Da qui in poi il "Progetto", autorizzato con Provvedimento n. 58 del 10/04/2008 del Commissario Delegato

⁴ Le aree golenali hanno un'estensione di ca. 126.000 mq, di cui circa 86.000 mq sono costituiti dalla Zona A3 e 40.000 mq sono costituiti da aree pubbliche.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 7 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	



Allo stato attuale è in conclusione il collaudo della bonifica, nel corso del quale sono state eseguite ulteriori attività di approfondimento tecnico, di concerto con gli Enti di controllo e con la Commissione di collaudo, per approfondire le risultanze dei monitoraggi post-operam, che avevano evidenziato la presenza di acque interstiziali contaminate, sia all'interno delle microfessure dell'ammasso marnoso, sia nei terreni di rinterro (non contaminati) del nuovo rilevato arginale.

Gli studi, i cui esiti vengono compendati in questo report (Capitoli 3, 4, 5 e 6) ai fini della conclusione dell'iter di collaudo e certificazione, hanno permesso di comprovare che la contaminazione residua rilevata all'interno delle microfessure dell'ammasso marnoso non è attiva, ma ereditata dagli accumuli storici di materiali e terreni contaminati, ora completamente rimossi. Essa inoltre spiega lo sporadico rilevamento, all'interno di alcuni dei piezometri finestrati nei nuovi materiali di riporto, di alcuni superamenti delle CLA di riferimento⁵: comunque apprezzabilmente inferiori rispetto a quanto riscontrato all'interno dell'ammasso marnoso sia per numero di contaminanti sia per valori di concentrazione. Gli stessi studi hanno verificato l'effettiva segregazione delle zone interne del sito da quelle golenali esterne per mezzo delle opere di confinamento fisico e di drenaggio delle acque interne.

A completamento di tutti gli studi di approfondimento effettuati, considerando l'impossibilità tecnica di procedere ad ulteriori interventi di bonifica della contaminazione residua intrappolata nelle microfessure del substrato marnoso, al fine di valutare i potenziali rischi per i recettori umani derivanti dall'esposizione alla contaminazione residua riscontrata nelle acque contenute nei riporti e nell'ammasso marnoso, sempre in accordo con la Commissione di Collaudo è stata eseguita l'Analisi di Rischio sanitario in modalità diretta, sintetizzata al Capitolo 7 e riportata integralmente nell'Annesso A, che ha evidenziato assenza di rischi cancerogeni e tossici per tutti i recettori potenzialmente esposti.

Inoltre, a seguito della piena del fiume Bormida del novembre 2011 e poi di quella più recente (dell'autunno del 2016), in occasione delle quali si sono verificati danneggiamenti agli argini sormontabili (opere di sistemazione finale previste dal Progetto), è stato necessario elaborare un progetto di adeguamento e manutenzione degli stessi, sintetizzato al Capitolo 8 e presentato integralmente nell'Annesso B, in qualità di variante al Progetto approvato.

⁵ infatti, in condizioni di equilibrio idraulico, le sostanze disciolte nell'acqua presente nell'ammasso marnoso possono trasmettersi al riporto superficiale mediante un processo di "retrodiffusione" ("back diffusion"), caratterizzato peraltro da un rilevante effetto di attenuazione, come confermato dal confronto della qualità delle acque prelevate nei piezometri finestrati nelle due formazioni.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 8 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		

Alla luce degli esiti degli studi di approfondimento e del quadro ambientale attuale, dettagliatamente ricostruito grazie ai continui monitoraggi delle matrici ambientali coinvolte (acque superficiali e sotterranee), descritti dettagliatamente al capitolo 6, e alla luce del fatto che le condizioni del Fiume Bormida non hanno mai evidenziato superamenti delle soglie stabilite (rif. Capitolo 9) si ritiene che l'iter di collaudo e certificazione della bonifica dei terreni delle aree golenali possa essere concluso positivamente.

Syndial, nell'ambito delle attività monitoraggio post-operam, proseguirà comunque le attività di gestione e di controllo delle acque residuali nelle marne (quale misura di sicurezza) al fine di garantire la permanenza di condizioni di assenza di rischio per la salute umana e per l'ambiente.

Il programma di verifiche e controlli intensivo (secondo il programma delinato in dettaglio al Capitolo 9 del presente documento) potrà essere condotto per un periodo di cinque anni, periodo sufficiente a verificare eventuali variazioni del quadro idrochimico. Nel corso di questo periodo, al fine di verificare nel tempo le condizioni di assenza di rischio sanitario, su base annuale verrà prodotto un aggiornamento dell'AdR, confrontando le concentrazioni che saranno rilevate con quelle che sono state utilizzate come concentrazioni rappresentative nella presente AdR. Qualora le concentrazioni rappresentative annuali future siano inferiori alle concentrazioni rappresentative della presente AdR, si potrà confermare l'assenza di rischio; in caso contrario saranno rivalutati e ricalcolati i rischi sanitari in modalità diretta, associati alle future concentrazioni rappresentative.

Per quanto riguarda invece il monitoraggio post-operam complessivo della bonifica dell'intero sito e della Zona A1, esso proseguirà per 30 anni come prescritto dal decreto di approvazione del Progetto.



1.1 Documenti di riferimento

1. *Bormia S.p.A in liquidazione – sito di Cengio saliceto - Progetto Preliminare di Bonifica.* Aquater, 2002.
2. *Progetto di messa in sicurezza di emergenza delle collinette mediante asportazione – deposito preliminare rifiuti e terreni contaminati in area Basso Piave.* Consorzio Basi, 2002
3. *Progetto definitivo di bonifica della Zona A3.* Aquater, 2006.
4. *Protocollo di caratterizzazione del fondo scavo e delle pareti della cella in fase di bonifica delle Zone A2, A3 e A4 e dei materiali di rinterro.* Syndial, 2006.
5. *Progetto esecutivo di bonifica della Zona A3 Aree Golenali. Zona A3 e Aree Pubbliche.* Snamprogetti, febbraio 2008.



Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 9 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

6. *Valutazioni tecniche-idrauliche sulla riprofilatura da effettuarsi in Zona A3 a seguito della realizzazione dei lavori di bonifica.* Centro di Competenza Idrologica e Idrogeologica della Provincia di Savona, 2007.
7. *Sistema di monitoraggio post-operam del sito Syndial di Cengio.* Snamprogetti, 2008.
8. *Sistema di monitoraggio post operam del sito Syndial di Cengio.* Nota di G. Beretta & R. Rosso, 2008.
9. *Approfondimenti sulle operazioni di bonifica in area A3 - Caratteristiche del substrato marnoso e delle opere di confinamento fisico del sito, valutazioni sulle tecniche di rimozione adottate e verifiche delle operazioni di bonifica in area A3 - Sito Ex-ACNA di Cengio (SV).* URS, 2011.
10. *As built Bonifica della zona A3 e delle aree Golenali.* SAIPEM, 2011
11. *Nota Tecnica descrittiva delle indagini da eseguire in Area A3 – Rev.1.* URS, 2014.
12. *Nota tecnica per la realizzazione di sondaggi geognostici e n° 8 piezometri in Area A3 per il sistema di monitoraggio post-operam del sito di Cengio - Rev. 5.* URS, 2014.
13. *Sistema di monitoraggio post-operam del sito di Cengio (SV): analisi dei risultati preliminari*”. URS, 2015.
14. *Nota di sintesi delle indagini di approfondimento effettuate in Zona A3 e relazioni specialistiche allegata alla stessa,* Syndial maggio 2017.
15. *Protocollo di monitoraggio sulla verifica della qualità delle acque del fiume Bormida,* Syndial, 2017.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 10 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

2. INFORMAZIONI GENERALI SULL'AREA E SUL PROGETTO DI BONIFICA

2.1 *Inquadramento dell'area*

Le aree golenali sono ubicate sulla destra idrografica del fiume Bormida, tra la sponda destra dell'alveo di magra del fiume e le opere arginali di contenimento delle piene del fiume Bormida e di contenimento e drenaggio delle acque di falda interne dello Stabilimento di Cengio realizzate negli anni 2003-2005 ("opere arginali di stabilimento"). Tali aree, ricadenti nel Comune di Cengio, risultano in parte di proprietà Syndial ed in parte sono di proprietà pubblica.

Le aree golenali comprendono sia la Zona A3, introdotta nell'Accordo di Programma del 2000, sia le aree pubbliche; tali aree sono delimitate come di seguito (si veda la Figura 1 seguente):

- Zona A3: aree comprese tra le opere arginali di stabilimento ed il più esterno tra il limite di proprietà Syndial e le barriere golenali (circa 86.000 m², di cui circa 66.000 m² di proprietà Syndial e 20.000 m² pubblici);
- Aree Pubbliche: rimanente area esterna alla Zona A3 fino alla sponda destra dell'alveo di magra del fiume (circa 40.000 m²).

All'interno delle aree, prima della bonifica, erano presenti il diaframma plastico e il presidio di drenaggio delle acque interne, completati nel 1992.

Le aree golenali non sono mai state interessate da attività produttive ma, a far data dai primi anni '40 del secolo scorso, nell'alveo del fiume a ridosso del muro di cinta dello stabilimento sono stati depositati rifiuti industriali costituiti prevalentemente da gessi di neutralizzazione ed ossidi di ferro. Tali rifiuti, depositati in forma di piccole colline, erano situati all'interno delle opere di contenimento poste nell'area golenale, pertanto non rappresentavano rischi potenziali di percolamento verso l'esterno.

Gli abbancamenti più consistenti si trovavano in due aree, denominate "Collinetta ovest" e "Collinetta sud" (Figura 2).

In ambito di progettazione della bonifica, l'area golenale è stata suddivisa convenzionalmente in sub-aree: procedendo dall'estremità est lungo il fiume, si trova la Zona E, la Zona Collinetta sud, la pista di collegamento tra le Zone Collinetta sud e ovest, la Zona Collinetta ovest e la Zona Basso Piave.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 11 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		

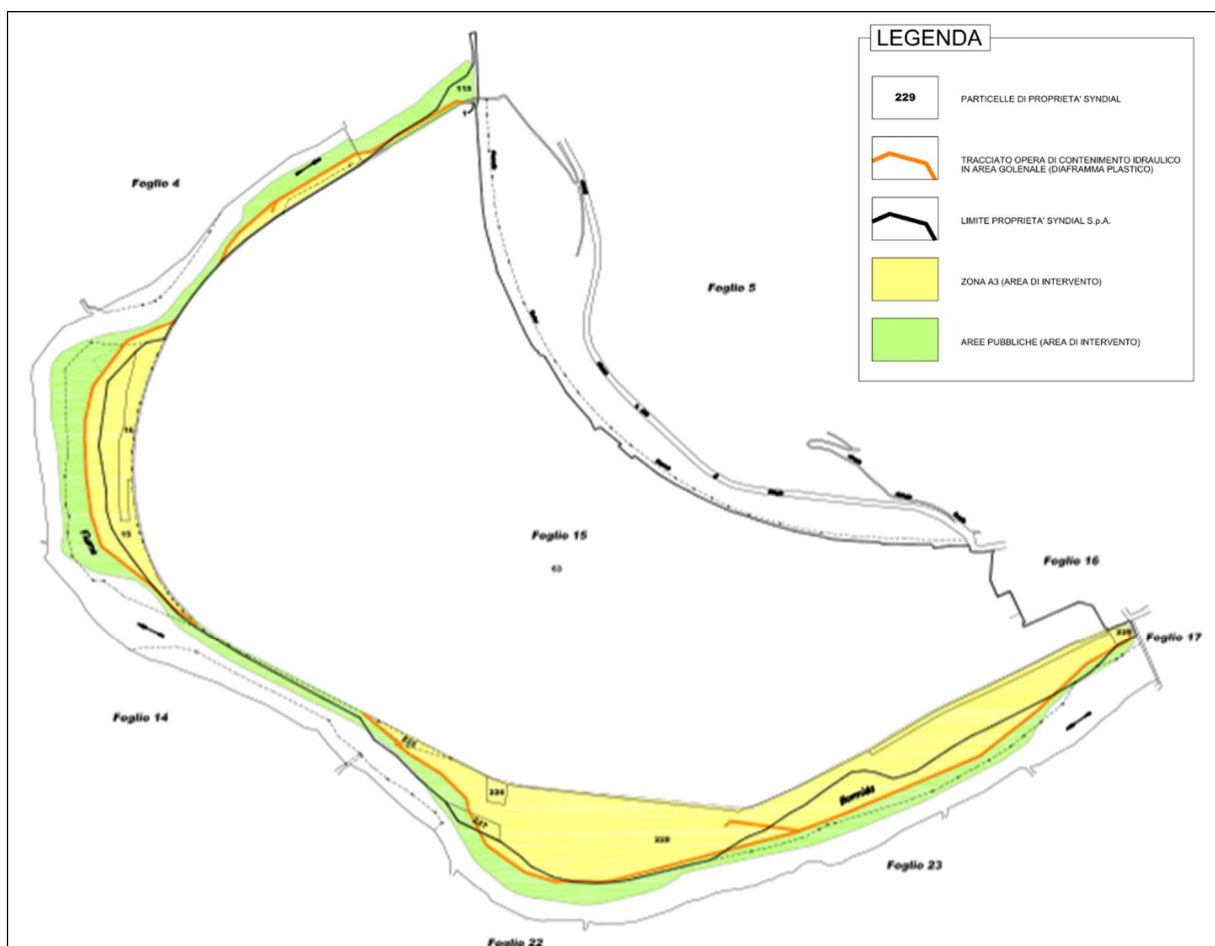


Figura 1: Estratto da planimetria catastale dello stabilimento di Cengio con ubicazione delle aree di intervento per la bonifica delle aree Golenali (tratto da Progetto Esecutivo di Bonifica delle Aree Golenali - Zona A3 e Aree Pubbliche – Rel SPC. 03-BE-E-95270 Tav. 03-BL-A—95281 – Snamprogetti)

2.2 Iter di approvazione del Progetto



L'insieme degli interventi per la bonifica con misure di sicurezza permanente del sito di Cengio è descritto nel Progetto Preliminare di Bonifica, presentato il 19/04/2002 al completamento della caratterizzazione.

Il Progetto riguardava il risanamento di tutte le quattro zone del sito (A1, A2, A3, A4) tramite un sistema combinato di interventi di bonifica, di interventi di bonifica con misure di sicurezza e di interventi di messa in sicurezza permanente in piena coerenza con la strategia di risanamento già definita nell'Accordo di Programma e con l'allora vigente DM 471/99.

Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 12 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

Dopo l'approvazione, il Progetto è stato successivamente declinato nella progettazione, approvazione, esecuzione e collaudo di una serie di progetti specifici dedicati a ciascuna area.

Nelle aree golenali, il Progetto di Bonifica delle aree private e delle aree pubbliche prevedeva la bonifica dei terreni tramite l'asportazione dei rifiuti e dei terreni contaminati, la riprofilatura dell'area ed il ripristino e la regolarizzazione della sezione fluviale.

Gli interventi progettati e poi realizzati sulla Zona A3 hanno interessato separatamente i volumi di rifiuti depositati in cumuli ("Collinette") e i terreni presenti al di sotto delle "Collinette". In particolare, il progetto distingueva due fasi d'intervento per la Zona A3, consistenti in:

- Messa in sicurezza d'emergenza delle collinette: asportazione dei rifiuti formanti le "collinette", deposito del materiale in area Basso Piave (Zona A1) e riprofilatura provvisoria dell'area al fine di consentire la realizzazione dei lavori relativi all'opera di contenimento arginale;
- Bonifica Aree Golenali: asportazione di tutti i volumi contaminati presenti nella zona golenale e sistemazione finale dell'area.

Tra il 2000 e il 2002, la Società ha elaborato e trasmesso al Ministero dell'Ambiente e al Commissario Delegato una serie di progetti inerenti la messa in sicurezza d'emergenza delle Collinette presenti nelle Aree Golenali, ovvero dei materiali di riporto abbancati superficialmente su tali aree, mentre la bonifica vera e propria delle collinette dei terreni contaminati presenti al di sotto delle collinette ed in generale nella Zona A3 (parte privata) era prevista nel Progetto Preliminare del 2002.

Il parere conclusivo favorevole alla messa in sicurezza d'emergenza delle Collinette fu espresso nella Conferenza di Servizi del 03/12/2002. Il 20/12/2002 il Commissario Delegato autorizzò il progetto ed il deposito preliminare dei terreni e dei rifiuti contaminati (collinette) in area Basso Piave (Zona A1).



Il 25/03/2003 furono avviati i lavori di realizzazione del deposito preliminare in area Basso Piave che terminarono il successivo 7/06/2003. L'1/07/2003 il Commissario Delegato rilasciò l'autorizzazione allo stoccaggio e alla caratterizzazione dei terreni depositati a seguito del quale, il 9/08/2003, la Società diede inizio ai lavori di asportazione delle collinette che terminarono il 16/01/2004 (compresa la riprofilatura dell'area). I lavori di copertura dei rifiuti sistemati nel deposito preliminare in area Basso Piave terminarono, invece, il successivo 25/05/2004.

Il "*Progetto definitivo di bonifica della Zona A3*" è stato approvato dalla Conferenza dei Servizi decisoria del 20/12/2006. Conseguentemente, con provvedimento n. 235 del 28/12/2006, il Commissario Delegato ha autorizzato con prescrizioni tale progetto (poi recepite nel progetto esecutivo del 12/02/2008).

Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 13 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

Il 17/12/2007 con provvedimento n. 236 il Commissario Delegato dispose che la Società elaborasse un progetto di bonifica e di sistemazione idraulica complessiva del Fiume Bormida che tenesse conto, oltre che delle aree private, anche delle aree pubbliche, e che provvedesse a proprie spese all'esecuzione delle opere e degli interventi relativi alle suddetta aree (pubbliche e private).

In ottemperanza al suddetto provvedimento, la Società in data 12/02/2008 inviò allo stesso Commissario il "Progetto esecutivo di bonifica della Zona A3 Aree Golenali. Zona A3 e Aree Pubbliche" autorizzato dal Commissario Delegato con provvedimento n. 58 il 10/04/2008; il provvedimento integrava e sostituiva quelli del 28/12/2006, n. 235 e del 17/12/2006, n. 236 riguardanti le aree private.



Per quanto riguarda la sistemazione idraulica complessiva del Fiume Bormida, il Progetto fu redatto sulla base del documento predisposto dal Centro di Competenza Idrologica e Idrogeologica della Provincia di Savona l'8/11/2007, denominato "Valutazioni tecniche-idrauliche sulla riprofilatura da effettuarsi in Zona A3 a seguito della realizzazione dei lavori di bonifica".

2.3 Descrizione degli interventi di bonifica

2.3.1 Messa in sicurezza di emergenza delle Collinette

Gli interventi effettuati per la messa in sicurezza di emergenza delle due Collinette sono definiti nel "Progetto di messa in sicurezza di emergenza delle collinette mediante asportazione – deposito preliminare rifiuti e terreni contaminati in area Basso Piave"- del 22/10/2002 [2], redatto dal Consorzio Basi e autorizzato con provvedimento del 20/12/02 del Commissario Delegato.

Gli interventi sono consistiti nell'asportazione dei rifiuti e dei terreni contaminati e la loro sistemazione nel deposito preliminare realizzato in area Basso Piave (Zona A1), laddove i rifiuti e i terreni contaminati sono stati stoccati in aree separate.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 14 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		

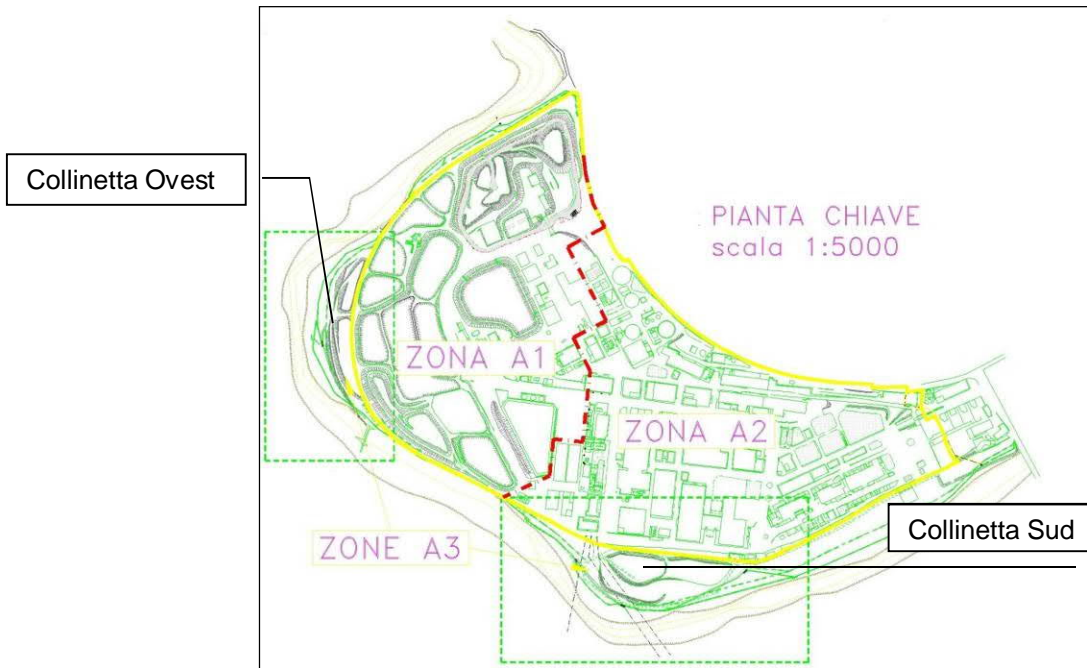



Figura 2: Estratto da planimetria catastale dello stabilimento di Cengio con ubicazione delle cosiddette "collinette"

La prima "Collinetta" era situata ad ovest dello stabilimento (Collinetta ovest), in corrispondenza dei settori A e A-B. Occupava una superficie di circa 11.000 m², morfologicamente caratterizzata da gradoni con pendenza delle scarpate di circa 30÷40°.

Il rilevato presentava un'altezza massima pari a circa 7,50 m rispetto al piano campagna locale ed era suddiviso in due cumuli da una pista di transito posta in corrispondenza di un cancello di ingresso allo stabilimento esistente. A sud della collinetta, lungo il piede della stessa, era presente una scogliera di protezione in massi per proteggere il rilevato artificiale dalle piene del fiume Bormida.

La seconda "Collinetta", situata a sud dello stabilimento (Collinetta sud), in corrispondenza dei settori D e D-E, occupava una superficie di circa 17.000 m² e presentava cumuli con zone sommitali che raggiungevano un'altezza massima di circa 4,0 m rispetto al piano campagna locale. A ovest della collinetta, lungo il piede della stessa, era presente una scogliera di protezione in massi per proteggere il rilevato artificiale dalle piene del fiume Bormida.

Nel periodo agosto 2003 - gennaio 2004 fu realizzato l'intervento di messa in sicurezza di emergenza delle collinette Sud e Ovest, mediante asportazione di ca. 125.000 mc di rifiuti e terreni contaminati, che sono stati abbancati nella Zona A1. In linea generale l'intervento si è articolato nelle seguenti fasi principali:

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 15 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

- Preparazione preliminare delle aree, movimentazione dei materiali delle collinette, ritombamento e sistemazione provvisoria delle aree di asportazione in attesa della completa bonifica della Zona A3;
- Copertura finale del cumulo dei rifiuti abbancati in Zona A1 mediante teli impermeabili al fine di evitare dilavamento dei materiali.
- Installazione rete raccolta gas in prossimità dei cumuli.
- Impermeabilizzazione superficiale dei cumuli con geotessile non tessuto e telo in HDPE (1,5 mm). Oggi il telo in HDPE nel Basso Piave è stato rimosso, come parte dei lavori di riprofilatura del settore, propedeutici alla posa dello strato di "capping" in corso.

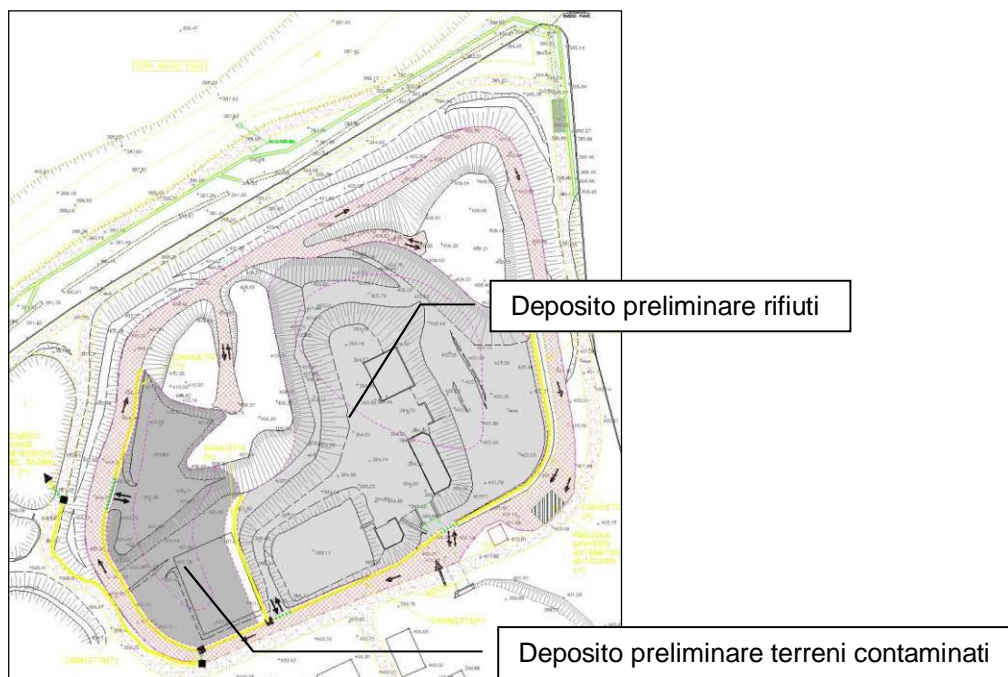




Figura 3: Ubicazione dei depositi preliminari in area Basso Piave (Zona A1) nell'ambito della messa in sicurezza di emergenza

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 16 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

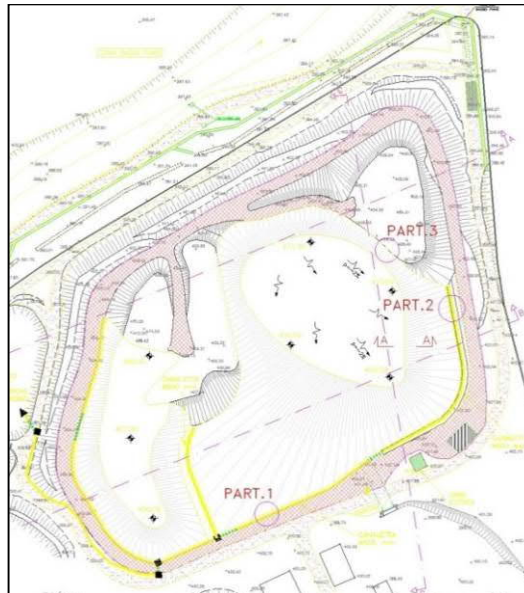


Figura 4: Sistemazione finale dell'area Basso Piave (Zona A1)



2.3.2 Bonifica delle aree golenali (Zona A3 e aree pubbliche)

Gli interventi effettuati per la bonifica dell'area golenale sono definiti nel "Progetto esecutivo di bonifica della Zona A3 Aree Golenali. Zona A3 e Aree Pubbliche" del Febbraio 2008.

Il progetto approvato prevedeva che la bonifica avvenisse:

- in Zona A3, mediante l'asportazione di "tutti i terreni contaminati fino al raggiungimento delle CLA definite dal D.M. 471/99 per aree con destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale". Le profondità di scavo furono definite sulla base di celle 25 x 25 m, ognuna facente capo ad un sondaggio di caratterizzazione;
- nelle Aree pubbliche, mediante l'asportazione di "tutti i terreni ricadenti nelle aree pubbliche fino al raggiungimento del substrato marnoso integro (= litoide, come riportato nell'allegata relazione della Direzione Lavori (SAIPEM-SPC. 00-BE-E-94043),". Si specifica che le aree pubbliche non erano state suddivise in celle di asportazione.

Nonostante il progetto esecutivo di bonifica prevedesse in Zona A3 la possibilità di rimuovere unicamente i terreni di riporto senza raggiungere il substrato marnoso (previa verifica della conformità del fondo e delle pareti dello scavo con gli obiettivi di bonifica), in fase di esecuzione, la bonifica di

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 17 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

ciascuna cella è avvenuta tramite asportazione della totalità dei terreni di riporto/alluvioni, fino al raggiungimento del substrato marnoso.



Il progetto prevedeva inoltre la sistemazione finale delle aree bonificate tramite la realizzazione di una berma a protezione delle opere arginali di stabilimento, di un argine sormontabile per lo smaltimento della portata dominante del Fiume Bormida entro l'alveo e la riprofilatura generalizzata delle aree.

Alla data di inizio delle attività di bonifica, le aree golenali erano già state oggetto di una serie di interventi che ne avevano modificato l'assetto iniziale, quali:

- la realizzazione dei presidi atti ad interrompere il flusso di falda dallo stabilimento verso l'alveo limitrofo (diaframma plastico e trincee drenanti completati all'inizio degli anni '90);
- la attività di messa in sicurezza di emergenza delle collinette (completate nel 2004, di cui al precedente paragrafo);
- i lavori per la realizzazione delle opere arginali di contenimento delle piene del fiume Bormida e di contenimento e drenaggio delle acque di falda interne (completati nel 2005);
- il rifacimento dello scarico Parshall (scatolare in c.a. di dimensioni 100 X 100 cm);
- lo scotico superficiale in Zona E (in Zona A3), al fine del reperimento di materiali con caratteristiche conformi per i rinterri in Zona A2.

In conformità al progetto, furono effettuate le seguenti attività:

- la bonifica mediante l'asportazione di tutti i terreni contaminati presenti in Zona A3 e di quelli ricadenti nelle aree pubbliche fino al substrato marnoso integro (= litoide);
- l'asportazione delle barriere golenali e delle opere di drenaggio poste a tergo delle stesse barriere, previa dismissione del sistema di emungimento del percolato (pozzi a servizio delle opere di drenaggio);
- la completa asportazione dei collettori di raccolta del percolato a servizio delle opere di drenaggio golenali e di tutte le utilities interferenti con le attività di bonifica;
- la restituzione finale dell'area sulla base di uno specifico studio idraulico asseverato dall'autorità competente alla vigilanza idraulica sulla base delle indicazioni fornite dalle "Valutazioni tecniche — idrauliche sulla riprofilatura da effettuarsi in Zona A3 a seguito della realizzazione dei lavori di bonifica" trasmesse dal Commissario Delegato; in particolare, oltre alla scogliera di protezione delle opere arginali di stabilimento, è stata realizzata un'opera longitudinale costituita da argini

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 18 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

sormontabili sulla traccia del preesistente diaframma plastico golenale, dimensionata dal punto di vista idraulico per contenere la portata dominante del corso d'acqua entro l'alveo, mentre, per portate maggiori, l'opera è sormontabile e le piene avrebbero potuto quindi interessare anche le aree golenali adiacenti.

Le attività di scavo sono state effettuate tenendo conto delle interferenze con i numerosi manufatti che la attraversavano (pozzi di emungimento delle trincee drenanti, tubazioni di mandata all'impianto, collettori fognari comunali e di stabilimento, metanodotto civile e di stabilimento, linee di alta tensione, opere di presa e una briglia sul Fiume Bormida).

I lavori sono stati suddivisi in fasi per permettere una corretta gestione degli spazi e dei materiali e per mantenere costantemente un presidio di protezione del cantiere rispetto al regime del fiume.

Anche il sistema di emungimento delle acque interne è stato generalmente preservato per tutta la durata delle operazioni di scavo. In ogni caso, durante le operazioni di scavo, venne garantita la presenza di ulteriori opere provvisorie di emungimento delle acque.



La demolizione della barriera golenale è stata eseguita nella fase finale degli interventi (fase 3), successivamente alla realizzazione del nucleo dell'argine golenale sormontabile.

Le operazioni di scavo per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica sono state eseguite tramite escavatori a braccio rovescio da 30/40 ton con benna liscia e a denti. La scarifica della porzione superficiale alterata dell'ammasso marnoso è stata condotta sempre tramite escavatore a braccio rovescio, su cui è stata montata una benna con denti, in grado rimuovere anche porzioni di roccia.

A conferma dell'efficienza con cui è stata condotta la rimozione degli orizzonti superficiali alterati, dell'effettivo raggiungimento dell'ammasso marnoso integro e a testimonianza dell'elevato valore di resistenza dello stesso, al termine delle operazioni di bonifica, per eseguire gli scavi per le opere accessorie (cassonetto per la fondazione della berma di protezione spondale, scavi per posa in opera di condotte quali il metanodotto, vasche di raccolta acqua, ecc.) è stato necessario utilizzare un martello demolitore idraulico con punta a scalpello montato sul braccio dell'escavatore.

Tutti i terreni scavati sono stati sottoposti a caratterizzazione per la definizione della qualità e per stabilire il loro possibile riutilizzo all'interno del sito.

Il trasporto è stato eseguito tramite mezzi a cassone ribaltabile autorizzati al trasporto rifiuti, con cassone a tenuta, coperti per evitare la dispersione delle polveri. I mezzi sono stati sottoposti al lavaggio delle ruote e del sottoscocca nelle apposite piazzole automatizzate predisposte all'interno dello Stabilimento all'ingresso e all'uscita dalle aree golenali e dall'area A1 di deposito. La viabilità di

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 19 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

cantiere è stata regolata su piste definite all'interno dell'area, all'interno dello stabilimento stesso e fino alle aree di abbancamento in Zona A1.

I materiali scavati durante le operazioni di bonifica, non utilizzabili per la riprofilatura delle aree golenali e per il rinterro della Zona A2, furono stoccati secondo le modalità indicate nel progetto esecutivo per i singoli depositi in Zona A1.

2.3.3 Verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica

La verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica è avvenuta tramite l'applicazione del "Protocollo di caratterizzazione del fondo scavo e delle pareti della cella in fase di bonifica delle Zone A2, A3 e A4 e dei materiali di rinterro" (protocollo CD/Prov.SV/ARPAL/Syndial del 28/10/2006, Annesso B).

La verifica della bonifica di ciascuna cella in Zona A3 e nelle Aree Pubbliche è avvenuta tramite attestazione congiunta della rimozione di tutti i terreni sovrastanti il substrato marnoso, della rimozione dell'orizzonte di marna alterata e del raggiungimento dello strato di marna integra tramite la redazione di verbali controfirmati dai responsabili di riferimento per la società appaltatrice (Saipem) la società appaltante (Syndial) e gli Enti di riferimento (Provincia di Savona e ARPAL).

In aggiunta al riscontro in campo dell'effettiva rimozione di tutti i terreni sovrastanti il substrato marnoso e dell'effettivo raggiungimento dello strato di marna integra, al termine delle operazioni di riempimento e riprofilatura delle aree golenali nel periodo sono state effettuate ulteriori attività campionamento ed analisi, al fine di ottenere ulteriori garanzie sull'intervento eseguito ed in vista della certificazione della bonifica. In particolare furono eseguiti 83 carotaggi (53 nel 2010 e 30 nel 2015) con prelievo ed analisi di campioni all'interno del nuovo materiale di riporto, spinti fino al contatto riporto / marna per la caratterizzazione dei volumi bonificati a fine lavori. Tali attività sono state predisposte da Syndial in accordo con il protocollo analitico in essere.

Le concentrazioni rilevate evidenziarono l'assenza di contaminazione a carico dei terreni di riporto: in tutti i campioni e per tutti composti analizzati, compresi anche i campioni prelevati nell'ultimo metro di riporto a contatto con il substrato marnoso, le concentrazioni sono risultate, infatti, inferiori ai limiti stabiliti dal DM 471/99 per la destinazione d'uso verde e residenziale, mostrando, per buona parte dei campioni, concentrazioni al di sotto del limite di rilevabilità analitica.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 20 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

2.3.4 Sistemazione finale dell'area

Una volta asportati i terreni contaminati e verificato il raggiungimento degli obiettivi di bonifica, è stata eseguita la riprofilatura dell'area, minimizzando le volumetrie dei terreni di riporto e garantendo la funzionalità fluviale, secondo il progetto approvato.

La riprofilatura è avvenuta tramite l'utilizzo di terreno di scavo, risultato idoneo in base alla caratterizzazione (rispetto delle CLA dei terreni ad uso verde pubblico e residenziale), ed eventualmente di materiale proveniente da cava esterna. La posa in opera del materiale è avvenuta per strati, utilizzando mezzi idonei alla costipazione e conformando il profilo morfologico in modo tale da non creare impedimenti alla circolazione delle acque.



Sempre conformemente al progetto, furono realizzati:

- un'opera spondale di difesa dall'azione di erosione e scalzamento del fiume, costituita da una berma di terreno protetta da una scogliera in massi naturali di dimensioni idonee;
- argini golenali "sormontabili", rivestiti esternamente con pietrame di adeguata pezzatura, aventi lo scopo di delimitare una porzione d'alveo in grado di contenere il deflusso della portata "dominante" per il corso d'acqua, caratterizzata da un tempo di ritorno di circa tre anni;
- il prolungamento della briglia in calcestruzzo a valle di Ponte Donegani, fino al piede della scarpata esterna dell'argine golenale.

Le opere di sistemazione fluviale sono state realizzate in conformità con gli esiti del rapporto relativo alla modellazione idraulica effettuata al fine di verificare, secondo quanto richiesto dall'ufficio Commissariale, il profilo di sistemazione finale dell'area e fissare le quote di sommità dell'argine golenali, e riportato nel documento Snamprogetti: "*Progetto esecutivo di bonifica delle aree golenali — Fiume Bormida di Millesimo, Studio idraulico per la riprofilatura delle aree di bonifica*" — SPC. 03-BE-E-95296, Rev. 0.

2.3.5 Effetti delle piene del Fiume Bormida del novembre 2001 e novembre 2016

La piena del fiume Bormida del 4-6 novembre 2011 ha causato il parziale cedimento di 2 argini sormontabili in due tratti distinti e ben definiti, rispettivamente posti a cavallo della briglia in zona E e a monte del traliccio Terna in zona Collinetta Sud.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 21 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

In zona Collinetta Ovest, invece, non si sono verificati danneggiamenti. La causa dei danneggiamenti è attribuibile principalmente ad effetti non lineari della corrente determinati direttamente o indirettamente dalla presenza dei manufatti citati (briglia e traliccio).



I danni riscontrati sono consistiti essenzialmente nella formazione di brecce dovute al dilavamento del materiale costituente il nucleo dell'opera e nella rottura del geotessile di rivestimento e contenimento del nucleo stesso.

Allo scopo di mettere in sicurezza i manufatti apparsi in condizioni più critiche, nel periodo settembre – novembre 2012 Syndial ha provveduto all'esecuzione dei lavori di parziale ripristino della soglia di sfioro in corrispondenza del tratto d'argine collassato in Collinetta Sud.

Il 24-25 novembre 2016 si è verificato un secondo evento alluvionale, più intenso del precedente, che ha coinvolto pesantemente il bacino del fiume Bormida (Bormida di Spigno – Bormida di Millesimo) provocando allagamenti lungo tutta l'asta fluviale.

Stante che la conclusione dell'iter di certificazione della bonifica della Zona A3 è vincolata anche al ripristino della piena funzionalità degli argini, quali opere di protezione spondale del fiume e ricordando che la soluzione originaria individuata dal progetto esecutivo del 2008 mirava ad allontanare quanto più possibile il letto di magra del fiume dal muro di contenimento in destra idraulica del sito, Syndial ha sviluppato un nuovo progetto di ripristino degli argini sormontabili, i cui elementi essenziali sono descritti nel successivo Cap. 8.

Il Progetto esecutivo di ripristino degli argini sormontabili è presente in Annesso B al presente documento.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 22 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

3. SINTESI DEGLI STUDI ESEGUITI PER LA ZONA A3 NEL 2011

Nel corso delle attività di collaudo/controllo delle opere di bonifica delle aree golenali, nel 2010 furono eseguiti alcuni campionamenti di terreni e di acque di fondo scavo che, al riscontro analitico, in taluni casi, indicavano la presenza di inquinanti con valori superiori ai limiti di riferimento adottati per la bonifica.



Ancorché tali campionamenti erano stati eseguiti con modalità differenti da quelle previste dai Protocolli di campionamento concordate con gli Enti, tale circostanza aveva suggerito l'opportunità di eseguire uno studio di approfondimento finalizzato, per un verso, a motivare le cause di tali rilievi e, per l'altro, a confermare l'adeguatezza delle modalità operative adottate per la realizzazione dei progetti approvati e ai fini del pieno conseguimento degli obiettivi di bonifica (Rif: *Approfondimenti sulle operazioni di bonifica in area A3 - Caratteristiche del substrato marnoso e delle opere di confinamento fisico del sito, valutazioni sulle tecniche di rimozione adottate e verifiche delle operazioni di bonifica in area A3 - Sito Ex-ACNA di Cengio (SV). URS Italia, Settembre 2011*).

Detto approfondimento fu articolato attraverso tre fasi di studio tese ad acquisire ulteriori elementi di certezza in merito:

- al completo isolamento fisico delle aree interne dell'ex sito industriale;
- alla piena adeguatezza delle modalità tecniche con cui erano state condotte le operazioni di bonifica delle aree golenali;
- alla compatibilità tra i composti rilevati nei suddetti campionamenti e quelli ipotizzabili sulla base della pregressa contaminazione del sito.

Nell'ambito dello studio furono sviluppate diverse tematiche ed in particolare:

- furono esaminati in modo dettagliato tutti i dati e le informazioni sulle caratteristiche del substrato marnoso del sito;
- furono esaminate le caratteristiche progettuali e costruttive delle opere di confinamento fisico;
- furono effettuate valutazioni sulle tecniche di bonifica adottate;
- furono effettuati sopralluoghi in Zona A3, nelle aree ove erano ancora in corso le operazioni di scavo;
- furono verificate le quote di fondo scavo effettivamente raggiunte, confrontandole con le quote del tetto della marna;

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 23 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

- furono esaminati i risultati dei campionamenti e delle analisi sulle aree bonificate in zona A3, confrontandoli con le condizioni pre-bonifica.

Nei seguenti paragrafi si riportano maggiori dettagli sui temi che furono sviluppati in quello studio, sia relativamente all'approccio metodologico, sia alle conclusioni relative ad ogni tematica affrontata.

3.1 *Esame degli studi sull'ammasso marnoso del sito*



Nell'ambito dell'approfondimento del 2011 furono ricercati ed analizzati in modo dettagliato tutti gli studi inerenti il substrato marnoso eseguiti dal 1940 in poi: in totale furono acquisiti 54 studi, all'interno dei quali furono rinvenute descrizioni geologiche, stratigrafie di carotaggi eseguiti nell'ammasso, risultati di prove geotecniche e risultati di prove di permeabilità, che furono raccolte ed analizzate.

Tutte le informazioni stratigrafiche ed i valori di permeabilità sia orizzontali sia verticali furono quindi registrati su di un database, al fine di organizzare e rendere disponibili i dati per eventuali analisi ed elaborazioni statistiche. I dati ricavati furono valutati sia singolarmente, sia utilizzando metodi statistici, al fine di ricavare indicazioni complessive sulla capacità isolante del substrato.

Per facilitare il recupero delle informazioni anche in futuro, fu creato anche un apposito database dei documenti che riportava, per ciascuno studio, diverse informazioni, tra cui la presenza nel documento di sezioni/stratigrafie e di prove di permeabilità che interessavano l'ammasso marnoso. Gli studi acquisiti, qualora esistenti unicamente in formato cartaceo, furono scansionati per creare un archivio elettronico comprensivo e facilmente consultabile. Ciascun documento acquisito fu esaminato nel dettaglio, registrandone in sintesi lo scopo, le indagini effettuate e le conclusioni raggiunte.

Le numerose campagne di sondaggi e di prove eseguite, di cui molte all'interno delle zone considerate più critiche, consentirono di confermare la natura marnosa e la tenuta idraulica del substrato: le prove idrauliche eseguite avevano sempre fornito valori di permeabilità nulli o molto bassi. A conferma di ciò, nelle perforazioni non erano state mai state riscontrate falde acquifere all'interno della formazione. Le indagini avevano anche individuato, nelle porzioni sommitali della formazione marnosa, un orizzonte di alterazione di spessore quasi mai superiore al metro, caratterizzato da consistenza mediamente plastica e dalla presenza di fessurazioni.

Per quanto concerne la relazione tra gli eventuali elementi disgiuntivi e la permeabilità era stato osservato, che in corrispondenza di tali elementi, era presente un riempimento siltoso-argilloso che le sigillava e ne riduceva la permeabilità. Il notevole spessore e la continuità laterale e verticale della formazione marnosa fanno sì che i pochi valori riscontrati di permeabilità superiori a 10^{-7} cm/s, che

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 24 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

erano state riscontrate nella parte sommitale della formazione, ovvero quella più disturbata, fossero confinati localmente. Le prove eseguite inferiormente a tali orizzonti avevano sempre fornito comunque valori di assorbimento nullo o molto basso. Inoltre, le numerose prove di permeabilità effettuate in laboratorio su campioni di marna, avevano fornito anch'esse valori bassissimi di permeabilità (dell'ordine di 10^{-11} cm/sec), confermando la natura impermeabile di tale litotipo.



3.2 *Verifica delle opere di confinamento fisico del sito*

Furono analizzate nel dettaglio le caratteristiche delle opere di cinturazione (opera di contenimento arginale e setto di separazione A1-A2), anch'esse intestate per diversi metri nel substrato marnoso. A tal fine furono raccolti ed esaminati i progetti esecutivi delle opere ed i documenti di "as built" finali. Tutti i dati furono controllati alla luce delle numerosissime informazioni di caratterizzazione del substrato rilevate longitudinalmente alle opere, verificando puntualmente le effettive profondità di immersione dei diaframmi plastici (Figura 1 fuori testo).

Le opere arginali di contenimento delle piene del fiume Bormida e di contenimento e drenaggio delle acque di falda interne si estendono complessivamente per circa 2.200 metri e sono intestate per diversi metri nel substrato (fino a 8 – 10 m dal tetto della formazione). Nel loro complesso, esse assolvono ad una triplice funzione: a quella più propriamente idraulica, di proteggere lo stabilimento dalle piene del fiume, la cui altezza è stata progettata per una di piena di 200 anni ($Q=1.750 \text{ m}^3/\text{sec}$), si associano infatti una funzione idrogeologica, di impedire la migrazione della falda interna allo stabilimento verso l'esterno e quindi verso il fiume Bormida, e, in alcuni casi, una funzione strutturale, di sostenere i rinterri a tergo del muro dello stabilimento.

In particolare, si può dire che l'obiettivo di messa in sicurezza permanente dell'area interna al perimetro del muro di cinta esistente è stato raggiunto mediante un sistema integrato che si compone di diverse tipologie di opere, ciascuna pensata per svolgere una particolare funzione e tutte insieme necessarie ad isolare idraulicamente lo stabilimento dal Fiume Bormida:

- **un muro in calcestruzzo armato** impostato su due diaframmi pure in calcestruzzo armato (muro "a sedia"), fondati direttamente nel substrato marnoso. I due diaframmi in calcestruzzo, oltre a svolgere una funzione strutturale, proteggono il diaframma plastico da possibili azioni erosive del fiume (lato valle) e dalle deformazioni indotte dalla spinta delle terre (lato monte);
- **scogliere di protezione dall'erosione in massi naturali lungo il tracciato**, con geometrie diverse in relazione allo stato dei luoghi ed alle opere in progetto;

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 25 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

- **un diaframma plastico in miscela di cemento e bentonite** (all'interno del quale è posizionato un telo in polietilene ad alta densità), inserito tra i due diaframmi in calcestruzzo, che si immorsa nel substrato marnoso e costituisce una barriera impermeabile verso il Fiume Bormida;
- **un diaframma drenante** (lato monte), che esercita la funzione di drenare le acque di falda interne, permettendone il controllo e la raccolta. Il sistema di drenaggio a tergo del muro di contenimento perimetrale comprende anche una serie di pozzi di emungimento posti lungo tutto lo sviluppo della trincea o diaframma drenante (45 in totale) che consentono l'emungimento delle acque e il loro invio attraverso uno specifico sistema di collettamento all'impianto di trattamento ITAR di sito.

Al fine di progettare le profondità di immorsamento del diaframma plastico definitivo all'interno del substrato marnoso, per ogni verticale di indagine ubicata lungo il tracciato dell'opera, è stata calcolata la permeabilità equivalente, considerando che, su ogni verticale, un substrato a diverse permeabilità può essere assimilato ad un sistema in serie costituito da più tratti a diverse permeabilità: in tal modo si è tenuto conto di tutte le misure, senza effettuare medie matematiche.



Per ciascuna verticale di indagine si è progettata la profondità di immorsamento del diaframma plastico verificando quindi i tempi di attraversamento che una eventuale particella di percolato impiegherebbe per aggirare il diaframma plastico, partendo da una posizione ubicata immediatamente a ridosso dell'opera. Per ciascun tratto considerato, i tempi di attraversamento calcolati variavano da un minimo di 431 anni ad un massimo di 3.642 anni.

Nel corso dello studio di cui trattasi nel presente paragrafo, fu effettuata una verifica della bontà costruttiva del diaframma plastico arginale, attraverso il confronto fra:

- il profilo geologico-tecnico e le verticali di indagine (Sezione geologica tratta dal Progetto Esecutivo "Opere arginali di contenimento delle piene del Fiume Bormida e di contenimento e drenaggio delle acque di falda interne", SGI. Giugno 2002 - Rif.14 -Elaborati 06528-021D14÷18E04);
- le quote di immorsamento del diaframma plastico come da progetto esecutivo (Rif.14 - dal Progetto Esecutivo SGI - Elaborato 06528-021D07E07);
- l'"AS BUILT" delle opere arginali (Rif 19 - "AS BUILT" TREVII/SNAMPROGETTI, varie tavole).

Dall'analisi effettuata su questa tematica, era emerso che:

- il diaframma plastico era stato completamente immorsato all'interno del substrato marnoso integro, laddove le prove di assorbimento in sito avevano manifestato assorbimento nullo;

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 26 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		

- esiste una generale corrispondenza fra quanto previsto nel progetto esecutivo e l'”AS BUILT” delle opere arginali.

3.3 Valutazione delle tecniche di scavo e sopralluoghi in Zona A3

Al fine di constatare l'effettivo raggiungimento dell'ammasso marnoso integro, tra il 2010 e il 2011 URS Italia fu incaricata di condurre una verifica sulla tecnica utilizzata per la rimozione dei terreni contaminati e dell'orizzonte di alterazione della marna, unitamente una serie di ricognizioni visive presso le aree già bonificate, prima della loro riprofilatura.



Si ricorda che nonostante il progetto esecutivo di bonifica prevedesse in Zona A3 la possibilità di rimuovere unicamente i terreni di riporto senza raggiungere il substrato marnoso (previa verifica della conformità del fondo e delle pareti dello scavo con gli obiettivi di bonifica), in fase di esecuzione, la bonifica di ciascuna cella è avvenuta tramite asportazione della totalità dei terreni di riporto/alluvioni, fino al raggiungimento del substrato marnoso.

Il materiale da asportare, sovrastante il substrato marnoso integro, era costituito da terreni di riporto e alluvioni, di natura prevalentemente granulare o debolmente coesiva e dall'eventuale orizzonte di alterazione del substrato marnoso, che raramente sviluppava una potenza superiore a 1 metro, caratterizzato da consistenza mediamente plastica (attribuibile alla componente argillosa) e/o indici di qualità RQD bassi.

L'ammasso marnoso, che nella Letteratura geologica corrente viene indicato come “Formazione di Rocchetta”, è costituito da *marne grigiastre ben stratificate con subordinati livelli arenacei*. Il litotipo integro e compatto è molto consistente.

Come riportato nella relazione della Direzione Lavori (SAIPEM-SPC. 00-BE-E-94043), le operazioni di scavo per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica furono eseguite tramite escavatori a braccio rovescio da 30/40 ton con benna liscia e a denti. Gli escavatori a braccio rovescio sono costituiti da una macchina cingolata di base sulla quale possono essere montati diversi tipi di equipaggiamenti, che rendono possibile lo svolgimento di diversi lavori. La rotazione della torretta e del braccio operativo consente, inoltre, un'agevole operazione di carico sull'automezzo del materiale di risulta.

La scarifica della porzione superficiale alterata dell'ammasso marnoso fu condotta sempre tramite escavatore a braccio rovescio, su cui era stata montata una benna con denti, in grado di rimuovere porzioni di roccia coesive, debolmente cementate, quale ad esempio l'orizzonte che si rinviene al tetto della formazione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 27 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		

A conferma dell'efficienza con cui era stata condotta la rimozione degli orizzonti superficiali alterati, dell'effettivo raggiungimento dell'ammasso marnoso integro e a testimonianza dell'elevato valore di resistenza a compressione monoassiale dello stesso, al termine delle operazioni di bonifica, per eseguire gli scavi per le opere accessorie (cassonetto per la fondazione della berma di protezione spondale, scavi per posa in opera di condotte quali il metanodotto, vasche di raccolta acqua, ecc.) era stato necessario utilizzare un martello demolitore idraulico con punta a scalpello montato sul braccio dell'escavatore.



Nella stessa relazione la Direzione Lavori segnalava di aver effettuato, laddove era stato possibile, un riscontro altimetrico fra le quote della marna litoide rilevate nel corso della caratterizzazione del sito e quelle del fondo scavo di bonifica, accertando che queste ultime erano sempre inferiori o uguali alle quote della marna litoide riscontrate nel corso della caratterizzazione, circostanza che consentiva di confermare ragionevolmente l'adeguatezza della tecnica adottata nei confronti del pieno raggiungimento degli obiettivi di bonifica dei progetti approvati.

Nel periodo tra Gennaio - Ottobre 2010 e Maggio 2011, URS eseguì quattro sopralluoghi in Area A3, il primo dei quali insieme con il Dott. Longo, assistente della Commissione Collaudatrice, ove erano in corso le attività di bonifica. I sopralluoghi furono compiuti allo scopo di verificare:

- l'efficacia delle tecniche di scavo e asportazione dei terreni contaminati e della marna alterata;
- le caratteristiche della marna di fondo scavo;
- la presenza di eventuali anomalie presenti in corrispondenza delle celle di bonifica.

Si segnala che in data 15 Marzo 2011 si era verificato un evento alluvionale, durante il quale il fiume Bormida era esondato nelle aree oggetto di bonifica depositando una coltre di materiale limoso/sabbioso. Dopo l'alluvione, le aree interessate furono nuovamente "ripulite" dal materiale di origine fluviale e ristabilite le condizioni originarie pre-alluvione, come dichiarato nel verbale ARPAL del 05/05/2011.

Dalle verifiche sopra richiamate fu possibile confermare che la metodologia di lavoro, nonché le macchine operatrici utilizzate, erano adeguate al pieno raggiungimento degli obiettivi di bonifica approvati, ovvero avevano permesso l'asportazione della totalità dei terreni e degli orizzonti di marna alterata fino al raggiungimento del substrato marnoso integro.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 28 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

3.4 *Verifica delle quote di fondo scavo*

Al fine di verificare ulteriormente l'effettivo raggiungimento del substrato marnoso integro, le quote rilevate di fondo scavo su tutte le aree già bonificate furono confrontate con i profili e le sezioni geologiche delle aree golenali.

Pertanto furono acquisiti, analizzati e confrontati:

- a) gli studi, i dati e le elaborazioni pregresse di caratterizzazione geologica e geologico-tecnica delle aree golenali, acquisiti in occasione della progettazione (2000) e della realizzazione (2005) dell'opera di contenimento arginale (sia profili longitudinali sia sezioni trasversali);
- b) i dati dei rilievi topografici delle quote di fondo effettivamente raggiunte al termine delle operazioni di scavo nelle aree golenali, prima del ricoprimento con nuovo riporto e della riprofilatura.

In particolare furono esaminati il profilo geologico-tecnico che corre longitudinalmente lungo l'area Basso Piave e l'area Collinetta Ovest e le 6 sezioni trasversali più prossime agli scavi disposti dalla Commissione di Collaudo.



Il confronto tra le quote del tetto della marna integra e le quote di scavo aveva mostrato che la quota della marna integra era sempre stata raggiunta.

Il profilo e le sezioni misero inoltre in evidenza come il diaframma plastico dell'opera di contenimento arginale e il preesistente diaframma plastico golenale, si spingevano per diversi metri (alcuni casi anche fino 8-10 m) al di sotto del tetto della marna litoide, intestandosi in livelli marnosi ove era stata verificata, con prove di permeabilità di tipo Leugeon, la totale impermeabilità.

3.5 *Analisi dei risultati dei campionamenti*

In aggiunta al riscontro in campo dell'effettiva rimozione di tutti i terreni sovrastanti il substrato marnoso e dell'effettivo raggiungimento dello strato di marna integra, al termine delle operazioni di riempimento e riprofilatura delle aree golenali "Basso Piave", "Pista di Collegamento" e "Collinetta Ovest", furono effettuate alcune attività campionamento ed analisi, in particolare:

- 6 saggi con benna (1 in area Basso Piave e 5 in area collinetta Ovest, denominati da SC1 a SC6): gli scavi, eseguiti su indicazioni della Commissione di Collaudo, furono eseguiti in data 29 aprile 2010 e furono spinti fino al rinvenimento del substrato marnoso. Per ogni singolo scavo furono prelevati 2 campioni di terreno, uno sulla parete ed uno presso il fondo scavo. Al termine delle operazioni di scavo furono anche prelevati campioni di acqua affiorante al fondo degli scavi da SC1

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 29 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

a SC5, mentre lo scavo SC6 era risultato asciutto. Le acque prelevate risultarono ricche di sospensione solida, a causa del disturbo causato dalle operazioni di scavo. Un secondo campionamento delle acque a fondo scavo fu effettuato l'11 maggio 2010: in tale occasione furono campionate le acque affioranti al fondo degli scavi da SC2 a SC6. Sui campioni di acque e di terreni furono ricercati i composti previsti dal Protocollo.

- 53 carotaggi con prelievo ed analisi di campioni all'interno del nuovo materiale di riporto, spinti fino al contatto riporto / marna per la caratterizzazione dei volumi bonificati a fine lavori (16 nell'area "Basso Piave", 22 nell'area "Pista di Collegamento", 15 nell'area Collinetta Ovest). Tali attività furono predisposte da Syndial in accordo con il Protocollo condiviso. I lavori iniziarono nel luglio 2010 e terminarono nell'ottobre 2010. Da ciascun sondaggio, in accordo con il Protocollo condiviso, fu prelevato un campione medio composito di ciascuna carota. A ulteriore garanzia dell'efficacia dell'intervento condotto, su 10 sondaggi le analisi furono effettuate anche su campioni rappresentativi dell'ultimo metro di materiale di riporto, posto a diretto contatto con il substrato marnoso. Sui campioni prelevati furono ricercati i composti previsti dal Protocollo.



Syndial inoltre aveva consegnato alla Commissione di Collaudo i risultati delle analisi eseguite su spezzoni di carota derivanti dalle perforazioni di tre coppie di sondaggi in area golenale, denominati PZBP1-2, PZCO1-2 e PZPDC1-2 alcuni dei quali (caratterizzati dal suffisso "1") erano stati spinti all'interno dei primi metri del substrato marnoso. I campioni furono prelevati sia nell'intervallo corrispondente al materiale di riporto, sia nell'intervallo di profondità comprendente l'interfaccia tra riporto e marna.

3.6 **Risultati delle indagini sui terreni di riporto del luglio/ottobre 2010**

Le concentrazioni rilevate sui campioni prelevati dai 53 carotaggi evidenziarono l'assenza di contaminazione a carico dei terreni di riporto: in tutti i campioni e per tutti composti analizzati, compresi anche i campioni prelevati nell'ultimo metro di riporto a contatto con il substrato marnoso, le concentrazioni risultarono, infatti, inferiori ai limiti stabiliti dal D.M. 471/99 per la destinazione d'uso verde e residenziale.

3.7 **Risultati dei campionamenti sui terreni di riporto provenienti dagli scavi con benna**

Sebbene la metodologia di scavo e di campionamento con benna era da considerarsi difforme sia da quanto previsto dai protocolli adottati in sito durante la bonifica, sia dalle consuete metodiche di campionamento in ambito di caratterizzazione ambientale (data la difficoltà di separare le matrici

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 30 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

ambientali ai fini delle analisi chimiche), i risultati delle analisi effettuate sui campioni di terreno prelevati sulle pareti e sul fondo degli scavi furono confrontati con gli obiettivi di bonifica (CLA del D.M. 471/99 per la destinazione d'uso verde e residenziale).

Nella maggior parte dei campioni le concentrazioni risultarono inferiori alle CLA; unicamente nei campioni relativi agli scavi SC2 e SC6 fu rilevata la presenza di composti naftalensolfonici e cloroaniline con concentrazioni non molto superiori ai limiti residenziali, ma sempre inferiori a quelli industriali.

La tipologia dei composti rilevati in eccedenza negli scavi SC2 e SC6 fu confrontata con la tipologia di composti presenti prima della bonifica (caratterizzazione del 2001) nei sondaggi distanti non più di 20 metri dagli scavi: tale confronto evidenziava un'analogia tra i composti rilevati (prevalenti i naftalensolfonici e le cloroaniline, mentre i nitrobenzeni erano pressoché assenti), nonostante l'entità dei superamenti fosse radicalmente diversa.



Le concentrazioni prima della bonifica, infatti, erano superiori (anche di 10 volte o più) dei limiti del D.M. 471/99 per uso industriale, mentre nel caso dei campioni prelevati dai saggi di scavo le concentrazioni rilevate nei due saggi SC2 e SC6 eccedevano i soli limiti residenziali, senza mai superare i limiti per l'uso industriale.

3.8 Risultati dei campionamenti delle acque di fondo scavo

I risultati analitici dei campioni di acque prelevati il 29 aprile 2010 e l'11 maggio 2010 dal fondo degli scavi manifestarono superamenti dei limiti stabiliti dal D.M. 471/99 per i composti della famiglia dei naftalensolfonici (su tutti i campioni) con presenza secondaria di nitrobenzeni e cloro aniline (solo sui campioni prelevati nello scavo SC4 e SC5). Gli altri composti analizzati risultarono o non rilevabili o con concentrazioni inferiori ai limiti stabiliti.

3.9 Risultati dei campioni di terreno prelevati dai sondaggi spinti all'interno del substrato marnoso.

I risultati delle analisi eseguite su spezzoni di carota derivanti dalle perforazioni delle tre coppie di sondaggi in area golenale, denominati PZBP1-2, PZCO1-2 e PZPDC1-2 (di cui quelli caratterizzati dal suffisso "1" erano stati spinti all'interno dei primi metri del substrato marnoso) furono confrontati con gli obiettivi di bonifica per le aree golenali (CLA D.M. 471/99 uso verde e residenziale). Le concentrazioni rilevate evidenziarono l'assenza di contaminazione: in tutti i campioni e per tutti i composti analizzati,

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 31 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

le concentrazioni erano risultate infatti inferiori ai limiti stabiliti dal D.M. 471/99 per la destinazione d'uso verde e residenziale.

Faceva eccezione il campione prelevato sulla verticale PZCO1, ad una profondità compresa tra 6,8 e 7,8 m da p.c.; i superamenti riguardavano le famiglie di composti naftalensolfonici, nitrobenzenici e le cloroaniline. Tale risultato non era da ascrivere alla qualità dell'ammasso marnoso, bensì all'orizzonte di interfaccia riporto – marna. Le metodiche analitiche dei terreni, infatti, erano inapplicabili alla marna, quale quella attraversata dal sondaggio PZCO1 al di sotto dei 7 m di profondità del piano campagna.

3.10 **Conclusioni dello studio del 2011**



Gli esiti degli approfondimenti eseguiti nell'ambito dello studio condotto nel 2011 (*Approfondimenti sulle operazioni di bonifica in area A3 - Caratteristiche del substrato marnoso e delle opere di confinamento fisico del sito, valutazioni sulle tecniche di rimozione adottate e verifiche delle operazioni di bonifica in area A3 - Sito Ex-ACNA di Cengio (SV). URS Italia, Settembre 2011*), di cui si è ampiamente trattato nei precedenti paragrafi, consentirono di confermare quanto segue:

- Che l'isolamento fisico delle aree interne dell'ex sito industriale è sostenuto dalla presenza alla base di un substrato marnoso a permeabilità nulla o bassissima, spesso più di 150 m. e dalla presenza, ai lati, di opere di confinamento fisico intestate per diversi metri nel substrato marnoso (fino a 8 – 10 m), corredate da un diaframma drenante sul lato a monte dell'opera per la raccolta ed il controllo dei livelli della falda interna del sito, le cui caratteristiche progettuali e realizzative sono tali da escludere la migrazione della contaminazione presente all'interno verso le aree esterne.
- Che, in base alle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei materiali interessati dalle operazioni di scavo e scarifica, le modalità tecniche con cui erano state condotte le operazioni di bonifica delle aree golenali apparivano idonee al fine di garantire gli obiettivi di bonifica previsti dal Progetto approvato. Come accertato nel corso dei diversi sopralluoghi effettuati in occasione di scavi in trincea (per la posa del metanodotto, per la realizzazione del cassonetto di imposta della berma di protezione spondale) non furono osservate, lungo tutto lo sviluppo dello scavo e su entrambe le pareti laterali dello stesso, filtrazioni di acqua al di sotto della superficie della marna integra messa a giorno dalle attività di bonifica.
- La piena compatibilità tra i composti rilevati sui campioni prelevati e quelli ipotizzabili sulla base della pregressa contaminazione del sito. La presenza in essi di concentrazioni residue eccedenti gli obiettivi di bonifica poteva essere ricondotta al fatto che localmente, al tetto della marna integra,



Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 32 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

non si poteva escludere la presenza di aree maggiormente depresse, contestualmente alla presenza di contaminazione superficiale residua giustificata dal contatto prolungato con gli strati immediatamente superiori di terreni contaminati e di marna alterata ormai rimossi. Il ristagno in dette depressioni di acque di filtrazione poteva occasionalmente provenire anche da aree idrogeologiche limitrofe non ancora bonificate. Nel contesto dell'estensione dell'intera area bonificata e della complessità delle stesse attività di bonifica lo studio effettuato portava a concludere che tali condizioni non avevano rilevanza ambientale, in quanto locali e confinate. Una situazione analoga si era riscontrata in occasione della conclusione della bonifica del sito di Pian Rocchetta: in quel caso, all'evidenza del raggiungimento dello strato marnoso integro ed in relazione alle sue caratteristiche apparenti, sia la Provincia di Savona – Settore Tutela Ambientale – che il Commissario Delegato convenivano sull'assenza di elementi tali da suggerire ulteriori interventi di bonifica delle aree in questione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 33 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		



4. SINTESI DEGLI STUDI ESEGUITI PER LA ZONA A3 NEL 2015

Tra il 2014 e il 2015, di concerto con tutti gli Enti preposti, è stato implementato da parte di Syndial un programma di attività in Zona A3 finalizzato a:

- a) Completare le verifiche già concordate con il Commissario sull'idoneità dei terreni di riinterro (o riporto) in Zona A3, posato in sito al termine delle operazioni di scavo e di bonifica dell'area in accordo con il Progetto approvato;
- b) Realizzare i piezometri di monitoraggio post-operam in Zona A3, in accordo con il Protocollo di monitoraggio post-operam approvato dal Commissario e redatto in secondo le "Linee Guida per la predisposizione del sistema di monitoraggio quali-quantitativo del sito ex Acna di Cengio" (Provincia di Savona, Maggio 2008);
- c) Acquisire ulteriori elementi conoscitivi di natura geostratigrafica e chimica dell'ammasso marnoso sottostante il sito di Cengio, atti a valutare la potenziale influenza della presenza pregressa dei materiali di riporto e dei residui di lavorazioni industriali contaminati in area A3 sulla qualità delle acque interstiziali eventualmente presenti;
- d) Verificare il mantenimento delle condizioni idrauliche di progetto del sistema di confinamento totale del sito.



Le attività furono condotte sotto la diretta supervisione di URS, sulla base di specifiche tecniche redatte in coordinamento con il Gruppo di Lavoro (di seguito GdL) tecnico-scientifico composto dal Prof. M. Manassero e dall'Ing. Dominijanni (Politecnico di Torino), dal Prof. R. Rosso (Politecnico di Milano) e dalla Società di Consulenza Ambientale ENVIRON, e condivise dagli Enti di controllo preposti (ARPAL e Provincia) e dalla Commissione di Collaudo delle attività di bonifica del sito di Cengio (richiesta dal Commissario Delegato per la bonifica del sito di Cengio con nota 31/05/2000), in particolare:

- "Nota Tecnica descrittiva delle indagini da eseguire in Area A3 – Rev.1 – Luglio 2014", finalizzata alla verifica dell'idoneità dei terreni di reinterro utilizzati per la realizzazione della scogliera nelle aree Collinetta Sud e Zona E.
- "Nota tecnica per la realizzazione di sondaggi geognostici e n° 8 piezometri in Area A3 per il sistema di monitoraggio post-operam del sito di Cengio, URS, Rev. 5 – Aprile 2014", sulle modalità di realizzazione dei nuovi piezometri della rete di monitoraggio post-operam e sulle modalità di indagine delle condizioni dell'ammasso marnoso in area A3;

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 34 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		

In sintesi, nel corso delle attività in sito fu realizzato il seguente programma di indagini:

- i. Perforazione di n° 23 sondaggi (S1÷S18 + 5 piezometri: P35, P19bis; P36; P37; P32) nel materiale di riporto costituente la scogliera, immediatamente a valle dell'opera di contenimento arginale in Area A3, secondo quanto previsto nel documento "Nota Tecnica descrittiva delle indagini da eseguire in Area A3 finalizzate alla verifica dell'idoneità dei terreni di reinterro - Rev_1 – Luglio 2014".
- ii. Perforazione ed installazione di n° 8 triplette di piezometri secondo quanto previsto nel documento "Nota tecnica per la realizzazione di sondaggi geognostici e n° 8 piezometri in Area A3 per il sistema di monitoraggio post-operam del sito di Cengio", condiviso con gli Enti di Controllo. Sono stati perforati e installati i seguenti piezometri: P35_N_A/B/C, P19bis_N_A/B/C; P36_N A/B/C; P37_N_A/B/C; P32_N_A/B/C; P34_N_A/B/C; P31bis_N_A/B/C; P33_N_A/B/C. (prof. piezometri in marna compresa fra 10 e 17 m dal p.c.).
- iii. Perforazione di n° 4 sondaggi profondi in marna con prelievo di campioni (NEW_1÷4) (prof variabile compresa fra 8 e 14 m dal p.c.), al fine di acquisire ulteriori informazioni di natura geostatigrafica e chimica finalizzate ad un approfondimento conoscitivo dell'ammasso marnoso.
- iv. Prelievo ed analisi di campioni di materiale di riporto, marna e acque sotterranee.
- v. Ulteriori attività di approfondimento idrogeologico: slug tests, rilievi topografici livello Fiume Bormida e rilievi dei livelli piezometrici sia internamente che esternamente al diaframma plastico.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 35 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

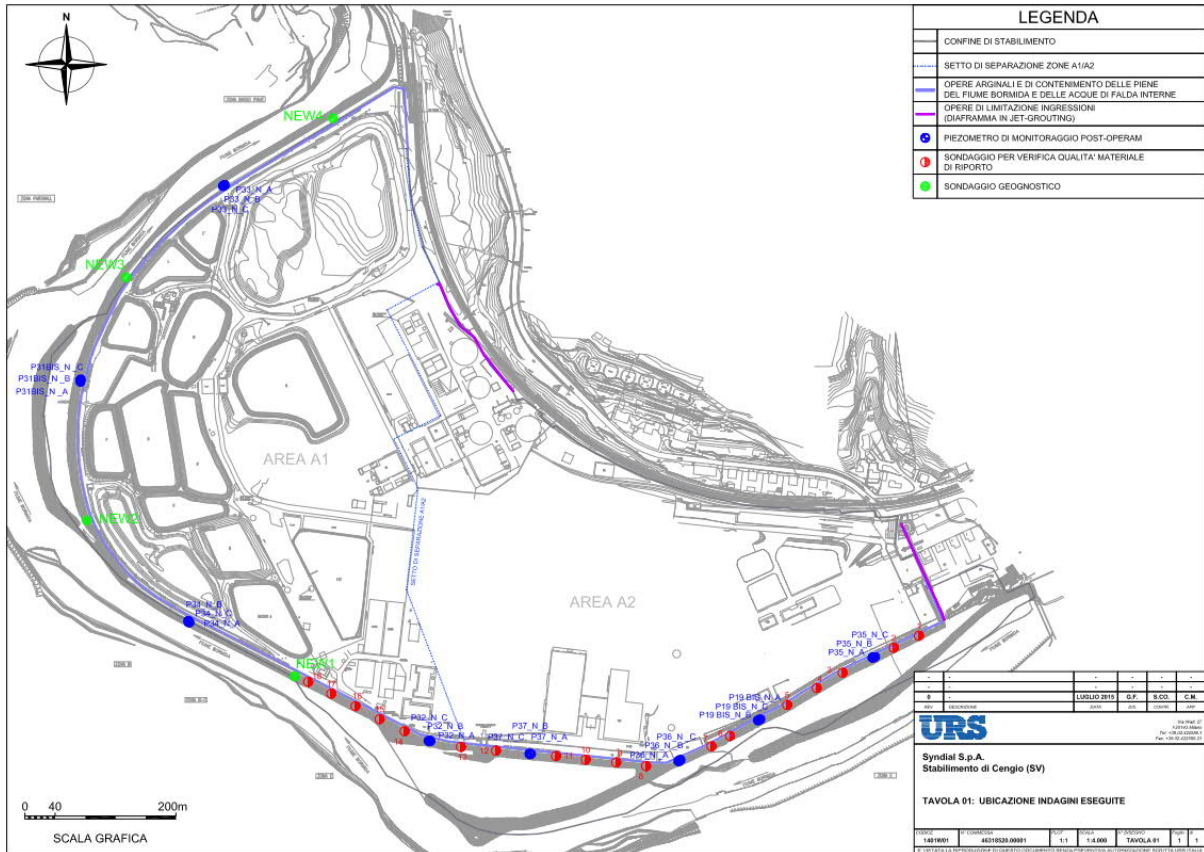


Figura 5: Ubicazione delle indagini eseguite

Sempre in linea con le specifiche tecniche condivise, nel corso delle perforazioni furono prelevati numerosi campioni sia di terreno di riporto, sia di marna, da destinarsi ad analisi di laboratorio. In particolare, sui campioni del materiale di riporto furono eseguite analisi chimiche per la verifica della conformità dello stesso, mentre sui campioni di marna furono eseguite sia analisi chimiche (test di cessione in acqua deionizzata), sia prove di laboratorio per la determinazione della conducibilità idraulica e dei parametri diffusivi.



I risultati delle attività condotte furono presentate agli Enti locali di controllo nel corso della riunione congiunta tenutasi a Cengio il 14/04/2015, contestualmente alla consegna di una versione preliminare della relazione.

A seguito di tale incontro la Provincia di Savona, riunitasi in tavolo tecnico con la Commissione di Collaudo e ARPA Liguria il 10 giugno 2015 (verbale prot. 48236 del 23/07/2015) ha formulato un

Allegato 3 – Istruzione Operativa “Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto”

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 36 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

parere sui risultati preliminari presentati, chiedendo contestualmente il recepimento di alcune osservazioni/indicazioni e la produzione della versione definitiva del documento.

Le attività e gli approfondimenti condotti tra il 2014 e il 2015, di cui al presente paragrafo, sono stati descritti nella relazione "Sistema di monitoraggio post-operam del sito di Cengio (SV): analisi dei risultati preliminari" prodotta nel Luglio 2015 da parte di URS Italia, in collaborazione con il GdL anzi definito.

Nei paragrafi seguenti si fornisce una descrizione sintetica delle attività e dei risultati conseguiti.

4.1 Perforazione di sondaggi nel materiale utilizzato per la realizzazione della scogliera in Area A3



Al fine di completare la verifica della qualità del materiale utilizzato per la realizzazione della scogliera nelle aree non investigate con i sondaggi effettuati nel 2010, conformemente a quanto già fatto in quella occasione, in zona "Collinetta Sud" e "Zona E" in questa fase furono eseguiti ulteriori 23 perforazioni (18 sondaggi denominati S1÷S18 + ulteriori 5 perforazioni in corrispondenza di altrettanti piezometri sondaggi).

Da ciascun sondaggio, in accordo con il Protocollo⁶ condiviso, fu prelevato un campione medio composito dei terreni insaturi di ciascuna carota da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio. Inoltre fu prelevata anche un'aliquota da destinarsi all'analisi dei composti volatili mediante apposito campionatore immediatamente posta in "vial" da 40 ml.

Oltre a quanto sopra, furono prelevati campioni di terreno anche in corrispondenza del 1° metro sopra la marna sul 20% circa del totale dei punti di campionamento.

Complessivamente furono prelevati e analizzati n° 30 campioni di terreno di riporto (campioni medi/puntuali rappresentativi della porzione non satura + campioni direttamente a contatto con il substrato marnoso – 1° metro).

⁶ Protocollo tra il Commissario delegato, la Provincia di Savona, Arpa Liguria e Syndial, in attuazione del Protocollo di intesa per la reindustrializzazione del sito di Cengio siglato il 26/07/2006, per la definizione delle "Attività propedeutiche alla certificazione degli interventi di bonifica e bonifica con misure di sicurezza del sito di interesse nazionale di Cengio-Saliceto" del 25/10/2006, in particolare nell'Allegato B – Cap. 3.1"

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 37 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

4.2 Perforazione ed installazione di n° 8 triplete di piezometri (riporto/marna)

Conformemente a quanto previsto nella Nota Tecnica redatta da URS (Aprile 2014), in corrispondenza dei punti già prestabiliti e condivisi con gli Enti per l'ubicazione dei piezometri di monitoraggio post-operam di zona A3, furono installate 8 triplete di piezometri.

I nuovi piezometri furono distinti dai preesistenti mediante l'aggiunta della lettera N dopo la sigla identificativa e furono organizzati in triplete, secondo il seguente schema:

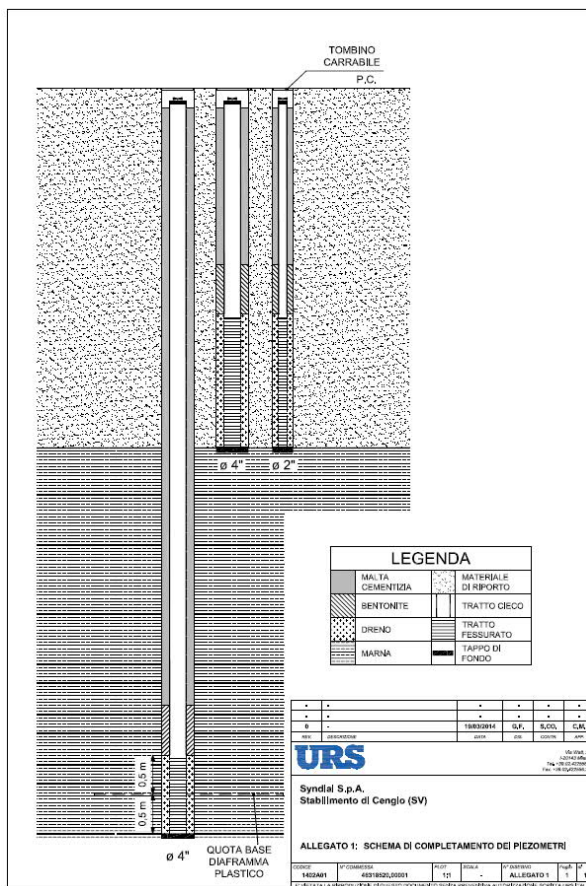




Figura 6 - schema di completamento dei piezometri

- Piezometro da 4 pollici installato in marna, distinto con il suffisso A (es. P35 NA), fenestrato per un metro a cavallo della quota di base del diaframma plastico.
- Piezometro da 4 pollici installato nel riporto, distinto con il suffisso B (es. P35 NB), fenestrato nella parte satura per circa 2/3 m.
- Piezometro da 2 pollici installato nel riporto, distinto con il suffisso C (es. P35 NC), anch'esso fenestrato nella parte satura per circa 2/3 m, utilizzabile solo per le misure freatiche.

4.3 Perforazione di n° 4 sondaggi in marna

Oltre alle perforazioni eseguite per la messa in opera dei piezometri, ulteriori 4 perforazioni in marna furono eseguite in posizione intermedia fra i piezometri di "Zona Parshall", al fine di condurre un approfondimento conoscitivo sulle condizioni dell'ammasso marnoso.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 38 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

Tali sondaggi, identificati con la sigla NEW 1÷4, permisero di prelevare ulteriori campioni di marna da sottoporre a Test di laboratorio e di effettuare un'analisi visiva delle condizioni dell'ammasso marnoso nelle aree non investigate dai piezometri. Anche in questo caso furono raggiunte le quote di base del diaframma plastico.

4.4 **Campionamento della marna**

In corrispondenza di ciascun punto d'indagine (perforazioni eseguite per installazione piezometri in marna + sondaggi NEW 1÷4) furono prelevati campioni da sottoporre sia a Test di cessione in acqua deionizzata, sia ad analisi di laboratorio per la determinazione della conducibilità idraulica e dei parametri diffusivi. Complessivamente i campioni prelevati e sottoposti a Test di cessione in acqua deionizzata sono stati 42, compresi 6 campioni prelevati in corrispondenza di altrettante evidenze visive ed organolettiche di potenziale contaminazione. Oltre ai campioni suddetti furono prelevati anche 19 campioni di marna da sottoporre a prove di laboratorio per le determinazioni idrauliche.

4.5 **Campionamento acque dai piezometri**



A seguito della installazione dei piezometri furono eseguiti una serie di spurghi, tramite elettropompa sommersa, per rendere efficienti le coppie (A-B) di piezometri realizzati. Inoltre, per verificare la funzionalità degli stessi ed effettuare una prima valutazione del quadro idrochimico delle acque riscontrate, furono eseguite anche 3 campagne di campionamento preliminari, di cui la prima in data 30/10/2014, la seconda in data 24/11/2014 e la terza in data 29/01/2015.

Le attività di campionamento, in accordo con gli Enti di controllo, sono proseguite anche nei mesi di marzo (27/03/2015), maggio (19/05/2015) e giugno 2015 (15/06/2015).

Per ciascuna campagna eseguita, non era stato mai possibile campionare tutti i piezometri, a causa della scarsità di acqua all'interno di alcuni punti che ne impediva il corretto campionamento. In ogni caso, laddove possibile, il campionamento venne eseguito previo spurgo dei piezometri.

I campionamenti furono eseguiti in dinamico, tramite pompa sommersa. I piezometri nel materiale di riporto furono campionati dopo uno spurgo pari ad almeno 3 volumi di acqua contenuta nel piezometro; i piezometri in marna, dato lo scarso tasso di recupero, venivano svuotati e quindi successivamente campionati dopo l'accumulo di un sufficiente volume di acqua.

Il campionamento è stato sempre effettuato a bassa portata (<0,5 L/min), al fine di minimizzare il disturbo al sistema, lo stripping di contaminati e la mobilizzazione di solidi sospesi.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 39 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

4.6 **Analisi chimiche sui campioni di terreno (materiale di riporto)**

I campioni di materiale di riporto furono analizzati dal laboratorio CPG di Cairo Montenotte (SV). I risultati delle analisi effettuate sul materiale di riporto, campionato con le modalità riportate nel paragrafo 4.1, furono confrontati con le concentrazioni limite accettabili (CLA) del DM 471/99 per uso verde e residenziale e con i limiti definiti dall'ISS (2000/2001) per il sito ACNA di Cengio per sostanze non comprese nelle tabelle dell'Allegato 1 del D.M. 471/99.

Dal confronto era emerso che tutti i campioni di terreno di riporto erano conformi ai limiti normativi e che, a parte poche eccezioni, tutti i composti organici erano al di sotto del limite di rilevabilità.

4.7 **Test di cessione in acqua deionizzata (marna)**

I test di cessione in acqua deionizzata, condotti secondo la norma UNI EN 12457-2:2004, previa polverizzazione del campione di marna, furono eseguiti su un totale di 44 campioni, così distribuiti:



- 12 campioni superficiali;
- 14 campioni intermedi;
- 12 campioni profondi;
- 6 campioni in corrispondenza di evidenze di contaminazione.

Al fine di valutare la possibilità di un eventuale rilascio da parte della marna verso le acque circolanti nel riporto, negli eluati furono ricercate tutte le sostanze previste dal protocollo analitico approvato per il sito di Cengio.

4.8 **Prove per la determinazione della conducibilità idraulica e dei parametri diffusivi (marna)**

Furono eseguite prove di laboratorio per la determinazione della conducibilità idraulica su 6 campioni (carote prelevate nei sondaggi), ritenuti rappresentativi delle caratteristiche dell'ammasso marnoso alla piccola.

La conducibilità idraulica venne determinata mediante prove di permeabilità diretta in cella triassiale a carico costante, nelle quali fu misurata la quantità d'acqua che fluiva attraverso il provino in un determinato intervallo di tempo.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 40 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

Poiché tale valore di conducibilità idraulica, misurato alla piccola scala su campioni di ridotte dimensioni, poteva essere considerato rappresentativo della matrice intatta, ma non dell'intero ammasso marnoso, all'interno del quale sono presenti anche discontinuità, microfessure e livelli arenacei, per una valutazione della conducibilità idraulica alla grande scala, finalizzata all'analisi dei fenomeni di trasporto che interessavano l'ammasso marnoso, furono eseguiti anche slug-tests nei piezometri di monitoraggio.

Da tali risultati, la conducibilità idraulica della matrice marnosa intatta risultava compresa tra 5×10^{-13} m/s e $1,3 \times 10^{-11}$ m/s, con un valore medio (media logaritmica) pari a $2,12 \times 10^{-12}$ m/s.

I risultati delle interpretazioni degli slug test mostrarono un valore medio della conducibilità idraulica K in sito dell'ordine di 7×10^{-9} m/s, con un valore minimo di $8,1 \times 10^{-10}$ m/s (P19BIS NA) ed un valore massimo di $3,7 \times 10^{-8}$ m/s (P36 NA), confermando le proprietà di bassissima permeabilità dell'ammasso marnoso nel suo complesso, già individuate dai numerosi studi condotti in fase di progettazione e realizzazione delle opere.



Oltre alle prove di permeabilità diretta in cella triassiale, furono eseguite prove in colonna filtrante per la determinazione delle proprietà di trasporto (conducibilità idraulica, fattore di ritardo, coefficiente di diffusione effettivo).

Le prove in colonna filtrante furono eseguite utilizzando lo stesso sistema triassiale delle prove di permeabilità, integrato da un serbatoio in pressione contenente la soluzione da immettere nel provino e da una provetta sigillata per la raccolta della soluzione in uscita dal provino stesso. Le prove sono state eseguite utilizzando il cloruro di sodio come tracciante e ricavando la concentrazione mediante misure indirette della conducibilità elettrica.

Le prove eseguite consentirono di determinare un coefficiente di diffusione effettivo $D^* = 4,82 \times 10^{-10}$ m²/s, corrispondente ad un fattore di tortuosità $\tau = 0,3$. Il fattore di tortuosità è un parametro caratteristico della matrice intatta e non dipende dalle proprietà del soluto utilizzato come tracciante nelle prove di laboratorio. Il valore ottenuto dall'interpretazione delle prove risultava collocato nel campo di valori tipico dei terreni a grana fine, compreso tra 0,1 e 0,4 (Shackelford e Daniel, 1991; Dominijanni et al., 2013; Dominijanni e Manassero, 2014).

4.9 Livelli idrici in Zona A3

La presenza d'acqua nella marna è stata riscontrata essere molto limitata e discontinua, presumibilmente attribuibile ad infiltrazioni superficiali che si sviluppano attraverso microfessure.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 41 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

Ciò era confermato anche dal fatto che i livelli piezometrici misurati nei piezometri intestati nella marna, fessurati in un intervallo di un metro in corrispondenza della base del diaframma plastico, si presentavano assai variabili.

In diversi casi era evidente la disconnessione idraulica tra i livelli nella marna e quelli nel riporto, con livelli piezometrici che differivano anche di diversi metri, mentre in altri punti, (P37 NA/B, P32 NA/B - ubicati prevalentemente settore Sud e settore Ovest dell'area investigata), i livelli piezometrici nella marna e nel riporto tendevano a coincidere.

Sulla base dei livelli idraulici misurati nei nuovi piezometri di monitoraggio, era stato possibile verificare il mantenimento della condizione di differenza di livello idraulico tra l'esterno e l'interno dell'area cinturata. La differenza di livello idraulico è infatti garantita dall'accoppiamento del diaframma plastico composito e del diaframma drenante, realizzato sul lato a monte dell'opera di contenimento arginale, il quale esercita la funzione di drenare le acque di falda interne, permettendone il controllo e la raccolta.



In ogni caso fu verificato che i livelli all'interno del diaframma drenante erano sempre inferiori ai livelli esterni nel riporto, confermando l'azione di presidio attivo del diaframma drenante a monte del sistema di contenimento fisico, che genera un gradiente idraulico sempre rivolto verso l'interno del sito.

Inoltre era stato osservato che, con la sola eccezione del piezometro P37, la quota di innesco della pompa all'interno del diaframma drenante era sempre inferiore alla quota della marna, a garanzia del mantenimento del controflusso convettivo diretto dall'esterno verso l'interno dell'area cinturata.

4.10 ***Analisi chimiche sui campioni di acque***

Le acque analizzate nei piezometri intestati nel **materiale di riporto**, laddove era stato possibile campionare, presentavano in genere le stesse famiglie di composti dei piezometri **in marna**; tuttavia erano caratterizzati da valori assoluti di concentrazione sempre inferiori, anche di un ordine di grandezza.

Frequentemente le concentrazioni dei composti rilevate in eccedenza nei piezometri in marna, nei corrispondenti piezometri intestati nel materiale di riporto rientravano al di sotto dei limiti di legge o di determinazione analitica.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 42 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

In termini di rappresentatività, i composti più frequentemente presenti in eccedenza rispetto ai limiti di riferimento, appartenevano alle seguenti famiglie: Metalli, Solventi Aromatici, Composti Alifatici Alogenati; Ammine Aromatiche; Nitrobenzeni; Naftalensolfonici e Antrachinsolfonici.

4.11 **Risultati dello studio del 2015**

Le indagini e gli approfondimenti eseguiti tra il 2014 e il 2015 sostanzialmente hanno permesso di:

- Verificare l'idoneità dei terreni di rinterro in Area A3;
- Realizzare i piezometri di monitoraggio post-operam;
- Confermare l'influenza della presenza pregressa dei materiali di riporto contaminati in Area A3;
- Verificare il mantenimento delle condizioni idrauliche di progetto del sistema di confinamento del sito.



Per quanto riguarda il terreno di riporto in Area A3, posato al termine delle operazioni di scavo e di bonifica, tutte le analisi dei campioni di terreno di riporto hanno mostrato valori di concentrazione conformi alla CLA per terreni ad uso residenziale.

Per quanto riguarda invece gli esiti delle nuove perforazioni nell'ammasso marnoso, le indagini effettuate ne hanno confermato le caratteristiche litologiche, geotecniche ed idrauliche già note dalle indagini pregresse e poste alla base i tutti i progetti di Bonifica e Messa in Sicurezza del sito, quali la consistenza litoide, l'assenza di piani di fratturazione aperti e la bassissima permeabilità anche a grande scala.

La realizzazione dei piezometri di monitoraggio post-operam ha evidenziato la presenza di acque sotterranee, in quantità variabile ma comunque estremamente limitata, sia nel riporto sia nella marna.

L'ammasso marnoso possiede caratteristiche idrogeologiche (porosità, permeabilità) tali da non poter rientrare nella definizione di "*falda acquifera*" secondo l'art. 54 del D.Lgs. 152/2006 ("*falda acquifera: uno o più strati sotterranei di roccia o altri strati geologici di porosità e permeabilità sufficiente da consentire un flusso significativo di acque sotterranee o l'estrazione di quantità significative di acque sotterranee*").

La presenza di acqua nella marna, sulla base degli esiti degli approfondimenti svolti, è riconducibile alla presenza di microfessure; peraltro, come già emerso dagli esiti di precedenti studi, non vi sono evidenze di interconnessione a larga scala.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 43 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

Anche all'interno del riporto, l'estrema variabilità stagionale della presenza e quantità d'acqua riscontrata nei piezometri, porta ad escludere la possibilità di identificare questa formazione come un "falda acquifera" così come definita dal sopracitato art. 54 del D.Lgs. 152/2006.



Sui campioni di marna prelevati in sito sono state eseguite prove di cessione, le quali hanno mostrato una limitata capacità di rilascio della matrice di marna intatta. I superamenti delle concentrazioni limite, riscontrati nelle acque prelevate dai piezometri finestrati in marna, sono pertanto da attribuirsi alla contaminazione penetrata all'interno delle microfessure in epoca passata e comunque precedente alla bonifica, quando la marna era esposta all'infiltrazione verticale delle sostanze inquinanti prodotte dai materiali contaminati accumulati in area A3 in epoche antecedenti alla gestione di Syndial

A verifica e conferma delle condizioni di sicurezza garantite dal sistema di cinturazione è stato accertato che, in corrispondenza di tutti gli 8 nuovi punti di monitoraggio, il livello idraulico all'interno del diaframma drenante, accoppiato al diaframma plastico composito, è mantenuto inferiore al livello esterno misurato nello strato di riporto superficiale, instaurando in questo modo una condizione di gradiente idraulico rivolto verso le aree interne del sito, ad ulteriore garanzia dell'efficacia del sistema di contenimento perimetrale del sito, che preclude totalmente la migrazione della contaminazione per diffusione attraverso e al di sotto del diaframma).

L'efficienza del sistema di drenaggio è inoltre confermata dal bilancio idraulico tra i volumi d'infiltrazione delle piogge e quelli delle acque emunte dalle aree A1 e A2, i quali mostrano un'ottima corrispondenza. La prevista realizzazione del capping e della pavimentazione, rispettivamente in area A1 e A2, contribuirà, inoltre, ad abbassare completamente il livello idrico sull'intera superficie delle aree cinturate, favorendo ulteriormente la persistenza di un controgradiente idraulico dall'esterno verso l'interno, ad ulteriore garanzia della efficacia del sistema di contenimento.

Tutti gli elementi raccolti hanno supportato l'ipotesi che la presenza delle sostanze riscontrata è da attribuirsi alla contaminazione penetrata all'interno delle microfessure in epoca passata, quando la marna era esposta all'impatto dei riporti di origine industriale accumulati nelle aree in epoche antecedenti alla gestione di Syndial (gli accumuli di materiale in area A3 sono cessati negli anni '70). I dati di caratterizzazione mostravano infatti che, nelle stesse aree dove oggi sono ubicati i piezometri con un maggior carico di sostanze tipiche del sito di Cengio, erano stati accumulati in passato importanti volumi di tali riporti, con spessori fino a 18 m.

In queste aree, la concomitante presenza di una morfologia del substrato marnoso che si configurava come una zona di accumulo, ha consentito nel passato la formazione e la persistenza, alla base dei riporti industriali, di un percolato ricco di sostanze organiche ed inorganiche estratte dai materiali

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 44 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

attraversati, che si è potenzialmente infiltrato nelle microfessure presenti localmente nella marna. Tali condizioni, che determinano una sostanziale assenza di mobilità della contaminazione, rendono anche inapplicabili e/o inefficaci potenziali interventi ad hoc di estrazione/rimozione della contaminazione stessa presente nell'ammasso marnoso.

La contaminazione presente nell'ammasso marnoso spiega anche lo sporadico rilevamento, all'interno dei piezometri finestrati nello strato di riporto collocato in Zona A3, di concentrazioni in eccesso alle CLA di riferimento: infatti, in condizioni di equilibrio idraulico, le sostanze disciolte nell'acqua presente nell'ammasso marnoso possono trasmettersi al riporto superficiale mediante un processo di retrodiffusione, caratterizzato peraltro da un rilevante effetto di attenuazione, come confermato dal confronto della qualità delle acque prelevate nei piezometri finestrati nelle due formazioni.



Le acque analizzate nei piezometri intestati nel materiale di riporto, laddove era stato possibile campionare, hanno presentato in genere le stesse famiglie di composti dei piezometri in marna; tuttavia caratterizzati da valori assoluti di concentrazione sempre inferiori, anche di un ordine di grandezza.

Il rilevamento di possibili superamenti delle concentrazioni limite nelle acque del riporto non comporta comunque alcun rischio per i potenziali bersagli ambientali presenti nel sito ed, in particolare, per il fiume Bormida. Tale situazione veniva confermata dai risultati dei monitoraggi regolarmente eseguiti sulle acque del Fiume Bormida.

4.12 **Azioni previste in Zona A3 a seguito dello studio condotto nel 2015**

In condizione di assenza di rischio per tutte le risorse ambientali presenti nel sito, Syndial, a seguito delle risultanze dello studio di approfondimento del 2015 descritto nel precedente paragrafo, ha ritenuto opportuno programmare e mettere in atto delle specifiche "misure di sicurezza" che, secondo quanto previsto dal DM 471/99, applicabile alla bonifica del sito di Cengio (come riportato nel Verbale della Provincia del 23/07/2015), garantissero il monitoraggio delle condizioni idrauliche ed idrochimiche delle acque presenti in zona A3.

Tali misure sono state richieste nello stesso verbale della Provincia, nel quale si afferma che *"a fronte della situazione di contaminazione cui sia molto difficile in questa fase porre rimedio, occorre tuttavia che l'azienda attui delle misure di sicurezza e di controllo anche qualora la contaminazione non costituisca un rischio per i recettori a valle del sito"*.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 45 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO		

In primo luogo, a partire dal Luglio 2015 è stato avviato il *monitoraggio intensivo nei piezometri in marna*, tramite attività di spurgo quindicinale dei piezometri, recupero dei livelli statici e campionamento mensile degli stessi. Tale attività, ancora oggi condotta da Syndial, permette di verificare l'eventuale evoluzione della qualità delle acque interstiziali contenute nelle fessure della marna a seguito di progressivi cicli di svuotamento delle colonne piezometriche.

In aggiunta, nonostante il documento del 2015 confermasse già:

- la conformità dei terreni di rinterro in Area A3,
- le caratteristiche di bassissima permeabilità dell'ammasso marnoso e di limitatissimo contenuto d'acqua libera nell'ambito dello stesso (tale da non rientrare nell'ambito di alcuna definizione di "falda acquifera"),
- il carattere del tutto riconducibile al passato della contaminazione residuale riscontrata al suo interno,
- l'assenza di rischi per il fiume Bormida, che continuava a mostrare condizioni di qualità "buona",



al fine di raccogliere e disporre di ulteriori elementi necessari all'interpretazione e alla conferma del quadro idrogeologico e idrochimico delineato dallo studio e all'ulteriore verifica dell'effettiva segregazione delle zone interne del sito da quelle golenali esterne, il Gruppo di Lavoro ha previsto ulteriori attività di approfondimento tecnico, che sono state condotte unitamente ai monitoraggi intensivi dei piezometri, nel periodo marzo 2016 – marzo 2017, quali:

- a) monitoraggio di dettaglio ed analisi dei livelli piezometrici giornalieri nei piezometri nel riporto, nella marna e all'interno del muro di contenimento;
- b) misura mensile del livello del fiume contestuale al rilievo freaticometrico generale e al monitoraggio della qualità delle acque presenti nei piezometri;
- c) prove di pompaggio prolungato a portata costante nel materiale di riporto con campionamenti di acque ad intervalli di tempo regolari, finalizzati a definire i parametri idrogeologici del comparto "materiale di riporto" e contestualmente valutare le eventuali variazioni del chimismo delle acque in conseguenza del pompaggio indotto;
- d) caratterizzazione isotopica delle acque, valutando i rapporti isotopici del Carbonio e del Cloro nelle acque prelevate in punti all'interno del sito ed in punti all'esterno del sito;
- e) conduzione di indagini SEM, TEM e XRD, al fine di evidenziare, nei campioni di marna, presenza di microfratturazione, presenza di tracce microbiche sulle pareti, fasi cristalline e precipitati;

Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.



La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 46 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

- f) ricostruzione di un modello idrogeologico numerico del sito che rappresentasse il substrato marnoso, le alluvioni ed i riporti soprastanti, i rapporti tra queste ed il fiume Bormida, nonché le opere di contenimento e di drenaggio delle acque interne del sito.

L'iniziativa in oggetto, svolta in coordinamento con la Commissione di Collaudo ed il Tavolo Tecnico, si inquadra nell'ambito dell'iter di certificazione della bonifica della Zona A3.

I dettagli e gli esiti di tali molteplici attività, condotte tra il 2016 e il 2017 vengono riportati al Capitolo 5 del presente documento.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 47 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

5. SINTESI DEGLI STUDI ESEGUITI PER LA ZONA A3 NEL 2016 - 2017

Gli studi di approfondimento condotti tra marzo 2016 e marzo 2017, condivisi con il Tavolo Tecnico di Coordinamento per le attività di controllo, verifica e monitoraggio delle operazioni di bonifica del sito ex-ACNA di Cengio, sono stati articolati nelle seguenti fasi principali:

- Indagini SEM, TEM e XRD su campioni di marna.
- Caratterizzazione geochimica e isotopica delle acque.
- Ricostruzione di un modello idrogeologico numerico del sito.

Le attività di approfondimento sono state condotte con la partecipazione del Gruppo di Lavoro, che ha aggiornato il Tavolo Tecnico di coordinamento, in occasione degli incontri programmati, sull'avanzamento degli studi e sui risultati via via conseguiti. La descrizione di dettaglio degli studi e delle attività eseguite e di tutti i risultati ottenuti è contenuta nel report "*Nota di sintesi delle indagini di approfondimento effettuate in Zona A3*" [14] e nelle relazioni specialistiche allegate alla stessa. Tale relazione tecnica con tutti gli allegati specialistici è stata trasmessa al Ministero e agli altri Enti competenti il 22 giugno 2017 (Rif Prot. PM/NORD/C/064/17/MT del 12/06/2017). In particolare, le relazioni specialistiche annesse al documento trasmesso sono le seguenti:



- relazione n. 1 – "*Caratterizzazione geochimica e isotopica delle acque emunte dalla rete piezometrica di sito*" – doc. n. 120007-ENG-R-RV-3650 (Politecnico di Milano, 30/05/2017);
- relazione n. 2 "*Simulazioni numeriche di flusso e trasporto degli inquinanti per l'analisi dei rapporti tra acque interne ed esterne al sito, il F. Bormida e le opere di contenimento*" – doc. n.120007-ENG-R-RV-4654 (Ambiente-Hydrodata, 30/04/2017);
- relazione n. 3 "*Relazione esiti indagini XRD-SEM-TEM su campioni di marna prelevati in Area A3*" – doc. n.120007-ENG-R-RV-1153 (Università di Ferrara, 30/05/2017);
- relazione n. 4 "*Prova di pompaggio 72 ore eseguita in Area A3*" – doc. n.120007-ENG-R-RV-4653 (C.P.G. Lab, 31/03/2017).

Contestualmente Syndial ha proseguito senza soluzione di continuità anche le attività di monitoraggio e controllo delle acque in Zona A3, sulla base della "*Procedura di campionamento delle acque sotterranee – Area A3*" (in presenza dei rappresentanti di ARPAL, che hanno provveduto a prelevare campioni di confronto) e, a partire dal 2015, il monitoraggio intensivo nei piezometri in marna, tramite attività di spurgo quindicinale, recupero dei livelli statici e campionamento mensile degli stessi e al contestuale spurgo dei piezometri del riporto in cui fosse risultata la presenza di acqua.

Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 48 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

I risultati di tali studi e attività specialistiche hanno consentito di comprovare ulteriormente e consolidare il quadro già delineato nel documento del 2015 citato al capitolo precedente, con particolare riferimento alla verifica delle differenti caratteristiche ed origine delle acque sotterranee oggi confinate all'interno del sito, ad opera del sistema di barrieramento fisico ed idraulico esistente, rispetto alle acque rinvenute all'interno dell'ammasso marnoso e all'interno dei materiali inerti incontaminati ricollocati in Zona A3 dopo la bonifica, a conferma della conformità delle operazioni di bonifica effettuate e della funzionalità ed efficacia dello stesso sistema di contenimento.

5.1 **Le indagini sulla marna: indagini SEM, TEM e XRD**

Al fine di evidenziare nei campioni di marna eventuali anomalie mineralogiche, indirettamente sintomatiche di anomalie chimiche come ad esempio la presenza di inquinanti, l'Università di Ferrara, su incarico di Syndial, ha condotto le indagini XRD, SEM e TEM su un set di 10 campioni definiti e scelti tra le carote estratte durante la realizzazione dei piezometri. Successivamente a conferma dei risultati ottenuti sono state effettuate delle ulteriori analisi diffrattometriche sugli ultimi nove campioni di carote ancora custoditi. In entrambe le sessioni di analisi è stata posta particolare attenzione ai tratti interessati dalla presenza di discontinuità (in particolare se contenenti evidenza di contaminazione).



In sintesi i risultati ottenuti dalle indagini sono stati i seguenti:

- **Analisi diffrattometrica (XRD):** ha evidenziato una composizione mineralogica per tutti i campioni tipica di questo litotipo. La pirite (solfuro di ferro) è risultata diffusamente presente come minerale accessorio (<0.4 % in peso).
- **Osservazioni e microanalisi in microscopia elettronica a scansione (SEM):** è la tecnica che rileva con maggiore affidabilità anomalie mineralogiche (eventualmente, in modo indiretto, anomalie chimiche) se presenti in proporzioni abbondanti (i.e. tipicamente > 1 % in peso). Le analisi hanno evidenziato unicamente la presenza di strutture di pirite framboidale, di interesse in quanto le zone interessate dai fenomeni di piritizzazione/solfatazione, anche in considerazione della natura porosa, potrebbero potenzialmente costituire possibili ricettacoli di fasi di neoformazione quali precipitati da soluzioni inquinanti.
- **Osservazioni e microanalisi in microscopia elettronica a trasmissione (TEM):** hanno permesso di confermare la presenza delle fasi cristalline già identificate con XRD, oltre ad evidenziare alcuni minerali presenti come accessori in bassissime proporzioni. Non sono state rilevate composizioni chimiche che possano ricondurre a fasi cristalline di neoformazione da precipitazione di soluzioni contenenti metalli pesanti e/o inquinanti.

Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 49 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

- Osservazioni allo stereo-microscopio ottico: le immagini hanno permesso di confermare la presenza delle fasi cristalline già identificate con XRD oltre ad evidenziare alcuni minerali presenti come accessori in bassissime proporzioni. Non si sono rilevate composizioni chimiche che possano ricondurre a fasi cristalline di neoformazione da precipitazione di soluzioni contenenti metalli pesanti e/o inquinanti.

La finalità ultima delle analisi XRD-SEM-TEM condotte sulle marne di Cengio è stata quella di valutare la presenza, all'interno della marna, di fasi cristalline trasformate e/o di neoformazione generatesi dall'interazione dei minerali primari con acque cariche di inquinanti permeanti la marna e/o dalla precipitazione di sali (solubili) da soluzioni sovrassature di elementi inquinanti.



Dai risultati delle analisi eseguite sui dieci campioni di marna da sondaggio selezionati non è emersa alcuna evidenza che la composizione mineralogica (e chimica) delle marne studiate differisca significativamente da quella della marna originaria; in altri termini non sono state individuate fasi cristalline derivanti da trasformazione e/o neoformazione indotte da un possibile contatto prolungato con acque cariche di elementi inquinanti.

5.2 **Caratterizzazione geochimica e isotopica delle acque**

La caratterizzazione geochimica e multi-isotopica delle acque è stata condotta per meglio comprendere la circolazione idrica sotterranea e la possibile origine della contaminazione residuale in area A3, e per escludere in particolare:

- l'individuazione e la caratterizzazione delle principali fonti di ricarica del sistema idrogeologico in studio.
- la caratterizzazione delle relazioni acqua/matrice dell'acquifero, in modo tale da meglio definirne i percorsi e la circolazione idrica.
- l'individuazione dell'origine delle sostanze inquinanti organiche che si rinvenivano in sito e la relazione di queste tra i settori esterni ed interni all'opera di contenimento.

Gli isotopi sono elementi con lo stesso numero di elettroni e protoni (stesso numero atomico) ma diverso numero di neutroni (differente peso atomico). L'isotopo contenente il numero maggiore di neutroni viene detto "pesante" o, viceversa, "leggero" e il loro rapporto, definito come R, rappresenta il rapporto isotopico assoluto. Gli isotopi possono essere stabili, come nel caso del Deuterio, del ¹³C e del ³⁷Cl, oppure radioattivi. In via del tutto generale gli isotopi stabili vengono usati soprattutto per comprendere l'origine di un composto (acqua o contaminante) mentre quelli radioattivi per la

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 50 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

datazione. Poiché il rapporto tra isotopi leggeri e pesanti in un determinato composto dipende dalla materia prima e dai processi che l'hanno generata, nel caso del Compound Specific Analysis (CSIA), attraverso le analisi di ^{13}C e ^{37}C , si è in grado di evidenziare l'esistenza di eventuali fonti diverse per una stessa sostanza; inoltre poiché gli isotopi tendono a reagire in modo leggermente diverso nei processi chimici, fisici e biologici le modifiche del rapporto isotopico di un composto una volta immesso nell'ambiente può essere diagnostico dei processi biodegradativi subiti.



La circolazione idrica sotterranea è stata indagata considerando il tempo medio di residenza, grazie all'utilizzo dei dati di trizio (^3H) e ^{14}C del DIC (Carbonio Inorganico Disciolto), e le fonti di ricarica, usando invece dati di deuterio (^2H) e ^{18}O . Anche se non per tutti i piezometri, l'elaborazione dei dati evidenzia due comportamenti distinti: una circolazione più profonda, caratteristica delle acque nel comparto marna, caratterizzata da tempi medi di residenza più lunghi e una circolazione più superficiale, tipica delle acque del comparto interno e del riporto, caratterizzata da tempi di residenza minori, e ricarica locale dovuta alle precipitazioni e al contributo delle acque superficiali del fiume Bormida, come già desumibile dalla relazione tra i livelli idrici dei due comparti.

In particolare il trizio ha mostrato per i piezometri in marna P31bis NA e P36 NA valori inferiori al limite di rilevabilità, confermando una circolazione idrica profonda e con tempi medi di residenza superiori almeno ai 50-60 anni.

Per il piezometro P31bis NA, anche i dati di ^{14}C del DIC indicano tempi di residenza di parecchie decine di anni. I risultati di ^2H e ^{18}O per il comparto marna limitatamente al piezometro P31bis NA mostrano valori particolarmente impoveriti, confermando una circolazione molto più profonda rispetto ai comparti superficiali.

Per quanto riguarda gli altri piezometri, la limitata capacità di ricarica dovuta alla compattezza della marna ha reso i dati isotopici meno significativi, in quanto molto probabilmente influenzati dalle minime infiltrazioni di acque superficiali che avvengono attraverso la cementazione esterna dei piezometri stessi.

Per meglio comprendere eventuali relazioni tra i diversi comparti si sono inoltre utilizzati alcuni soluti disciolti nelle acque come "traccianti naturali", in particolare sono stati considerati i solfati che si presentano con concentrazioni più elevate all'interno. Dai diagrammi di Piper, inoltre, è evidente la distinzione nel chimismo delle acque appartenenti ai diversi comparti: considerando la distribuzione e le concentrazioni dei soluti, le acque in marna si distinguono nettamente, appartenendo ad una facies tipica di acque di origine marina o comunque di circolazione profonda ed antica. La facies delle acque dei riporti nei comparti (A3 e A2) è invece rappresentativa di acque sotterranee di circolazione

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 51 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

superficiale e poco mineralizzate, a differenza della facies in A1, per la quale esiste un forte arricchimento di SO_4^{2-} in seguito a percolazione ed infiltrazione da residui di lavorazione.

Molto significativi sono anche i risultati di ^{18}O e ^{34}S dei solfati, che si differenziano, denotando un'origine diversa, per le acque dei piezometri interni (aree A1 e A2) da quelli in area A3, siano essi in marna (A) siano essi nel riporto (B) (Figura 7). In particolare, il fatto che la composizione isotopica di ^{18}O e ^{34}S misurata nel comparto esterno mostri valori impoveriti (ovvero più negativi) rispetto ai valori misurati nel comparto interno (settore A1 e A2) contrasta con l'ipotesi di una provenienza dei solfati dall'interno verso l'esterno⁷.

Opposta invece è la situazione tra il comparto marna e riporto in area A3, per la quale i valori simili di concentrazione e di composizione isotopica del solfato indicano una potenziale continuità tra i due comparti. Sono evidenti inoltre, per il comparto marna, processi di solfato riduzione, particolarmente per i piezometri P36 e P31bis.

Tale aspetto è compatibile con processi biodegradativi della contaminazione in condizioni fortemente anossiche, risultato questo coerente con quanto già osservato nel contesto dell'analisi mineralogica illustrata nel precedente paragrafo.

⁷ *Eventuali processi di biodegradazione possono far variare la composizione isotopica, sia del 18O che del 34S, ma solo nella direzione di un arricchimento dell'isotopo pesante a spese dell'isotopo leggero, ovvero ragionando in ‰, verso valori più positivi/meno negativi. Lo stesso vale per gli isotopi del Carbonio e del Cloro nei composti organici quali i composti clorurati.*

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 52 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

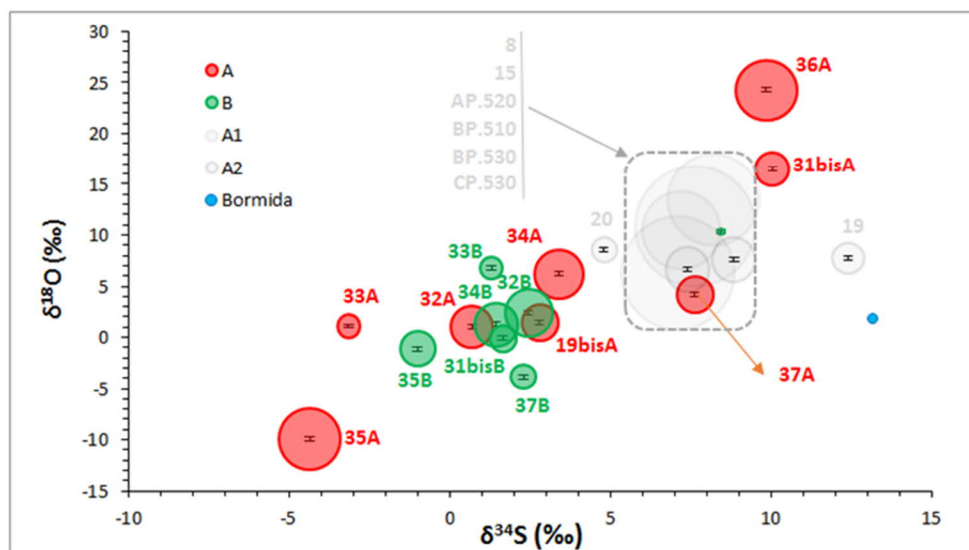
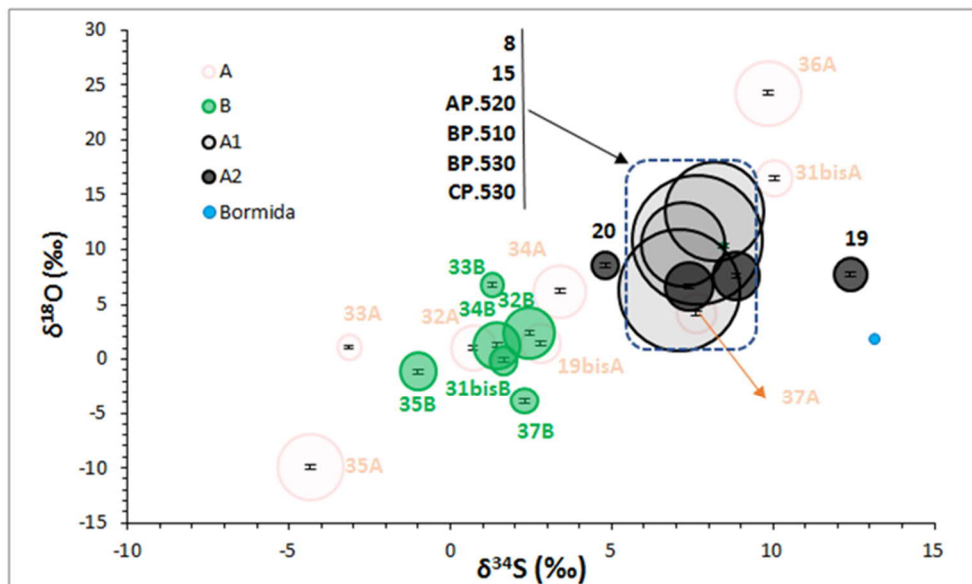




Figura 7: Risultati di ^{18}O e ^{34}S del solfato disciolto, dati di Marzo e Giugno: in verde sono rappresentati i valori per piezometri B, in rosso A e in nero e bianco i piezometri per le aree A1 e A2 rispettivamente; la grandezza dei simboli è proporzionale alla concentrazione del solfato. Per maggior comprensione sono considerati, nel grafico in alto, i confronti tra i dati nel riporto interno e quelli nel riporto esterno (ponendo quelli in marna in trasparenza) e nel grafico sotto i dati del riporto e della marna in area A3. Si osservi come i dati relativi al riporto (b) in zona A3 abbiano sempre valori diversi e più impoveriti per Ossigeno e Zolfo rispetto ai valori registrati nei piezometri in area A1 e A2 dando evidenza che non possono derivare da essi. I dati in marna sono molto più distribuiti per i

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 53 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

probabili effetti di biodegradazione già osservati per questa matrice che comportano un arricchimento, visibile in particolare per il P36A e il P31bis.


Per ultimo, l'origine e la distribuzione degli inquinanti è stata studiata attraverso le analisi isotopiche per Carbonio e Cloro su alcuni contaminanti caratteristici ritrovati sia nelle aree interne sia in quelle esterne. A dispetto della grande variabilità dei dati di concentrazione, si è osservato come i segnali isotopici nelle due campagne condotte (marzo e giugno 2016) siano rimasti pressoché invariati.

Un simile risultato permette di utilizzare 13C-CSIA (Compound Specific Isotope Analysis sul Carbonio) e 37Cl-CSIA (Compound Specific Isotope Analysis sul Cloro) in maniera "solida" al fine di individuare eventuali differenze circa sorgenti e/o pennacchi delle sostanze inquinanti.

Il Tetracloroetilene (PCE) e il Monoclorobenzene (MCB), scelti come tra i più rappresentativi fra le sostanze inquinanti, hanno dato risultati particolarmente significativi e sono stati, pertanto, considerati come "traccianti" della contaminazione riscontrata all'esterno del sito.

Difatti per i composti considerati, sono stati misurati in diversi casi segnali isotopici impoveriti nel settore esterno (area A3) rispetto a quello interno (aree A1 e A2) e, per quanto sottolineato già per i solfati, ciò risulta essere un chiaro indicatore del fatto che l'origine dei composti rinvenuti in Zona A3 non può essere ricondotta ad una provenienza dalle sorgenti interne presenti nelle aree A1 e A2, ma potrebbe essere correlata ad una sorgente in loco, quale i cumuli storicamente presenti all'esterno e poi asportati.

Nel caso del Monoclorobenzene un grande valore aggiunto è stato dato dall'accoppiamento del 13C-MCB e del 37Cl-MCB (CSIA-dual isotope approach). Questo approccio, che combina le informazioni derivanti dai due isotopi, aumenta considerevolmente la possibilità di individuare eventuali differenze di origine di una sostanza e ha fornito, nel caso specifico, una conferma del modello concettuale elaborato (Figura 8).

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 54 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO		

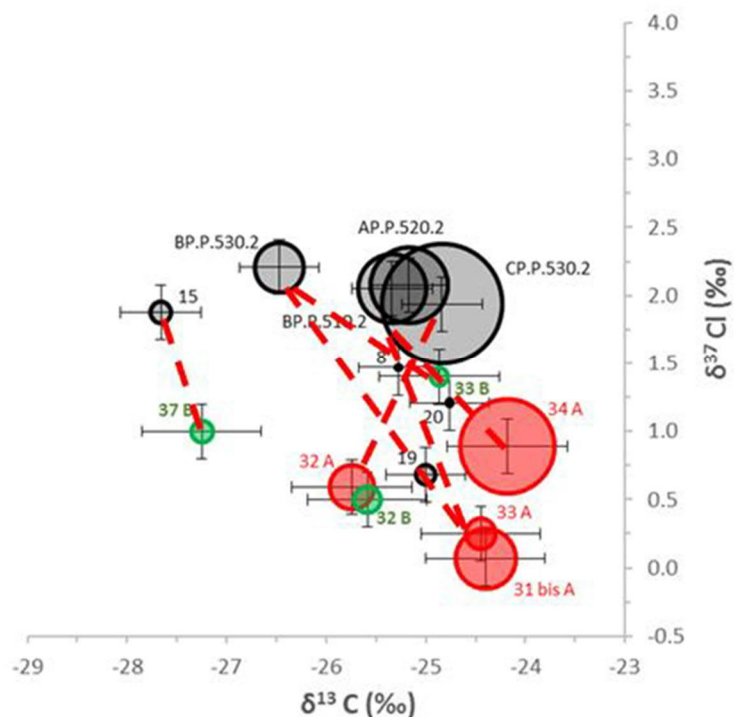




Figura 8: Dual isotope plots ^{13}C e ^{37}Cl -MCB per il MCB, valori medi per le campagne di marzo e giugno. Con una linea tratteggiata in rosso sono stati messi in evidenza i trend che mostrano valori di $\delta^{13}\text{C}$ e/o $\delta^{37}\text{Cl}$ impoveriti all'esterno (verde riporto, rosso marna) se confrontati con il corrispettivo punto di confronto interno (grigio) e che danno dunque evidenza che non vi possa essere una provenienza dall'interno verso l'esterno della cinturazione. La dimensione dei cerchi è funzione della concentrazione.

In conclusione, per quanto riguarda la circolazione idrica e l'origine delle sostanze inquinanti i risultati depongono a favore di una tenuta del confinamento operato dal diaframma e dai sistemi idraulici. In sintesi, dall'indagine isotopica e geochimica emerge infatti che:

- la circolazione idrica nel comparto marna non riceve direttamente acque di ricarica locali o recenti, presentando tempi di residenza medi anche molto elevati. Con buona probabilità quindi, nel comparto marna sono contenute acque ricaricate parecchi decenni orsono e in zone di ricarica con altitudini più elevate rispetto al sito così come alle aree circostanti.
- Le acque del comparto interno non sono in continuità con i comparti esterni come testimoniato dalla distribuzione degli ioni maggiori e dai risultati isotopici, in particolare dei solfati. Viceversa, i comparti marna e riporto superficiale esterno possono ritenersi verosimilmente in connessione;

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 55 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

infatti, le acque provenienti dal comparto marna, più ricche in soluti, risultano mescolarsi con le acque del comparto riporto superficiale esterno, queste ultime molto meno mineralizzate essendo ricaricate da acque superficiali.

- Grazie al C-CSIA e al CI-CSIA di alcuni contaminanti, in particolare PCE e Monoclorobenzene, risulta confermata l'ipotesi che le sostanze inquinanti che si ritrovano all'esterno, sia nel comparto marna che riporto superficiale, derivino da una fonte in loco e comunque non derivino da una migrazione attuale dall'interno, rendendo plausibile ricondurne l'origine agli accumuli di rifiuti avvenuti in area A3 fino agli anni settanta e che successivamente sono stati rimossi.

5.3 Ricostruzione del modello idrogeologico numerico del sito



Per permettere una visione complessiva delle caratteristiche idrogeologiche dell'area si è provveduto alla ricostruzione di un modello idrogeologico numerico del sito che ha rappresentato il substrato marnoso, le alluvioni ed i riporti soprastanti, i rapporti tra queste ed il fiume Bormida, nonché le opere di contenimento e di drenaggio delle acque interne del sito.

Finalità del modello è stata la verifica dell'efficacia dei sistemi di contenimento fisico ed idraulico delle aree interne del sito e del bilancio idrogeologico in area interna, ovvero la compatibilità tra infiltrazione, campo di permeabilità, andamento piezometrico e volumi di acque sotterranee emunte dal sistema di drenaggio delle acque interne (diaframma drenante intestato nella marna e ubicato a tergo del sistema di contenimento fisico, più pozzi di emungimento posti lungo tutto lo sviluppo del diaframma drenante e sistema di collettamento e invio delle acque emunte all'impianto di trattamento ITAR di sito). I flussi per filtrazione nel substrato marnoso sono stati valutati considerando il substrato come un mezzo acquitardo, semipermeabile per micro fessurazione.

A partire dal modello tridimensionale di deflusso, sono state inoltre ricostruiti modelli di dettaglio bidimensionali su alcune specifiche sezioni perpendicolari alle opere di contenimento, sulle quali sono state effettuate alcune simulazioni del trasporto di massa (advettivo, dispersivo, diffusivo) del Clorobenzene, assunto come contaminante di riferimento del sito.



Le attività di simulazione del flusso e trasporto si sono sviluppate a differenti scale di dettaglio dei fenomeni, attraverso l'implementazione dei seguenti modelli numerici:

- A. Simulazioni a scala dell'intero sito (aree A1, A2) con realizzazione di 2 modelli in sezione bidimensionale verticale, attraverso le aree A1, A2, rispettivamente dal setto di separazione

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 56 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

A1-A2 al fiume Bormida e dall'area Nord ferrovia al fiume Bormida (Figura 9). La base del modello è stata posta alla profondità di 70 m dalla base del diaframma plastico.

- B. Simulazioni di dettaglio alla scala del sistema di barrieramento in fregio al F. Bormida, con realizzazione di 8 modelli di dettaglio in sezione bidimensionale verticale, approssimativamente equispaziati, finalizzati alla verifica per ogni settore lungo la barriera plastica anche di scenari parametrici rappresentativi di condizioni/anomalie locali di conducibilità idraulica. La geometria delle opere di confinamento e di drenaggio è stata implementata nel modello sulla base delle sezioni "as-built". La base del modello è stata posta alla profondità di 40 m dalla base del diaframma plastico (Figura 10 e Figura 11).
- C. Modello 3D di flusso e bilancio idrogeologico per le aree "interne" A1, A2/A2bis costruito in riferimento ad un "sistema chiuso", idraulicamente isolato dalle barriere al contorno del sito e dal substrato marnoso. Nel modello 3D è stata assunta dunque trascurabile la filtrazione attraverso il substrato stesso, approssimazione compatibile con il contrasto di permeabilità tra i terreni interni (alluvioni e rilevati) e il substrato stesso.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 57 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

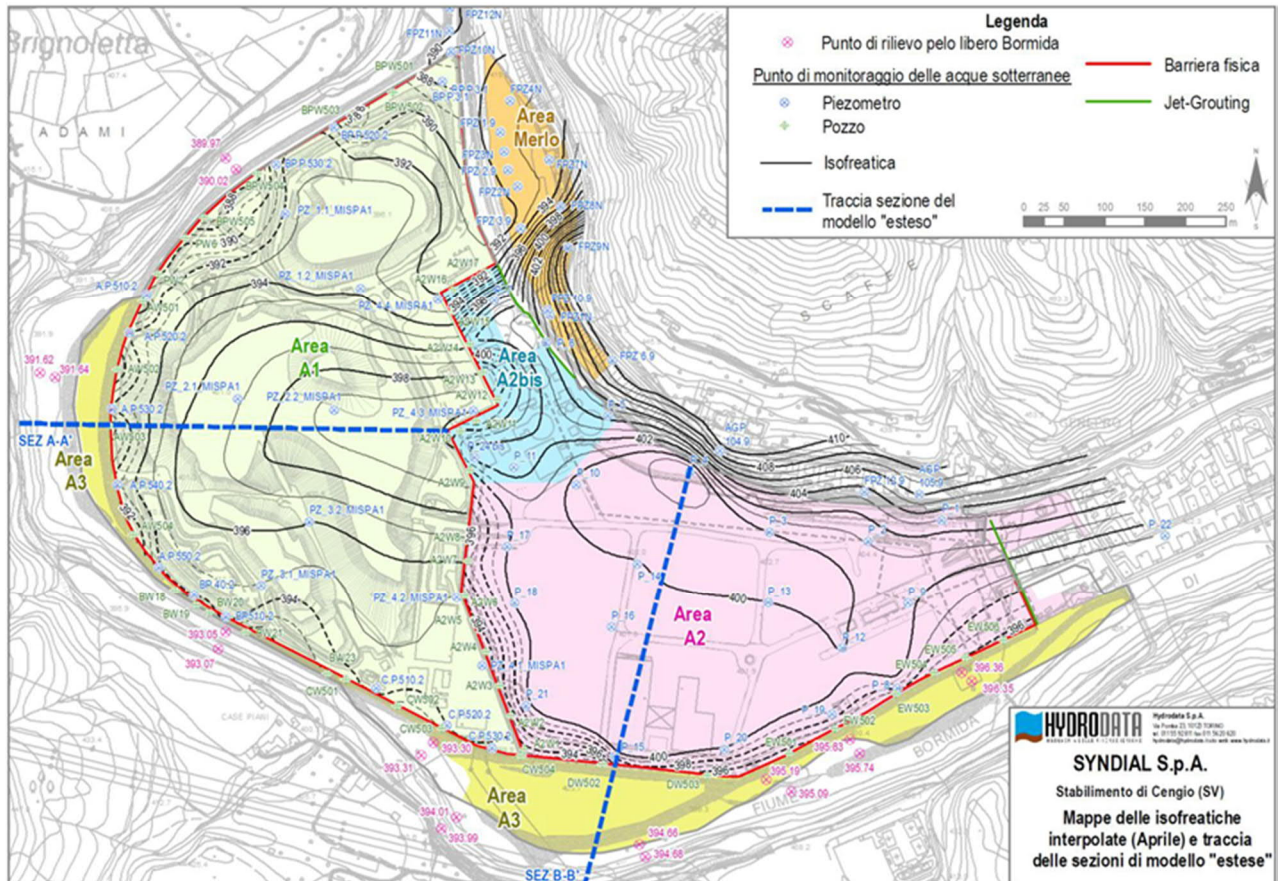



Figura 9: Assetto piezometrico (elaborazione dati Aprile 2016) e traccia delle sezioni di modello attraverso le aree A2 e A3 (modelli "Sezioni estese")

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 58 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	



Figura 10: Sezioni “as-built” delle opere di contenimento, di riferimento per le verifiche di filtrazione (modelli di dettaglio)

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 59 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO		

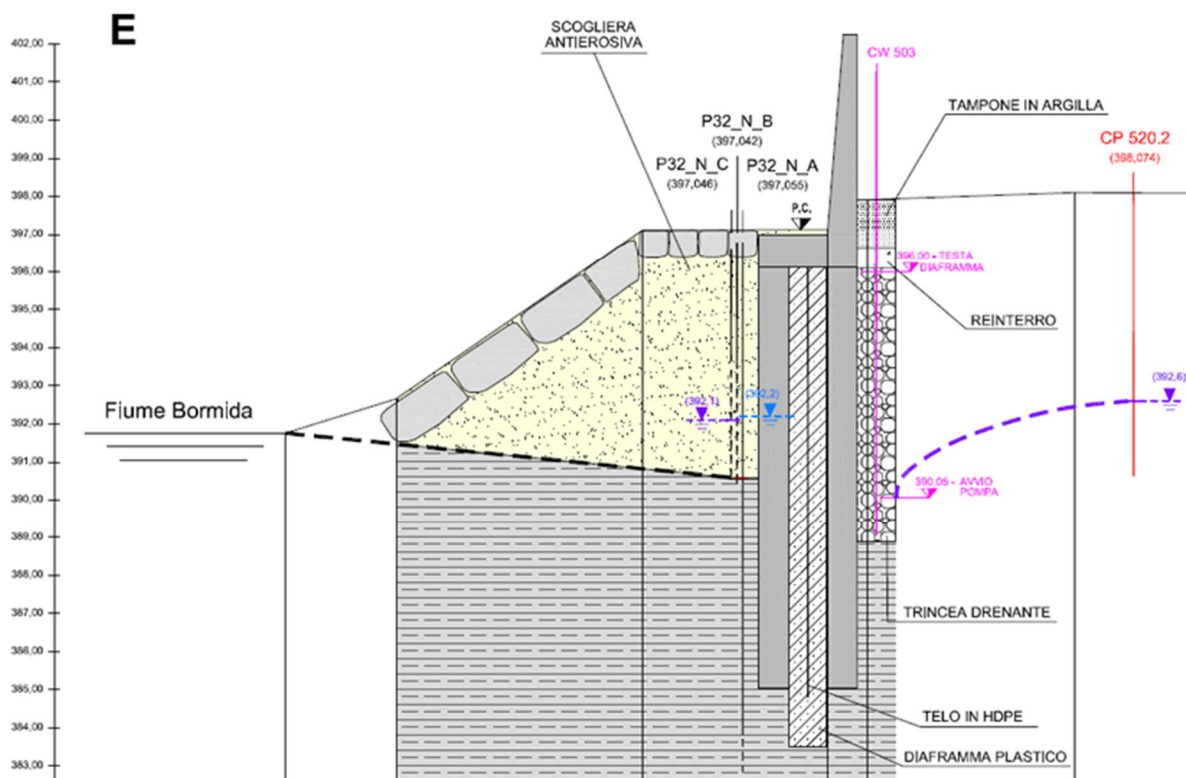




Figura 11: Sezione tipo dell'opera di contenimento (Sez. E-E')

Per l'implementazione dei modelli, alle differenti scale di lavoro (punti A, B), la valutazione della conducibilità idraulica dell'ammasso marnoso, parte dell'unità stratigrafica nota in letteratura come "Formazione di Rocchetta", è stata basata sulle indagini riepilogate nello studio eseguito da URS Italia S.p.A. "Sistema di monitoraggio post-operam del sito di Cengio (SV): analisi dei risultati preliminari" (2015) [13], nel quale è stato sviluppato uno studio statistico di tutti i dati sperimentali disponibili, ricavati nelle diverse fasi di caratterizzazione e realizzazione delle opere.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 60 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		



CLASSI	Permeabilità [cm/s]	Frequenza kh	Frequenza kv
1	1,00E-02 - 1,00E-03	0	0
2	1,00E-03 - 1,00E-04	0	0
3	1,00E-04 - 1,00E-05	1	0
4	1,00E-05 - 1,00E-06	12	5
5	1,00E-06 - 1,00E-07	71	13
6	1,00E-07 - 1,00E-08	36	74
7	1,00E-08 - 1,00E-09	20	28
8	<1,00E-9	30	50
<i>Totale valori</i>		<i>170</i>	<i>170</i>

Tabella 1 - Distribuzione in classi di frequenza dei valori di permeabilità ottenuti da prove Lugeon (unico valore per ciascun sondaggio) – da URS 2015

Sulla base dei suddetti dati di misura relativi al substrato marnoso (Tabella 1), per i modelli a scala dell'intero sito (rif. precedente punto A) è stato utilizzato il valore medio della classe di massima frequenze delle misure (URS 2015), pari a $K_x = 5E-9$ m/s (= 10^{-7} cm/s). Cautelativamente è stato utilizzato il medesimo valore di conducibilità idraulica anche sull'asse verticale ($K_x=K_z$). Per i modelli di dettaglio (punto B), a partire dai medesimi valori sono state invece effettuate verifiche sulla base di scenari parametrici di conducibilità idraulica per tener conto di potenziali condizioni/anomalie locali.

Una prima valutazione riguardo il rapporto tra acque esterne e interne al sistema di barrieramento, deriva dal riscontro sperimentale, come già accennato, di quote freatiche all'interno del diaframma drenante costantemente inferiori alle corrispondenti quote idrometriche in asse Bormida. Tale condizione evidenzia, un gradiente idraulico diretto dall'esterno verso l'interno del sito, ovvero l'incompatibilità di un flusso advettivo verso l'esterno del sito stesso.

Considerando il puro trasporto lungo linee di flusso advettivo, le acque presenti nei riporti e nella marna per diverse decine di metri di profondità (caratterizzate da tempi di filtrazione lentissimi) filtrano comunque in direzione del diaframma drenante. In aggiunta, il modello ha mostrato che il capping attualmente in corso di realizzazione in Zona A1 abatterà ulteriormente il livello idraulico interno determinando l'inversione completa dei gradienti idraulici in marna anche a grandi profondità (Figura 12).

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 61 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

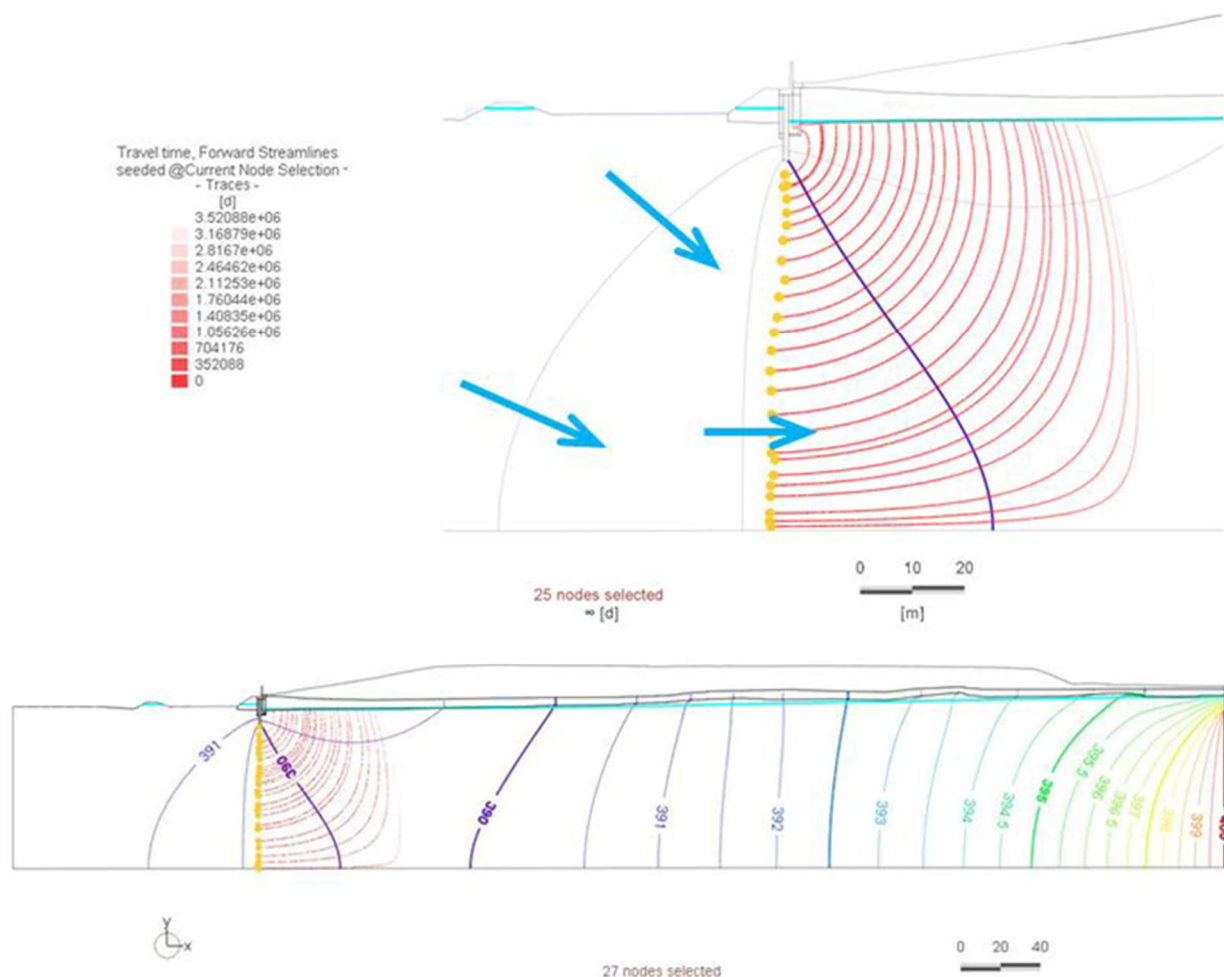




Figura 12: Sezione 1, campo piezometrico nello scenario post operam con capping, e linee di flusso (forward) con origine dai particelle sulla verticale della barriera. Si noti a ogni profondità l'assenza di linee di flusso dirette dall'interno verso l'esterno del sito.

Tramite i modelli a scala di dettaglio, è stato simulato lo scenario di malfunzionamento del sistema (cosiddetto "worst case scenario"), ipotizzando l'interruzione incidentale dei pompaggi dalla trincea e di contestuale assenza di flusso in Bormida, da cui deriva l'attivazione del massimo gradiente idraulico diretto verso l'esterno dell'area confinata.

Tale condizione è stata valutata come scenario parametrico in un campo di variabilità della conducibilità idraulica esteso a comprendere ipotesi anche estremamente cautelative sullo stato di

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 62 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

fratturazione del substrato, ovvero considerando valori di conducibilità idraulica superiori fino a oltre 3 ordini di grandezza rispetto a quanto effettivamente misurato con le indagini sperimentali.

Anche nelle condizioni più sfavorevoli, con valori massimi di conducibilità idraulica nel campo verificato, il tempo di attraversamento del flusso advettivo tra interno ed esterno dell'area confinata è risultato superiore di ordini di grandezza ai tempi necessari per il ripristino della gestione dei livelli mediante pompaggio dalla trincea stessa.

Anche da questa serie di simulazioni è dunque emersa la validità delle assunzioni di progetto delle opere di confinamento e l'insussistenza della possibilità che si verifichi un flusso advettivo dall'interno verso l'esterno del sito, sia nelle condizioni di ordinaria gestione degli emungimenti, sia in caso di accidentale interruzione dei pompaggi.

I risultati delle simulazioni di trasporto (Clorobenzeni) hanno evidenziato, in sintesi, che la presenza di inquinanti in area esterna ("marker" Clorobenzeni) è compatibile con la storia del sito, ovvero con un meccanismo di rilascio della contaminazione residua nelle microfessure della marna, causata dagli accumuli storici di materiali e rifiuti ora rimossi e sostituiti dai riporti di materiale incontaminato.



I risultati della complessa attività di modellazione hanno in definitiva dato ulteriore evidenza che il sistema di isolamento verso il Fiume Bormida è efficiente e idoneo a garantire il mantenimento degli inquinanti all'interno del sito, anche ipotizzando scenari particolarmente sfavorevoli.

Le situazioni puntuali di contaminazione riscontrate nei piezometri esterni, possono essere ricondotte unicamente alla percolazione nelle microfessure della marna causata dall'accumulo storico di materiali e terreni contaminati al di sopra della marna stessa.

5.4 Conclusioni dello studio del 2017

Gli esiti degli approfondimenti svolti nel 2016 e nel 2017 hanno mostrato come il modello concettuale esposto nello studio URS del 2015 risulta confermato.



Infatti, tali studi a attività specialistiche hanno consentito di raccogliere ulteriori elementi utili per l'interpretazione del quadro idrogeologico e idrochimico e per verificare ulteriormente l'effettiva segregazione idraulica tra le zone interne del sito e quelle golenali esterne. In particolare, i risultati degli studi eseguiti hanno consentito di comprovare ulteriormente e consolidare il quadro già delineato con gli studi precedenti, con particolare riferimento alla verifica delle differenti caratteristiche ed origine delle acque sotterranee oggi confinate all'interno del sito, ad opera del sistema di barriera fisico ed idraulico esistente, rispetto alle acque rinvenute all'interno dell'ammasso marnoso e all'interno dei

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 63 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		

materiali inerti incontaminati ricollocati in Zona A3 dopo la bonifica, a conferma della conformità delle operazioni di bonifica effettuate e della funzionalità ed efficacia dello stesso sistema di contenimento.

Nello specifico, gli studi hanno evidenziato quanto segue:

- I risultati delle indagini geochimiche ed isotopiche nelle acque presenti nelle marne hanno confermato, in generale, una circolazione idrica sotterranea di entità molto ridotta e la segregazione dell'ambiente interno alla cinturazione rispetto a quello contiguo esterno in area A3. Particolarmente significativi sono stati i risultati del Compound Specific Isotope Analysis (CSIA) del Carbonio e del Cloro su alcuni contaminanti indicatori (PCE e Monoclorobenzene), i quali hanno evidenziato l'assenza di correlazione tra la contaminazione riscontrata all'interno dell'opera di contenimento del sito e quella all'esterno. In tal senso hanno confermato quindi l'ipotesi che le sostanze inquinanti che si ritrovano in area A3, sia nel comparto marna sia nel riporto superficiale, derivino da una fonte in loco risalente nel tempo (cumuli di rifiuti accumulati negli anni 70 e rimossi a seguito della bonifica) e certamente non originino da una attuale migrazione dall'interno.
- I risultati delle prove di pompaggio effettuate in alcuni piezometri, hanno confermato la limitata capacità di ricarica delle acque contenute nelle microfessure della marna e quindi la bassa trasmissività di tale formazione. Questi risultati sono peraltro confermati anche dagli andamenti dei livelli piezometrici in marna, i quali, soprattutto dopo il luglio 2015, cioè in seguito all'attivazione degli spurghi quindicinali, dimostrano, per gli elevati tempi di ricarica, che la marna è un substrato a bassa permeabilità.
- La stessa conclusione è sostenuta anche dalle indagini SEM, TEM e XRD che danno evidenza della composizione mineralogica e tessiturale di tale comparto, associata, tipicamente, ad una permeabilità molto bassa della roccia non fratturata.
- Tali evidenze in relazione alle caratteristiche intrinseche della marna, hanno riconfermato l'esclusione dalla definizione di "falda acquifera" secondo l'art. 54 del D.Lgs. 152/2006 ("falda acquifera: uno o più strati sotterranei di roccia o altri strati geologici di porosità e permeabilità sufficiente da consentire un flusso significativo di acque sotterranee o l'estrazione di quantità significative di acque sotterranee"). Anche all'interno del riporto, il fatto che si rinvenissero spessori saturi effimeri, spesso nulli, anche per lunghi periodi di tempo, porta ad escludere la possibilità di identificare questa formazione come un "falda acquifera" così come definita dal sopracitato art. 54 del D.Lgs. 152/2006.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 64 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	



- I risultati del modello matematico di sito, infine, hanno fornito ulteriore evidenza che il sistema di isolamento verso il Fiume Bormida è efficiente e idoneo a garantire il mantenimento degli inquinanti all'interno del sito, anche ipotizzando scenari particolarmente sfavorevoli. Le situazioni puntuali di contaminazione riscontrate nei piezometri esterni, possono essere ricondotte unicamente alla percolazione nelle microfessure della marna causata dall'accumulo storico di materiali e terreni contaminati al di sopra della marna stessa.

Tutti gli elementi raccolti hanno confermato pertanto l'ipotesi, già esposta nel 2015, che la presenza delle sostanze oggi riscontrata è da attribuirsi alla contaminazione penetrata all'interno delle microfessure in epoca passata, quando la marna era esposta all'impatto dei riporti di origine industriale accumulati nelle aree in epoche antecedenti alla gestione di Syndial (gli accumuli di materiale in area A3 sono cessati negli anni '70). In queste aree, la morfologia del substrato marnoso normalmente pendente dal Fiume Bormida verso le aree industriali, ha consentito nel passato la formazione e la persistenza, alla base dei riporti industriali, di un percolato ricco di sostanze organiche ed inorganiche estratte dai materiali attraversati, che si è potenzialmente infiltrato nelle microfessure presenti localmente nella marna.

Scopo delle suddette indagini integrative era anche la verifica di assenza di effetti sulla qualità delle acque del Fiume Bormida, che viene confermata sia dai risultati sopra esposti sia dagli esiti dei monitoraggi che vengono regolarmente svolti.

Le risultanze delle simulazioni modellistiche hanno infatti anche mostrato come, considerando il puro trasporto lungo linee di flusso advettivo, gli inquinanti presenti nei riporti e nei livelli più superficiali della marna non hanno potenziale recapito in Bormida, come confermato dai risultati dei monitoraggi delle acque superficiali del fiume Bormida in più postazioni che hanno evidenziato la buona qualità per le acque del Fiume Bormida. Infatti, per nessuno degli analiti esaminati, nei campioni prelevati lungo l'area A3, si è avuto superamento dei limiti di riferimento (D. Lgs. 152/2006 All.1 parte III); si rileva altresì che per la maggior parte di questi le concentrazioni sono sotto la soglia di rilevanza.

Oltre a raccogliere ulteriori elementi utili alla conferma della funzionalità ed efficacia dello stesso sistema di contenimento, i risultati degli studi e delle attività hanno costituito un passaggio significativo per la finalizzazione dell'iter di certificazione che è proseguito, in continua interlocuzione con la Commissione di Collaudo ed il Tavolo Tecnico, attraverso l'esecuzione di ulteriori attività, quali l'Analisi di Rischio sanitaria delle aree golenali (Rif. Capitolo 7 – Annesso A) e la progettazione degli interventi di ripristino degli argini sormontabili sul Fiume Bormida che hanno in parte ceduto nel corso delle piene del Fiume Bormida (Rif. Capitolo 8 – Annesso B).

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 65 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

6. LE CONDIZIONI AMBIENTALI DELLA ZONA A3

Nella Zona A3, così come nelle altre zone soggette a bonifica (A2 ed A4), sono stati rimossi tutti i nuclei di contaminazione presenti nella matrice insatura (rifiuti e terreni contaminati) ed i valori di concentrazione di tutti i parametri di interesse risultano inferiori al limite applicabile per la specifica destinazione d'uso dell'area (ex Tab. 1 allegato 1 D.Lgs 471/99). Ad oggi non vi è più contaminazione a carico dei terreni nelle aree bonificate.



Per quanto riguarda le acque sotterranee, nella Zona A3, la realizzazione dei piezometri di monitoraggio post-operam (Rif. Cap. 4) ha evidenziato la presenza di acque interstiziali, in quantità variabile, ma comunque estremamente limitata, sia nei terreni di rinterro dell'attuale rilevato arginale (posati al termine delle operazioni di scavo e di bonifica), sia all'interno dell'ammasso marnoso.

Syndial, a seguito del conseguimento dei primi risultati e comunque contestualmente all'esecuzione delle attività specialistiche, ha inoltre proseguito senza soluzione di continuità anche le attività di monitoraggio idraulico/idrochimico e controllo intensivo sia nei piezometri in marna (tramite attività di spurgo quindicinale, recupero dei livelli statici e campionamento mensile degli stessi), sia al contestuale spurgo e campionamento mensile dei piezometri intestati nel materiale di riporto in cui fosse risultata la presenza di acqua.

Sempre con frequenza mensile Syndial provvede anche al rilievo della quota assoluta del fiume Bormida in corrispondenza di sezioni passanti per le triplette di piezometri di monitoraggio. Al fine di poter disporre di dati significativi finalizzati al confronto fra i dati freaticometrici e le quote del Fiume Bormida, sono stati adottati dei metodi statistici.

Dal punto di vista idraulico, gli studi di approfondimento effettuati ed i controlli intensivi condotti da Syndial, hanno permesso di concludere che:

- all'interno del riporto è stata riscontrata la presenza di acqua in quantità sufficiente per il campionamento solo in alcuni dei piezometri realizzati (a seconda del campionamento effettuato sono risultati campionabili 3 o 4 piezometri su 8);
- nel materiale di riporto, gli spessori saturi sono in media di pochi centimetri o qualche decimetro rispettivamente nei piezometri P_19bis N_B, P_34 N_B, P_35 N_B e P_36 N_B. Lo spessore saturo massimo si rileva nel piezometro P_37 N_B, che in media è pari a circa 1,7 m, mentre nei piezometri P_31bis N_B, P_32 N_B e P_33 N_B lo spessore saturo si attesta su valori medi intorno ad 1 metro;

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 66 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

- laddove possibile, in funzione degli spessori saturi, viene eseguito lo spurgo ed il campionamento mensile dei piezometri intestati nel riporto.



Nella seguente tabella si riporta inoltre il confronto fra le quote freatiche di ciascun piezometro intestato nel riporto e le quote del fiume Bormida, calcolate come UCL 95%. Tale parametro rappresenta il valore corrispondente al limite superiore dell'intervallo di confidenza del valore medio della popolazione dei dati, con una probabilità del 95% che all'interno cada il valore della media vero, eliminando gli "outlier", ossia quei valori che non sono rappresentativi dell'insieme di dati nel suo complesso, in quanto qualitativamente molto diversi rispetto al resto del data set.

ID Piezometro	UCL 95% Quota freatica in "B" (m s.l.m.)	UCL 95% Quota fiume Bormida (m s.l.m.)
P_19 bis N	396,3	395,9
P_31 bis N	391,1	391,9
P_32 N	393,7	393,7
P_33 N	389,8	390,0
P_34 N	393,1	393,0
P_35 N	396,5	396,3
P_36 N	396,5	395,2
P_37 N	394,4	394,7

Appare evidente come i livelli idraulici misurati nei piezometri intestati nel riporto siano regolati dagli apporti delle acque meteoriche e delle acque superficiali del fiume Bormida.

La presenza di acqua nella marna è riconducibile all'occorrenza di microfessure; peraltro come già emerso dagli esiti della grande mole di studi e prove pregresse, non vi sono evidenze di interconnessione delle fessure a larga scala. L'ammasso marnoso possiede caratteristiche idrogeologiche (porosità, permeabilità) tali che anche lo stesso non possa rientrare nella definizione di acquifero secondo l'art. 54 del D.Lgs. 152/2006 (acquifero è: "uno o più strati sotterranei di roccia o altri strati geologici di porosità e permeabilità sufficiente da consentire un flusso significativo di acque sotterranee o l'estrazione di quantità significative di acque sotterranee").

Nella seguente tabella si riporta il confronto fra i valori medi delle quote freatiche misurate a partire da dicembre 2015 fino a giugno 2018 nei piezometri intestati nel riporto, le quote piezometriche medie misurate nei piezometri intestati nella formazione marnosa, la quota del top del substrato marnoso e la quota del piano campagna.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 67 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO		

ID Piezometro	Quota freaticometrica media in "B" (m s.l.m.)	Quota piezometrica media in "A" (m s.l.m.)	Quota top substrato marnoso (m s.l.m.)	Quota piano campagna (m s.l.m.)
P_19 bis N	396,3	389,4	396,2	399,9
P_31 bis N	390,9	390,9	389,9	396,4
P_32 N	393,6	386,7	392,5	398,9
P_33 N	389,7	383,7	388,9	393,1
P_34 N	393	387,9	392,9	396,6
P_35 N	396,4	391,1	396,3	400,8
P_36 N	396,4	394,9	396,3	398,9
P_37 N	394,2	386,4	392,5	399,49

Dal punto di vista idrochimico, i campionamenti eseguiti hanno consentito di verificare che le acque dei piezometri intestati nel materiale di riporto (laddove è possibile campionare), sottoposti ad analisi chimica per la determinazione quali-quantitativa dei parametri previsti dal protocollo di monitoraggio post-operam del sito di Cengio, presentano in genere le stesse famiglie di composti dei piezometri in marna. Tuttavia i risultati dei monitoraggi mostrano che sia il numero di contaminanti, sia i valori di concentrazione sono apprezzabilmente inferiori rispetto a quanto riscontrato all'interno dell'ammasso marnoso.

Frequentemente le concentrazioni dei composti rilevate in eccedenza nei piezometri in marna, nei corrispondenti piezometri intestati nel materiale di riporto rientrano al di sotto dei limiti di legge o di determinazione analitica.

In termini di rappresentatività, i composti più frequentemente presenti in eccedenza rispetto ai limiti di riferimento, appartengono alle seguenti famiglie: Metalli, Solventi Aromatici, Composti Alifatici Alogenati; Ammine Aromatiche; Nitrobenzeni; Naftalensolfonici e Antrachinsolfonici.



Dall'analisi spaziale e qualitativa dei dati di monitoraggio emerge che:

- I Metalli (Selenio; Alluminio; Ferro; Manganese; Arsenico; Antimonio) sono presenti prevalentemente nei settori compresi fra i piezometri P_35÷P_37 (settore Sud) e P_31BIS÷P_33 (settore Nord-Ovest).
- I Solventi Aromatici, quasi esclusivamente rappresentati dal Benzene e dal Toluene, hanno una distribuzione piuttosto ubiquitaria nell'areale investigato. Le concentrazioni più elevate si riscontrano nel settore compreso fra i piezometri P_34÷P_31BIS.
- I Composti Alifatici Alogenati sono presenti con maggiore persistenza nel settore compreso fra i piezometri P_37÷P_31BIS (procedendo da Est verso Ovest).

Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 68 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

- Le Ammine Aromatiche ed i Nitrobenzeni sono presenti nel settore compreso fra i piezometri P_34+P_31BIS, così come alcuni composti aggiuntivi (2,4-Dinitrotoluene; 4-Nitrotoluene; 2,3-Dicloronitrobenzene; Tetraclorobenzeni).
- I composti Naftalensolfonici e Antrachinsolfonici hanno una distribuzione piuttosto ubiquitaria nell'areale investigato, le maggiori concentrazioni sono state rilevate in corrispondenza del piezometro P_34.

Per quanto riguarda la famiglia dei Metalli, si segnala comunque che già in fase di caratterizzazione (Rif. Rel. 12/1802 A0 – Consorzio BASI, 2001), nei campioni prelevati nella parte settentrionale dell'Area A2 e nella zona più orientale (Ponte Donegani), presi a riferimento quali "bianchi", erano stati individuati ...*"metalli pesanti (As, Cd, Hg, Pb, Ni, Cu, Se, Zn) a tenori spesso del medesimo ordine di grandezza alle CLA e diffusi superamenti della stessa"*... Per l'Alluminio, il Ferro ed il Manganese addirittura si registravano*"tenori considerevoli, anche di uno/due ordini di grandezza superiori alle rispettive CLA, con superi molto frequenti"*..... Ciò aveva indotto a ritenere che ...*"per tali elementi si sia in presenza di concentrazioni naturali ben al di sopra delle CLA e pertanto l'eventuale apporto antropico va valutato tenendo in considerazione i valori di fondo"*...

Alla luce di quanto sopra, relativamente alla famiglia dei Metalli, i risultati ottenuti confermano il quadro già delineatosi in fase di caratterizzazione.

Come già riportato nei precedenti paragrafi, sulla base degli studi di approfondimento effettuati, tale carico di inquinanti è da attribuirsi alla contaminazione presente come residuale all'interno delle microfessure, ivi penetrata per decenni a causa degli accumuli di materiali e terreni contaminati effettuati nelle stesse aree in periodi antecedenti alla gestione del sito da parte di Syndial. La quantità di contaminazione contenuta nelle marne è molto ridotta in ragione della bassissima porosità della formazione litoide. Inoltre, tale contaminazione è caratterizzata da sostanziale assenza di mobilità per la bassissima conducibilità idraulica della formazione litoide marnosa e per le caratteristiche di adsorbimento dei materiali argillosi.



In generale, i piezometri intestati nell'ammasso marnoso che presentano il maggior carico di contaminanti sia in ordine alle famiglie di composti presenti, sia in ordine ai valori di concentrazione rilevati, sono il P_34 N_A e il P_31BIS N_A, ubicati in zona Collinetta Ovest e a Sud della stessa.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 69 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	



Figura 13: spessori dei residui di lavorazione (tratta da: "Carta degli spessori dei residui di lavorazione industriale e dei materiali non inerti (Rif. Annesso 1, Fig. 5.1.2.U e Rel 12/1802AO, Consorzio BASI, Marzo 2001)")

La contaminazione presente nell'ammasso marnoso spiega inoltre lo sporadico rilevamento, riscontrato all'interno di alcuni piezometri finestrati nei riporti, di alcuni superamenti delle CLA di riferimento: infatti, in condizioni di equilibrio idraulico, le sostanze disciolte nell'acqua presente nell'ammasso marnoso possono trasmettersi al riporto superficiale mediante un processo di "retrodiffusione" ("back diffusion"), caratterizzato peraltro da un rilevante effetto di attenuazione, come confermato dal confronto della qualità delle acque prelevate nei piezometri finestrati nelle due formazioni.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 70 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

7. ANALISI DI RISCHIO SANITARIO

A valle del completamento di tutti gli studi/indagini di approfondimento effettuati in Zona A3, è stata prodotta, in condivisione con la Commissione di Collaudo, un'Analisi di Rischio Sanitario, allo scopo di evidenziare i potenziali rischi per i recettori umani derivanti dall'esposizione alla contaminazione residua riscontrata nelle acque contenute nei riporti e nell'ammasso marnoso della Zona A3, al termine delle attività di bonifica ed a fronte dei risultati dei monitoraggi post-operam.



L'AdR, la quale è stata completata recependo anche le ultime osservazioni della Commissione esposte nell'incontro del 14/12/2017 viene riportata integralmente in Annesso A al presente report.

Alla luce delle concentrazioni eccedenti i limiti di riferimento rilevate nell'orizzonte del riporto e in quello della marna, è stata effettuata un'analisi dei percorsi di esposizione potenzialmente attivi.

I percorsi di esposizione attivi si limitano all'inalazione di vapori outdoor e indoor, vista l'improbabile stagnazione di acque che si possono accumulare nelle aree golenali del Bormida alla luce dell'assetto morfologico e idraulico dell'area A3. La Commissione di collaudo aveva infatti richiesto di valutare anche la possibile esposizione dei frequentatori a scopo ricreativo delle aree golenali con eventuali acque contaminate che potrebbero potenzialmente accumularsi in pozze nelle aree antistanti la berma di protezione spondale, laddove non interessate dallo scorrimento superficiale del Fiume Bormida.

Per valutare quindi la possibilità di formazione di accumuli idrici alimentati direttamente dalle acque circolanti nel riporto, nelle aree antistanti la berma di protezione spondale, laddove non interessate dallo scorrimento superficiale del Fiume Bormida (aree golenali), è stato effettuato uno studio che ha permesso di:

- rappresentare graficamente l'andamento del tetto del substrato marnoso in corrispondenza di sezioni passanti in prossimità di ciascun piezometro;
- rappresentare graficamente l'andamento del profilo topografico in corrispondenza delle stesse sezioni, aggiornato al rilievo topografico eseguito a settembre 2017;
- riportare il valore rappresentativo della quota freaticometrica delle acque circolanti all'interno del materiale di riporto;
- riportare il valore rappresentativo della quota del fiume Bormida;
- valutare i rapporti fra le acque sotterranee circolanti nel riporto ed il Fiume Bormida.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 71 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

Dall'analisi degli idrogrammi e delle relative sezioni si evince che la possibilità che si possano formare accumuli di acque presso le aree golenali è limitata ad una singola zona specifica, ovvero quella antistante al piezometro P_32 (Figura 3 fuori testo), mentre nelle restanti parti della Zona A3 non sussistono le condizioni morfologiche affinché si possano verificare accumuli idrici anche occasionali.

Anche qualora non si volesse cautelativamente escludere la rara possibilità di formazione degli accumuli, considerando la limitata frequenza dei recettori presso la specifica porzione dell'area A3 in cui si potrebbero formare, l'esposizione risultante non potrebbe comunque considerarsi come "cronica" (tale da poter essere valutata in una procedura di Analisi di Rischio), ma dovrebbe essere considerata di tipo "acuto".

Le esposizioni a potenziali rischi acuti possono essere mitigate con azioni volte all'interruzione del percorso (ad esempio, perimetrazione ed interdizione dell'accessibilità). In ogni caso, sebbene l'esposizione possa essere considerata di tipo acuto, piuttosto che cronico, è stato comunque cautelativamente considerata nell'Analisi di Rischio un'esposizione di tipo sub-cronico.



Per quanto riguarda la verifica del rischio sanitario associato all'esposizione attraverso l'inalazione di vapori dalle acque riscontrate all'interno dell'orizzonte dei terreni di riporto e delle marne in Zona A3, la stessa è stata condotta in modalità diretta a tutela della salute umana dei fruitori occasionali a scopo ricreativo *on site*, dei lavoratori *off-site* e dei residenti *off-site*, per gli scenari e per i percorsi d'esposizione selezionati, considerando, per l'accettabilità del rischio, i seguenti limiti:

- Sostanze cancerogene: 1×10^{-6} per la singola sostanza; 1×10^{-5} per il rischio cumulato;
- Sostanze non cancerogene: 1 (singolo e cumulato).

I risultati mostrano assenza di rischi cancerogeni e tossici, per tutti i recettori potenzialmente esposti associati all'inalazione di vapori.

Inoltre, per quanto attiene alla valutazione dell'esposizione dei frequentatori delle aree golenali all'acqua che potrebbe accumularsi presso l'area prossima al piezometro P_32, richiesta dalla Commissione di collaudo, i risultati mostrano assenza di rischi cancerogeni e tossici, anche alla luce dell'approccio molto cautelativo adottato, nel quale:



- si stima un'esposizione sub-cronica, mentre è più probabile che al più si verifichi un'esposizione di tipo acuto;
- si stima che sia attivo il percorso di contatto dermico (sebbene altamente improbabile);

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 72 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

- è stata considerata la presenza continua di frequentatori ricreativi per 3 ore al giorno per 350 giorni/anno, per la frequenza di formazione delle pozze pari al 72% dei giorni/anno;
- è stata considerata una durata di esposizione continua per 30 anni.

Alla luce di quanto sopra esposto, poiché il programma di monitoraggio intensivo della Zona A3 proseguirà per i prossimi 5 anni, secondo le modalità descritte nel capitolo 9 della presente relazione, al fine di verificare nel tempo le condizioni di assenza di rischio sanitario, su base annuale verrà prodotto un aggiornamento dell'AdR, confrontando le concentrazioni che saranno rilevate con quelle che sono state utilizzate come concentrazioni rappresentative nella presente AdR.

Qualora le concentrazioni rappresentative annuali future siano inferiori alle concentrazioni rappresentative della presente AdR, si potrà confermare l'assenza di rischio; in caso contrario saranno rivalutati e ricalcolati i rischi sanitari in modalità diretta, associati alle future concentrazioni rappresentative.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 73 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

8. INTERVENTO DI RIPRISTINO ARGINI SORMONTABILI

Tra il 2011 ed il 2016 si sono verificati due importanti eventi alluvionali che hanno danneggiato le opere arginali. Al fine di ripristinare la funzionalità idraulica delle opere di protezione spondale, in conformità alla soluzione originaria individuata dal progetto esecutivo del 2008 che mirava ad allontanare quanto più possibile il letto di magra del fiume dal muro di contenimento in destra idraulica del sito, Syndial ha completato la progettazione di una nuova ipotesi di intervento per il ripristino degli argini sormontabili, realizzati come prescrizione nell'ambito della Bonifica della Zona A3.

8.1 *Iter progettuale*

Le opere arginali in esame sono state realizzate in conformità con quanto previsto nel "Progetto Esecutivo di bonifica delle aree golenali - Zona A3 e aree pubbliche", presentato da Syndial in data 18 giugno 2007, che riprendeva il "Progetto Definitivo di Bonifica della Zona A3", presentato nel 2006 e autorizzato con provvedimento n. 235 del 28 dicembre 2006.

A tale Progetto Esecutivo ha quindi fatto seguito, con provvedimento n. 236 del 17 dicembre 2007, la richiesta da parte del Commissario Delegato di elaborare un progetto di sistemazione idraulica complessiva del tratto di Bormida interessato dagli interventi di bonifica, avvalendosi delle elaborazioni fornite dal Centro di Competenza Idrologica e Idrogeologica e contenute nel documento: "*Valutazioni tecniche – idrauliche sulla riprofilatura da effettuarsi in Zona A3, a seguito della realizzazione dei lavori di bonifica*" trasmesso dall'Ufficio del Commissario Delegato a Syndial in data 14 novembre 2007.


Tale documento riportava simulazioni numeriche a supporto dell'ipotesi di sistemazione idraulica della zona A3 mediante inserimento di un'opera di contenimento della portata dominante entro l'alveo attivo del Fiume Bormida sull'ipotesi di riprofilatura presentate nell'approvato progetto di sistemazione dell'area A3, precisando che l'opera dovrà essere dimensionata dal punto di vista idraulico per smaltire la portata dominante caratteristica del corso d'acqua entro l'alveo mentre, per portate maggiori, l'opera sarà sormontabile e le piene potranno quindi interessare anche le aree comprese tra il muro arginale di contenimento e l'argine golenale qui ipotizzato. La portata dominante caratteristica per il corso d'acqua, nelle elaborazioni fornite dal Centro di Competenza, è costituita da una portata stazionaria di 212 m³/s, associata ad un periodo di ritorno compreso tra 2 e 3 anni.

In accordo alle indicazioni sopra richiamate, è stato progettato e realizzato un argine in frodo di altezza minima tale da contenere entro l'alveo attivo portate di entità inferiore o uguale a 212 m³/s, ubicato all'incirca in corrispondenza del tracciato del preesistente diaframma plastico, oggi demolito nella parte fuori terra fino al tetto della marna.

Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.



	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 74 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

L'argine non è continuo, ma è suddiviso in tre tronchi rispettivamente ubicati (procedendo da monte verso valle) nelle zone denominate "Zona E", "Collinetta Sud" e "Collinetta Ovest" [rif. Figura 14, in cui sono riportate le tre aree (in giallo) con i relativi tronchi arginali di presidio (in marrone)].



Figura 14 - Planimetria sistemazione finale (da Dis. Snamprogetti 03-BL-A-95293, gennaio 2008)

Gli eventi di piena verificatisi nel 2011 e 2016 hanno determinato il danneggiamento delle opere arginali realizzate nell'ambito degli interventi di bonifica della zona A3 – Aree golenali ed aree pubbliche. In particolare, si è registrata una rottura estremamente significativa del rilevato arginale, in corrispondenza dell'intersezione con la briglia in calcestruzzo esistente, nella cosiddetta "Zona E", che

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 75 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

ha di fatto determinato una sostanziale modifica dell'assetto morfologico del letto del fiume, avvicinandosi sensibilmente al muro perimetrale del sito.

Le piene hanno anche comportato localmente la movimentazione di massi costituenti la scogliera a protezione del muro, che risulta localmente dissestata, con rischio per la salvaguardia del muro stesso in occasione di futuri eventi piovosi particolarmente intensi.

Stante l'attuale situazione, e ricordando che la soluzione originaria individuata dal progetto esecutivo del 2008 mirava ad allontanare quanto più possibile il letto di magra del fiume dal muro di contenimento in destra idraulica del sito, Syndial ha sviluppato un nuovo progetto di ripristino degli argini sormontabili.



L'intervento proposto richiama l'idea progettuale originaria di ricavare un ben delimitato alveo di magra in grado di contenere la portata dominante, ed un'area golenale, allagabile esclusivamente per eventi di portata maggiore, adeguandola alla modificata situazione del corso d'acqua.

La soluzione tecnica proposta è supportata e definita da uno studio idraulico del tratto di interesse, basato sul rilievo di dettaglio svolto nel settembre 2017, e sviluppato mediante analisi sia in condizioni di moto permanente (analisi monodimensionale - 1D), che vario (analisi bidimensionale - 2D); quest'ultima allo scopo di meglio rappresentare le reali condizioni di deflusso per portate relativamente modeste.

Le analisi sono state condotte riferendosi ai valori delle portate prese a riferimento nello studio elaborato dal Centro di Competenza per il dimensionamento delle opere, ed in particolare per la sormontabilità dell'argine e l'allagabilità dell'area golenale. Tali valori, ripresi nel progetto esecutivo del 2008, risultano:

- Q3 = 212 m³/s tempo di ritorno di 3 anni
- Q50 = 850 m³/s tempo di ritorno di 50 anni (indicata dagli studi PAI).

Nella Figura 15 è riportata la planimetria generale della sistemazione proposta; va osservato in particolare che l'argine esistente avrà quote di sommità pari a quelle di riprofilatura dell'area golenale a tergo.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 76 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO		

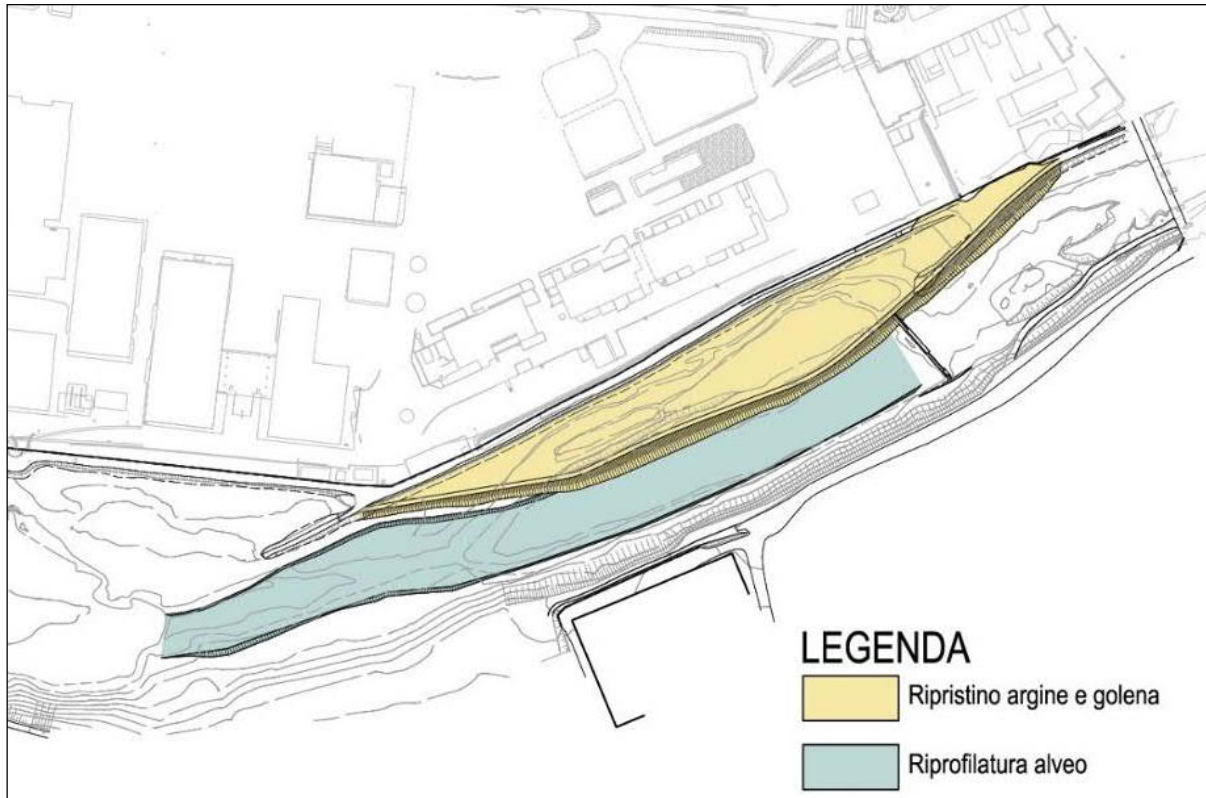


Figura 15: Planimetria sistemazione area golenale

La soluzione individuata ha tenuto conto di diversi fattori:



- la rispondenza dell'intervento agli obiettivi generali e particolari del Progetto Operativo di Bonifica;
- l'analisi e comprensione delle conseguenze dell'evento di piena che ha modificato sostanzialmente l'assetto morfologico del letto del fiume e danneggiato le opere di protezione;
- l'entità del trasporto solido e le dinamiche morfologiche del corso, la valutazione dei sedimenti trasportati e di quelli già presenti all'interno dell'alveo;
- la necessità di prevedere un intervento sostenibile dal punto di vista ambientale.

Occorre sottolineare che il progetto è stato sviluppato in sostanziale accordo a quello originario ed al principale obiettivo previsto, ovvero disporre di un alveo di magra in grado di contenere la portata dominante, senza che il deflusso comporti interessamento della golena, inondabile per portate maggiori ma più rare.

Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"



Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 77 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

Non si ritiene di dover intervenire nelle zone Collinette Sud e Ovest, salvo che per limitati interventi di pulizia e riprofilatura del fondo alveo, nonché per locali ripristini delle sommità arginali, in quanto la sistemazione idraulica realizzata sulla scorta del progetto esecutivo approvato ha nella sostanza raggiunto lo scopo, avendo l'alveo sostanzialmente trovato un assetto stabile.

Il progetto esecutivo descritto nel presente capitolo viene integralmente riportato in Annesso B.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 78 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

9. ATTIVITA' DI GESTIONE E CONTROLLO

9.1 *Programma di monitoraggio delle Aree golenali*

In riferimento a quanto dettagliatamente descritto nei capitoli precedenti, la Zona A3 è già stata oggetto di bonifica. I lavori di bonifica siano stati regolarmente completati nel 2012 ed il relativo iter di certificazione deve essere concluso.



Alla luce degli esiti degli studi di approfondimento eseguiti tra il 2015 e il 2017 e del quadro ambientale attuale, dettagliatamente ricostruito grazie ai continui monitoraggi delle matrici ambientali coinvolte (Fiume Bormida e acque sotterranee) si ritiene che l'iter di collaudo e certificazione della bonifica dei terreni delle aree golenali possa essere concluso positivamente.

Per quanto riguarda le acque sotterranee rinvenute nei piezometri intestati sia nel materiale di riporto sia nell'ammasso marnoso sottostante, Syndial, nell'ambito delle attività monitoraggio post-operam, proseguirà le attività di gestione e di controllo delle acque residuali nelle marne e nel riporto quale misura di sicurezza al fine di garantire la permanenza di condizioni di assenza di rischio per la salute umana e per l'ambiente, secondo il programma già avviato a partire dal 2015 e descritto nel seguito.

Come indicato nel documento tecnico "*Sistema di monitoraggio post-operam del sito Syndial di Cengio*". Snamprogetti, 2008., lo scopo principale del monitoraggio in Zona A3 è la verifica della tenuta idraulica del sistema di contenimento fisico ed idraulico in fregio al Fiume Bormida.

In tal senso, la dislocazione dei punti di misura delle piezometrie e di controllo dei parametri idrochimici dell'acquifero è stata configurata in modo tale da avere un significativo numero di punti di rilevamento in continuo della piezometria e qualità dell'acquifero sub-superficiale in Zona A3 (immediatamente a valle del muro di contenimento) contestualmente ad altri punti di controllo in posizione interna e prospicienti allo stesso muro di cinta, sia in Zona A1 che A2 (così come in corrispondenza della congiunzione tra il setto di separazione A1/A2).

La rete di monitoraggio definitiva è costituita da 8 gruppi di piezometri (disposti in 8 "triplette", per un totale di 24 piezometri.). La perforazione e la realizzazione di questi piezometri (completata ad ottobre 2014) è stata eseguita in corrispondenza dei punti già prestabiliti e condivisi con gli Enti e in linea con quanto indicato nella "*Nota tecnica per la realizzazione di sondaggi geognostici e n° 8 piezometri in Area A3 per il sistema di monitoraggio post-operam del sito di Cengio*" (URS, Rev. 5 – Aprile 2014), dove erano definite le modalità di realizzazione degli stessi piezometri e le modalità di indagine delle condizioni dell'ammasso marnoso in Zona A3 (Rif par. 4.2).

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 79 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO		

Tali piezometri sono stati previsti con la finalità di poter disporre, nella stessa posizione, una misura e un controllo selettivo dei parametri chimico-fisici sia all'interno dello strato impermeabile (corpo marnoso di base) che entro lo strato permeabile (riporto).



Allo scopo, per garantire l'isolamento dei due strati, onde evitare la miscelazione delle acque in esso contenute, è stata dunque prevista la realizzazione di due piezometri accoppiati (entrambi di 4 pollici), di cui uno idoneo all'installazione di una sonda multi parametrica all'interno dello strato marnoso e l'altro idoneo all'alloggiamento di un misuratore di livello e sonda multi parametrica all'interno dello strato permeabile (riporto). Un terzo piezometro (di 2 pollici), anch'esso filtrato a livello del riporto, è stato aggiunto (come riserva) a completare la tripletta, ma utilizzabile solo per le misure freatiche.

Riassumendo, ciascuna delle 8 triplette di piezometri (vedi tabella sottostante) risponde al seguente schema:

- Piezometro da 4 pollici installato in marna, distinto con il suffisso A (es. P_35 N_A), fenestrato per un metro a cavallo della quota di base del diaframma plastico⁸;
- Piezometro da 4 pollici installato nel riporto, distinto con il suffisso B (es. P_35 N_B), fenestrato nella parte satura per circa 2/3 m;
- Piezometro da 2 pollici installato nel riporto, distinto con il suffisso C (es. P_35 N_C), anch'esso fenestrato nella parte satura per circa 2/3 m, utilizzabile solo per le misure freatiche.

Sigla	Area	Tipo di strumentazione presente	Note
P_19 bis N_A	A3	Sonda multi parametrica	Sonda spostata da vecchio P_19 bis a nuovo P_19 bis N_A
P_19 bis N_B	A3	Sonda multi parametrica	Installata nuova sonda multi parametrica
P_19 bis N_C	A3	n.n.	Piezometro (2") di scorta
P_31 bis N_A	A3	Sonda multi parametrica	Sonda spostata da vecchio P_31 bis a nuovo P_31 bis N_A
P_31 bis N_B	A3	Sonda multi parametrica	Installata nuova sonda multi parametrica
P_31 bis N_C	A3	n.n.	Piezometro (2") di scorta
P_32 N_A	A3	Sonda multi parametrica	Non presente nel vecchio P_32 e quindi installata "ex novo" nel P_32 N_A
P_32 N_B	A3	Sonda multi parametrica	Installata nuova sonda multi parametrica
P_32 N_C	A3	n.n.	Piezometro (2") di scorta
P_33 N_A	A3	Livello in automatico	
P_33 N_B	A3	Livello in automatico	
P_33 N_C	A3	n.n.	Piezometro (2") di scorta
P_34 N_A	A3	Livello in automatico	
P_34 N_B	A3	Livello in automatico	
P_34 N_C	A3	n.n.	Piezometro (2") di scorta

⁸ La profondità dei piezometri in marna è compresa fra 10 e 17 m dal p.c..

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I	
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 80 a 91	
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00		

Sigla	Area	Tipo di strumentazione presente	Note
P_35_N_A	A3	Livello in automatico	
P_35_N_B	A3	Livello in automatico	
P_35_N_C	A3	n.n.	Piezometro (2") di scorta
P_36_N_A	A3	Livello in automatico	
P_36_N_B	A3	Livello in automatico	
P_36_N_C	A3	n.n.	Piezometro (2") di scorta
P_37_N_A	A3	Livello in automatico	
P_37_N_B	A3	Livello in automatico	
P_37_N_C	A3	n.n.	Piezometro (2") di scorta

Come evidenziato in tabella, ci sono 16 piezometri strumentati per il rilievo in automatico e in continuo del livello piezometrico (frequenza massima di acquisizione oraria), di cui n. 6 sono in grado di fornire in continuo anche i parametri chimico-fisici (mediante sonda multi parametrica). Sono state di recente completate le operazioni di interfacciamento della strumentazione al quadro di controllo centralizzato (ITAR) e alla stazione digitale di ricezione dati della Provincia di Savona presente all'interno dello stabilimento ex ACNA.



In particolare, il rilievo del livello delle acque sotterranee nei piezometri di Zona A3 (e zone interne A1/A2), in concomitanza con il rilievo mensile del pelo libero del Bormida è finalizzato anche alla verifica della sussistenza di quote freatiche all'interno del diaframma drenante costantemente inferiori alle corrispondenti quote idrometriche in asse Bormida⁹.

A partire dal 2015, su tutti i piezometri della rete di Zona A3 (16 in totale, con l'esclusione degli 8 piezometri di monitoraggio freaticum, con il suffisso C) vengono eseguiti campionamenti delle acque dei piezometri con cadenza mensile, in presenza e condivisione con i tecnici di ARPAL e della Provincia di Savona. I piezometri in marna, stante anche la scarsissima produttività idrica, vengono sottoposti ad un regime quindicinale di spurgo.

I campioni prelevati sono quindi inviati al laboratorio per le previste determinazioni analitiche, che anche in questo caso (analogamente alle altre zone interne) riguardano la totalità dei parametri contemplati dall'ex D.M. 471/99 (D.Lgs. 152/06), più tutte le sostanze individuate dagli atti ufficiali come specifiche del sito ex ACNA di Cengio, per un totale di circa 270 parametri.

Il programma di verifiche e controlli intensivo sopra descritto potrà essere condotto per un periodo di cinque anni, periodo sufficiente a verificare eventuali variazioni del quadro idrochimico. Nel corso di questo periodo, al fine di verificare nel tempo le condizioni di assenza di rischio sanitario, su base

⁹ Tale condizione evidenzia, un gradiente idraulico diretto dall'esterno verso l'interno del sito, ovvero l'incompatibilità di un flusso advettivo verso l'esterno del sito stesso

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 81 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

annuale verrà prodotto un aggiornamento dell'AdR, confrontando le concentrazioni che saranno rilevate con quelle che sono state utilizzate come concentrazioni rappresentative nella presente AdR. Qualora le concentrazioni rappresentative annuali future siano inferiori alle concentrazioni rappresentative della presente AdR, si potrà confermare l'assenza di rischio; in caso contrario saranno rivalutati e ricalcolati i rischi sanitari in modalità diretta, associati alle future concentrazioni rappresentative.

Per quanto riguarda invece il monitoraggio post-operam complessivo della bonifica dell'intero sito, esso proseguirà per 30 anni come prescritto dal decreto di approvazione del Progetto.

9.2 **Protocollo di monitoraggio delle acque del Fiume Bormida**

9.2.1 **Attività di monitoraggio del fiume Bormida effettuate da Syndial**



Le acque del Fiume Bormida sono state oggetto nei passati anni di analisi eseguite nell'ambito dei controlli richiesti per la conformità dello scarico a fiume dell'impianto di trattamento acque ITAR, in esercizio presso il sito di Cengio.

Da maggio 2016 vengono eseguiti con cadenza regolare (mensile) campionamenti delle acque superficiali del fiume Bormida in più postazioni, contestualmente ai campionamenti effettuati sulla rete piezometrica di monitoraggio del sito. La finalità di tale monitoraggio è quella di verificare la presenza di eventuali tracce di sostanze chimiche nelle acque superficiali in qualche modo riconducibili alle zone ex industriali a monte del fiume.

Vengono prelevati n. 5 campioni di acqua superficiale nelle seguenti postazioni:

- Ponte Donegani (a monte dello stabilimento ex ACNA);
- Monte Area Merlo (monte dell'innesto della trincea drenante proveniente dall'area Merlo);
- Valle Area Merlo (valle dell'innesto della trincea);
- Ponte Pian Rocchetta (a valle dello stabilimento ex ACNA, ma a monte della Area A4 o Pian Rocchetta);
- Ponte Saliceto (a valle sia dello stabilimento che del sito Pian Rocchetta).

Dall'agosto di quest'anno (2018), in accordo con il Tavolo Tecnico del Protocollo di Monitoraggio del Bormida e secondo le modalità condivise con i Tecnici di ARPAL, è stata definita e adottata una nuova rete di campionamento delle acque superficiali del fiume Bormida che, confermando 4 dei 5

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 82 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

punti della rete precedente, aggiunge unicamente un nuovo punto (denominato Valle Scarico ITAR - VS) ad integrale sostituzione del vecchio punto denominato "Valle Trincea Area Merlo".

Pertanto, allo stato attuale, la rete di campionamento acque superficiali del Bormida comprende i seguenti punti (da monte verso valle):

1. PONTE DONEGANI (PDN);
2. VALLE SCARICO ITAR (VS);
3. MONTE AREA MERLO (MM);
4. PONTE PIAN ROCCHETTA O VALLE AREA MERLO (VM);
5. PONTE SALICETO (PSL).

In conformità alla prescrizione di cui all'Atto Dirigenziale della Provincia di Savona di certificazione dell'area A2 (2010/205 del 15/01/2010), viene analizzata in laboratorio la totalità dei parametri contemplati dall'ex D.M. 471/99 (D.Lgs 152/06), più tutte le sostanze specificate all'allegato 7 dello stesso Atto Dirigenziale (connesse alla sito-specificità dello stabilimento ex ACNA), per un totale di circa 270 parametri.

Tutti i monitoraggi vengono eseguiti in presenza di ARPA che, a sua discrezione, può prelevare campioni in contraddittorio, come confermato dai verbali di sopralluogo sottoscritti da entrambe le parti.

Inoltre, contestualmente al rilievo freaticometrico e al monitoraggio della qualità delle acque eseguito sulla rete piezometrica del sito, da luglio 2015 con cadenza mensile vengono eseguite anche le misure del livello del fiume Bormida, con l'obiettivo di completare le informazioni necessarie per la valutazione e il controllo dei rapporti idraulici tra acque sotterranee, acque superficiali e tra zone interne ed esterne al sito (rispetto al muro di contenimento). Tali rilevazioni, con dispositivi ad infrarossi, sono eseguite sui punti del fiume, immediatamente a valle degli 8 gruppi ("triple"te) di piezometri installati in Zona A3.



La lista di distribuzione dei dati raccolti comprende ARPAL, Provincia di Savona e, per conoscenza, Regione Liguria, Commissione di Collaudo e Ministero dell'Ambiente. A partire dal 2017 i risultati sono trasmessi anche ad ARPA Piemonte, Regione Piemonte e Provincia di Cuneo e, per conoscenza, anche ai Comuni di Cengio e Saliceto.

Il 29 novembre 2017 è stato siglato dalle Regioni Liguria e Piemonte, ARPA Liguria, ARPA Piemonte e Syndial il "*Protocollo di monitoraggio sulla verifica della qualità delle acque del fiume Bormida*", che

Allegato 3 – Istruzione Operativa "Gestione ed Archiviazione Documentazione di Progetto"

Questo documento è di proprietà Syndial S.p.A. che se ne riserva tutti i diritti.

La copia, una volta prelevata dal sito, è in stato non controllato: prima dell'utilizzo verificare la validità della revisione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 83 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

rappresenta un “sottoinsieme” del protocollo generale di monitoraggio delle acque sotterranee e superficiali interessate dal SIN ex Acna di Cengio e Saliceto. E' stato concordato anche un Protocollo di trasferimento dati al fine di garantire, nel corso delle attività di bonifica del sito di Cengio, una costante ed efficace comunicazione della situazione ambientale lungo il fiume Bormida.



9.2.2 Struttura del nuovo Protocollo di monitoraggio del Bormida siglato nel 2017

Il Protocollo di monitoraggio del Fiume Bormida è stato finalizzato a valle di valutazioni relative alla valenza tossicologica/ecotossicologica dello Standard di Qualità Ambientale (SQA) per la acque Superficiali del clorobenzene e a seguito di verifiche degli aspetti tecnico-logistici connessi alle attività di campionamento e trasmissione dei dati.

Gli standard di qualità delle acque definiti nell’ambito della Water Framework Directive (2000/60/EC) e successive direttive rappresentano valori protettivi nei confronti dei recettori acquatici ai fini della classificazione dei corpi idrici; tali standard, che includono l'applicazione di fattori di sicurezza in via cautelativa, rappresentano le concentrazioni che identificano il “buono stato chimico” delle acque e sono da intendersi come obiettivi di qualità piuttosto che come valori di intervento.

Come riportato nel documento tecnico Commissions Europea “Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards” (Guidance Document No. 27, 2011), gli SQA devono risultare protettivi sia verso gli ecosistemi acquatici che verso l'uomo; in tale contesto, le linee guida europee indicano di definire gli SQA valutando la tossicità delle singole sostanze verso diversi recettori quali: la comunità bentonica e pelagica, i predatori terminali e l'uomo (considerando in via prioritaria l'uso potabile delle acque e l'ingestione di fauna ittica, mentre le altre possibili vie di esposizione vengono indicate come di minore importanza). Nello specifico, la metodica di derivazione degli SQA prevede assunzioni conservative (worst—case scenario) che implicano l'utilizzo di ampi fattori di sicurezza, che vengono definiti sulla base dei dati ecotossicologici disponibili.

La Comunità Europea ha definito SQA per una serie di sostanze definite prioritarie (Direttiva Europea 2013/39), pubblicando per ogni SQA un datasheet completo di tutti i dati ecotossicologici utilizzati per la definizione di tale valore. Il clorobenzene ed il diclorobenzene (isomeri 1,2 diclorobenzene, 1,3 diclorobenzene e 1,4 diclorobenzene) non sono stati classificati come sostanze prioritarie, pertanto, il loro SQA è stato definito a livello nazionale dai singoli Stati Membri; a livello italiano tale valore è stato fissato come valore medio annuo (SQA — MA) dal D.M. 56/2009 e D.Lgs. 172/2015 (valori riportati in Tabella 1/B). Pertanto, il confronto dei dati sito Specifici con gli SQA andrebbe effettuato considerando la media annua e non la singola osservazione.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 84 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

E' importante evidenziare che per la sostanza considerate non e stata individuata alcuna Concentrazione Massima Accettabile (SQA—CMA) valore che tipicamente viene definito per le sostanze che possono presentare effetti di tossicità acuta.

Standard di Qualità Ambientale per le acque superficiali interne – espressi come valore medio annuo (SQA-MA) (D. Lgs. 172/2015)	
Clorobenzene	3 µg/l
1,2 Diclorobenzene	2 µg/l
1,3 Diclorobenzene	2 µg/l
1,4 Diclorobenzene	2 µg/l

Complessivamente, gli standard di qualità adottati per la valutazione dello stato chimico sono valori intesi come protettivi per molteplici ambienti e specie; pertanto, gli SQA sono necessariamente conservativi e tipicamente sono utilizzati per valutazioni di screening e non per valutazioni diagnostiche di rischio (cioè rappresentano valori "protettivi" ma non "predittivi"), in quanto l'approccio utilizzato non permette di valutare efficacemente le relazioni causa-effetto tra la concentrazione chimica e gli effetti biologici.

Inoltre, occorre sottolineare che si tratta di valori protettivi dell'intero ecosistema e non della sola salute umana: ne consegue che eventuali superamenti non necessariamente sono in grado determinare effetti avversi per l'uomo né tali valori dovrebbero essere utilizzati per determinare restrizioni significative per limitare l'utilizzo antropico delle acque superficiali.



Sulla base di tali osservazioni, il Protocollo è ritenuto altamente protettivo e cautelativo, in quanto prevede che i dati dei singoli eventi di monitoraggio vengano valutati in confronto diretto con gli Standard di Qualità Ambientale Media Annuo (SQA-MA).

9.2.3 Fasi operative del protocollo e azioni conseguenti

Il Protocollo prevede una serie di azioni da effettuarsi in funzione delle concentrazioni osservate durante i monitoraggi effettuati; di seguito vengono descritte le soglie utilizzate come riferimento e le fasi operative, da attivarsi in funzione dei risultati.

Sulla base dei dati di monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee ad oggi disponibili, il protocollo individua tre fasi operative in funzione del verificarsi nel tempo di:

- a) superamento della prima soglia che si determina qualora si verifichi una delle seguenti condizioni:

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 85 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

- rinvenimento di clorobenzene nelle acque superficiali del Fiume Bormida tra il Ponte Donegani e il Ponte di Pian Rocchetta in concentrazione superiore a 3 µg/l (SQA-MA);
- rinvenimento di 1,2 diclorobenzene o 1,3 diclorobenzene o 1,4 diclorobenzene nelle acque superficiali del Fiume Bormida tra il Ponte Donegani e il Ponte di Pian Rocchetta in concentrazione di 2 µg/l (SQA-MA riferito ad ogni singolo isomero di diclorobenzene);

- b) superamento della seconda soglia che si determina qualora si verifichi una concentrazione pari ad almeno il doppio del valore SQA-MA (SQA- Media Annuale) del clorobenzene (6 µg/l) o del diclorobenzene (4 µg/l, riferito ad ogni singolo isomero di diclorobenzene) o un superamento del valore SQA-CMA (SQA – Concentrazioni Massima Ammissibile) delle acque superficiali del Fiume Bormida tra il Ponte Donegani e il Ponte di Pian Rocchetta per almeno uno dei parametri delle tabelle 1/A dell'allegato 1 alla parte Terza del d.lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

FASE 1 - Superamento della prima soglia (pari a 3 µg/l di clorobenzene o 2 µg/l dei singoli isomeri 1,2 diclorobenzene, 1,3 diclorobenzene, 1,4 diclorobenzene).



Al superamento della prima soglia Syndial provvederà ad intensificare le attività di monitoraggio passando a frequenza settimanale invece che mensile, al fine di verificare/confermare le concentrazioni osservate e dovrà garantire un trasferimento dati appena disponibili dal Laboratorio.

Nello specifico, Syndial avviserà il Tavolo Tecnico di aver intensificato le attività di monitoraggio e trasmetterà - entro il tempo massimo di 5 giorni lavorativi dal prelievo (tempo necessario per l'analisi e la verifica dei dati) - i risultati (completi di rapporto di prova) di campionamenti settimanali per tre settimane consecutive relativi a:

- a) i tre piezometri nell'area Basso Piave Esterna (F.P.Z.10N – F.P.Z.11N – F.P.Z.12N);
- b) il fiume Bormida nella/e postazioni/e che ha registrato il superamento della prima soglia e comunque per le stazioni al Ponte Donegani, al Ponte Pian Rocchetta e al Punto di valle Scarico Syndial.

Le analisi effettuate in questa fase dovranno prevedere la sola determinazione del clorobenzene e degli isomeri di diclorobenzene, che, sulla base dei dati storici disponibili, risultano quelli in maggiore concentrazione e possono garantire una determinazione con tempi contenuti.

Nel caso in cui entro tre settimane i valori di concentrazione risultino nuovamente inferiori alla prima soglia, non sono previste ulteriori azioni da intraprendere e il flusso di comunicazioni potrà ritornare quello usuale.

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 86 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

Tale concetto è da ritenersi valido anche per le fasi successive.

Se i valori invece si mantengono superiori alla prima soglia o non si riscontra dopo tre settimane dall'evento un trend in diminuzione, si passa alla successiva Fase 2.

FASE 2 - Superamento della prima soglia (pari a 3 µg/l di clorobenzene o 2 µg/l di 1,2 diclorobenzene, 1,3 diclorobenzene, 1,4 diclorobenzene) per 4 volte consecutive (dato iniziale + 3 campionamenti settimanali) o assenza di un trend di diminuzione

La fase 2 inizia quando, sulla base dei dati dei 3 campionamenti settimanali svolti in Fase 1, non si è osservato un trend di diminuzione della concentrazione del diclorobenzene o del clorobenzene nelle acque superficiali o comunque sono ancora osservati superamenti della prima soglia.



La fase 2 prevede che Syndial provveda a:

- comunicare immediatamente via PEC la situazione rilevata e convocare un Tavolo Tecnico di aggiornamento e per la condivisione delle indagini che prevede di effettuare;
- concordare con il Tavolo l'eventuale aggiunta di ulteriori parametri ritenuti dal Tavolo rappresentativi;
- continuare il trasferimento dei dati con frequenza analoga a quella della fase precedente;
- eseguire indagini finalizzate ad individuazione le possibili cause dell'anomalia osservata in relazione alle attività in essere o al regime delle precipitazioni;
- interrompere o limitare le attività che potrebbero generare o intensificare tali anomalie, se riconducibili a Syndial;

In esito alle azioni sopra elencate:

- se i valori scendono al di sotto della prima soglia, Syndial dovrà trasmettere ai componenti del Tavolo Tecnico una breve nota tecnica interpretativa che identifichi le possibili cause e i motivi per i quali si presume che i valori siano rientrati;
- se i valori persistono si dovrà intraprendere la successiva fase.

FASE 3 - Superamento della prima soglia (pari a 3 µg/l di clorobenzene o 2 µg/l di 1,2 diclorobenzene, 1,3 diclorobenzene, 1,4 diclorobenzene) per 7 volte consecutive o superamento della seconda soglia (pari a 6 µg/l di clorobenzene o 4 µg/l di diclorobenzene)

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 87 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. OO	

La fase 3 ha inizio quando si osserva un superamento della seconda soglia (nel medesimo punto di campionamento), ovvero quando è osservato un trend positivo dell'aumento della concentrazione e/o un superamento costante della prima soglia per 7 volte consecutive.

In tale fase, Syndial dovrà:

- informare tempestivamente via PEC il Tavolo Tecnico e convocare una riunione di aggiornamento per la condivisione delle azioni che Syndial intende eseguire;
- intensificare ulteriormente le indagini per la ricerca delle cause delle anomalie osservate;
- continuare il trasferimento dei dati con frequenza analoga a quella della fase precedente;
- interrompere o limitare le attività che potrebbero generare o intensificare tali anomalie, se riconducibili a Syndial;
- individuare e comunicare con urgenza le specifiche misure ed interventi di prevenzione che intende adottare, se riconducibili a Syndial;
- in funzione delle concentrazioni riscontrate, avviare eventuali attività di campo ed approfondimenti bibliografici per verificare l'effettiva rilevanza dei superamenti osservati nei confronti dei recettori ecologici ed antropici.

Ai fini di ottimizzare la trasmissione e la valutazione dei dati di monitoraggio viene istituito un Tavolo Tecnico, con frequenza semestrale, con almeno la partecipazione di tecnici di Syndial, ARPA Liguria, ARPA Piemonte, ISPRA, Regione Liguria, Regione Piemonte, ASL, Comune di Cengio, Comune di Saliceto, Provincia di Savona.

Le comunicazioni relative al protocollo di monitoraggio sono inviate via PEC e apposito canale di trasferimento agli Enti che partecipano al Tavolo Tecnico; i dati di monitoraggio sono resi disponibili in formato Excel® e ad ogni invio corredati di file in formato in pdf (cartografie, referti) necessari a una immediata e facile interpretazione del dato.

Ad oggi, sebbene le soglie individuate siano estremamente conservative, dall'avvio del Protocollo non è stato registrato alcun supero delle stesse che abbiano determinato la necessità di procedere con le azioni previste nelle diverse fasi.







	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 88 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	



FIGURE FUORI TESTO

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 89 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

ANNESI

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG-3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 90 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

ANNESSE A

	SITO/LOCALITA' Cengio (SV)	N° DOC. 120007-ENG-R-RV-1154	PVI: 120007	N° COMMESSA RE-1207-BSCG- 3-I
	Bonifica delle aree golenali (Zona A3 ed Aree Pubbliche) Relazione di sintesi a supporto del collaudo della bonifica dei terreni e variante al Progetto di Bonifica			Pag. 91 a 91
	N°DOC Appaltatore 60586513	FUNZIONE EMITTENTE COTES	INDICE DI REV. 00	

ANNESSE B