

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema
A7 - A10 - A12

PROGETTO ESECUTIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

VERIFICHE DI OTTEMPERANZA

RELAZIONE DI OTTEMPERANZA DEC/VIA 28/2014 PARTE 4

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova n.9810A	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI
---	--	--

CODICE IDENTIFICATIVO										ORDINATORE	
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	--
110717	LL00	PE	DG	OTT	00000	00000	R	GEN	0007	- 1	SCALA -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER:				SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE		
	Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A								n.	data	
									0	FEBBRAIO 2019	
	REDATTO:				VERIFICATO:				1	MARZO 2019	
									2	-	
3									-		
								4	-		

	VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Alberto Selleri	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	--	---

Sommario

1	INTRODUZIONE	2
1.1	INQUADRAMENTO PROGETTUALE: LA GRONDA DI GENOVA	2
1.2	LETTERE AUTORIZZATIVE	4
1.3	LA RELAZIONE DI OTTEMPERANZA.....	5
1.4	METODOLOGIA DI LAVORO.....	5
2	ATTIVITÀ SVOLTE PER CONSEGUIRE L'OTTEMPERANZA	12
2.1	PRESCRIZIONE T10: Impermeabilizzazione Opera a Mare	12
3	SINTESI.....	15

ALLEGATI:

Allegato 1: Prescrizione T10 . Nota sulle caratteristiche ed impermeabilizzazione dell'opera a mare

1 INTRODUZIONE

1.1 INQUADRAMENTO PROGETTUALE: LA GRONDA DI GENOVA

La Gronda di Genova è un nuovo tratto autostradale a due corsie per senso di marcia che realizzerà il raddoppio dell'esistente A10 Genova-Savona nel tratto di attraversamento del Comune di Genova, potenziando le sezioni della A7 e A12 comprese tra gli svincoli di Genova Est, Genova Ovest e Bolzaneto. Il nuovo sistema viario si sviluppa quasi interamente in sotterraneo, per la particolare conformazione morfologica del territorio, prevedendo 25 gallerie, per un totale di circa 50 km di tracciato in sotterraneo, con sezioni variabili dai 12 mq di diametro dei cunicoli di emergenza, ai 200 mq delle TBM che scaveranno il raddoppio della A10, per arrivare ai 500 mq dei cameroni di interconnessione tra gli assi autostradali.

Nella Figura 1-1 è riportato il tracciato di progetto, distinguendo in rosso i tratti del tracciato che corrono in superficie e con un tratteggio bianco i tratti in sotterraneo: come si può percepire immediatamente dall'immagine, la Gronda si sviluppa prevalentemente in galleria, affiorando all'aperto solo per agganciarsi con le infrastrutture autostradali esistenti.

Partendo da Genova Est e da Genova Ovest il tracciato passa subito in sotterraneo: le gallerie convergono verso la Val Torbella, dove i nuovi assi autostradali sovrappassano all'aperto la A12 e rientrano in sotterraneo fino a Bolzaneto. In questa zona i diversi percorsi si unificano e si dirigono verso Ovest, superando in viadotto la Val Polcevera. Dopo la prima lunga galleria si attraversa il tratto all'aperto della Val Varenna; segue una seconda galleria fino in Val Leira a Voltri, dove il tracciato presenta una quota più alta del terreno in fondovalle ed oltrepassa le incisioni dei torrenti Leira e Cerusa su viadotto. Le due vallate sono separate da un monte (quello su cui sorge il Santuario della Madonna delle Grazie) che richiede l'attraversamento con una breve galleria. Un ultimo tunnel consente di raggiungere il termine del progetto in prossimità di Vesima, dove il tracciato si ricongiunge con l'autostrada A10 esistente.

Il sistema di cantierizzazione è basato su 15 cantieri industriali, dislocati in prevalenza nell'interconnessione di Bolzaneto, 16 cantieri di imbocco, collocati in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie di nuova realizzazione, un campo base, 22 viabilità di servizio ed un sistema di tubazioni che consente il conferimento del materiale di scavo dal cantiere di Bolzaneto fino all'opera a mare (lo slurrydotto).

1.2 L'ITER AUTORIZZATIVO

Il tracciato della Gronda di Genova è il frutto di un lungo lavoro di progettazione e di confronto con gli Enti territoriali e i cittadini genovesi ed ha una storia più che trentennale nel corso della quale sono state avanzate molte ipotesi progettuali che non hanno mai avuto un esito positivo.

Nel dicembre del 2008 il Comune di Genova e Autostrade per l'Italia hanno deciso di sottoporre cinque ipotesi progettuali di potenziamento del nodo autostradale genovese ad un confronto pubblico. Il Dibattito Pubblico, gestito da una commissione indipendente presieduta dal Prof. Luigi Bobbio (Università di Torino), è durato 3 mesi (febbraio - aprile 2009) e ha rappresentato la prima esperienza italiana di coinvolgimento pubblico nella fase autorizzativa di una grande opera infrastrutturale. Il Dibattito ha consentito, non senza difficoltà, di esaminare ed approfondire i diversi tracciati, di rivedere le stime del traffico, di ridimensionare gli impatti ambientali e soprattutto sociali derivanti dalla realizzazione dell'opera e di concordare le forme di monitoraggio e controllo delle fasi di progettazione e realizzazione delle opere: Il colloquio con il Territorio è poi proseguito attraverso la costituzione di un Osservatorio locale, tuttora operante, a cui partecipano gli Enti locali e rappresentanze dei cittadini.

Il Dibattito Pubblico si è chiuso con la presentazione al Consiglio Comunale del 29.05.09 della soluzione che meglio interpreta le esigenze espresse dagli Enti Locali e dai cittadini per minimizzare l'impatto ambientale sul sistema insediativo della vallata.

Il Progetto Preliminare della soluzione emersa nel corso del dibattito è stato sviluppato da Autostrade per l'Italia, presentato agli Enti, e successivamente condiviso e sottoscritto dai soggetti coinvolti (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Regione Liguria, Provincia di Genova, Comune di Genova, Autorità Portuale di Genova, Anas SpA, Autostrade per l'Italia SpA) mediante la firma del Protocollo di Intesa per la realizzazione del Nodo Stradale ed Autostradale di Genova del 08 febbraio 2010 (definitivamente formalizzato il 13 aprile 2011). Subito dopo sono state avviate le attività di Progetto Definitivo che ha ottenuto la validazione tecnica da parte dell'Anas nel Luglio 2011 (provvedimento n.CDG-0106426-P, del 26.07.2011).

Il 15 giugno 2011 il Proponente Autostrade per l'Italia ha presentato istanza di pronuncia di compatibilità ambientale al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale si è chiusa con la Commissione del Decreto di Compatibilità Ambientale da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (DM 28 del 23.01.2014).

Nel corso della procedura di VIA è stato inoltre presentato in data 22.03.2013 il Piano di Utilizzo delle Terre ai sensi del D.M. 161/12, che è stato approvato dal Ministero dell'Ambiente con provvedimento n. 14268 del 19 giugno 2013.

Il 15 aprile 2014 il Proponente Autostrade per l'Italia ha richiesto al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti l'esplicitamento della procedura di verifica di conformità urbanistica, ai fini del perfezionamento dell'intesa Stato-Regione Liguria e per la opposizione del vincolo preordinato all'esplicito. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha convocato una prima Conferenza di Servizi per il giorno 17 ottobre 2014 ed una seconda seduta per il giorno 22 gennaio 2015. In data 27 maggio 2015 è stato emanato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il Provvedimento finale di perfezionamento dell'intesa Stato-Regione Liguria, approvativo del progetto definitivo ai sensi e per gli effetti dell'art.3 del DPR n. 383/1994 e successive modifiche ed integrazioni.

Agli atti della Conferenza di Servizi è stato inoltre acquisito l'Accordo di Programma tra Autostrade per l'Italia S.p.A., ENAC ed Autorità Portuale di Genova per la realizzazione dell'opera a mare (sito di destinazione del materiale proveniente dallo scavo delle gallerie), definitivamente validato con Decreto n.4967 del 21.05.15 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

In data 26 aprile 2016, in accordo alla Convenzione vigente tra Autostrade per l'Italia ed il Concedente, Autostrade per l'Italia ha presentato al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il

Progetto Definitivo adeguato alle prescrizioni riportate negli atti finali delle procedure approvative concluse positivamente (compatibilità ambientale; piano di utilizzo; conformità urbanistica), per l'approvazione finale dell'opera e la dichiarazione di pubblica utilità.

Il Progetto Definitivo presentato da ASPI in data 26 aprile 2016 ha ottenuto tutte le approvazioni previste dalla normativa.

In data 16 maggio 2016 ASPI ha dato avvio al procedimento finalizzato alla dichiarazione di pubblica utilità dell'opera, ai sensi dell'art. 16 del DPR 327/2001. In data 4 ottobre 2016 ASPI ha dato comunicazione al MIT di avere provveduto ad esaminare e a rispondere a tutte le osservazioni pervenute, concludendo così le procedure propedeutiche alla emissione del decreto di pubblica utilità.

Infine, in data 7 settembre 2017 è stato emanato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il Decreto n. 15802 di approvazione del Progetto Definitivo.

A valle di tale approvazione ASPI ha sviluppato il Progetto Esecutivo, suddiviso in più lotti. Ad agosto 2018 è stata completata la trasmissione al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti di tutti i lotti. Le procedure per l'affidamento dei lavori e l'inizio della fase di corso d'opera seguiranno l'approvazione dei progetti esecutivi da parte del Concedente.

1.3 LA RELAZIONE DI OTTEMPERANZA

Contrariamente alle precedenti Relazioni di ottemperanza (cfr. elaborati da SGT0001 a SGT0006), predisposte per illustrare le attività svolte e le modifiche progettuali introdotte per accogliere le prescrizioni che sono state selezionate al fine di acquisirne la relativa verifica di ottemperanza in capo al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), prima dell'approvazione finale da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) del Progetto Definitivo integrato e del relativo quadro economico finale, la presente Relazione illustra le attività svolte per accogliere alcune prescrizioni relative alla fase di progettazione esecutiva.

Per l'analisi di tutte le prescrizioni ed osservazioni ricevute sul Progetto Definitivo e per l'individuazione delle prescrizioni oggetto di altre relazioni di ottemperanza si rimanda all'elaborato SGT0001 *Relazione di ottemperanza DEC/VIA 28/2014 . Parte 1 MATTM*, trasmesso al MATTM in data 23 ottobre 2015.

1.4 METODOLOGIA DI LAVORO

Come già rappresentato nella corrispondenza intercorsa con il MATTM, nella fase di progettazione definitiva è stata avviata l'ottemperanza a tutte le prescrizioni relative alla tale fase di progettazione e ad alcune prescrizioni riferite alla fase di progettazione esecutiva, in quanto gli approfondimenti progettuali associati a tali prescrizioni comportano impatti significativi sul quadro economico dell'opera.

A fronte di questa esigenza esplicitata da Autostrade per l'Italia con nota prot. 0007880 del 09.04.2015, il MATTM, con nota DVA-2015-10222 del 15.04.2015, ha ritenuto possibile, nelle more dell'effettiva operatività dell'Osservatorio Ambientale, approvare che alcune verifiche di ottemperanza fossero svolte dalla Commissione VIA.

La tabella che segue riporta le prescrizioni selezionate, unitamente alla tempistica di presentazione dei diversi gruppi di prescrizioni oggetto delle verifiche di ottemperanza già espletate.

Tabella 1-1 Selezione prescrizioni anticipate al MATTM per verifiche di ottemperanza

Rif.	Sintesi prescrizione/osservazione	Invio
A5	Fattibilità campo fotovoltaico	23/10/2015
A8	Approvvigionamento materiali da costruzione e smaltimento in siti autorizzati	23/10/2015
A8 bis	Trasporto con bettoline	23/10/2015
A11	Piano di monitoraggio ambientale	23/10/2015
A12	Piano di monitoraggio della qualità dell'aria	23/10/2015
A15	Monitoraggi geotecnici previsti in progetto	23/10/2015
A20	Piano di monitoraggio delle acque sotterranee	23/10/2015
A23	Monitoraggio terme Acquasanta e sorgenti Madonna della Guardia	23/10/2015
A24	Piano di monitoraggio delle acque superficiali	23/10/2015
A27	Piano di monitoraggio dell'ambiente marino	23/10/2015
A27 bis	Monitoraggio accumulo di sedimenti di fronte alla banchina di ILVA	23/10/2015
A30	Monitoraggio della fauna troglobia delle grotte	23/10/2015
A33	Monitoraggio popolazioni di Austroptamobius pallipes	23/10/2015
A33 bis	Monitoraggio specie ornitiche di interesse comunitario	23/10/2015
A35	Piano di monitoraggio rumore e vibrazioni	23/10/2015
A37	Progetto compensazioni ambientali: parco fotovoltaico	23/10/2015
A37bis	Progetto compensazioni ambientali: progetto di forestazione o riforestazione	23/10/2015
T10 bis	Impermeabilizzazione opera a mare	23/10/2015
B2	Impatto visivo degli imbocchi	29/10/2015
B2 ter	Impatto in zona Voltri	29/10/2015
A10	Piano gestione ambientale	21/12/2015
A12 ter	Processi e apparecchiature che possono produrre emissioni in atmosfera	21/12/2015
A20 bis	Codice di scavo	21/12/2015
A22	Impedire contatto acque solfuree con acque delle falde acquifere	21/12/2015
T3	Procedure di campionamento previste in Piano di Utilizzo	21/12/2015
T7	Caratteristiche materiali amiantiferi da smaltire in discarica	21/12/2015
A9	Progetto attraversamento Ilva	12/04/2016
A17	Revisione opere idrauliche	29/04/2016
A37 quater	Progetto compensazioni ambientali: rinaturalizzazione cava P62GE	29/04/2016
T15	Procedura di stabilizzazione a cemento	29/04/2016

La tabella di seguito riportata suddivide il quadro delle prescrizioni in base al Provvedimento che le contiene ed indica lo stato di attuazione delle verifiche di ottemperanza.

L'Osservatorio Ambientale della Gronda (richiamato nei sopra citati pareri), costituito con Decreto n. 368 del 14.11.2014 della Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni Ambientali del MATTM, si è insediato in data 9.05.2018, pertanto le restanti verifiche di ottemperanza verranno svolte dall'Osservatorio.

Tabella 1-2 Prescrizioni e stato di attuazione delle verifiche di ottemperanza

RIF.	SINTESI PRESCRIZIONE	STATO DI ATTUAZIONE DELLA VERIFICA DI OTTEMPERANZA
Dec VIA 28/2014 - A: Quadro prescrittivo aggregato Commissione VIA e VAS e Regione Liguria		
A1	Ottemperanza prescrizioni del Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo	Nessuna attività specifica richiesta Rimando a verifiche di ottemperanza a prescrizioni T0-T15
A2	Costituzione Comitato di Controllo	Nessuna attività a carico ASPI Osservatorio Ambientale costituito con Decreto Direttoriale del Ministero dell'ambiente DVA-DEC-2014-0000368 del 14 novembre 2014
A3	Sottoscrizione Accordo di programma	Ottemperata L'accordo di Programma è stato siglato in data 14.04.2015 ed approvato con Decreto n. 4967 del 21.05.2015 dalla Direzione Generale per la Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali del MIT. Il Provvedimento Finale del MIT di perfezionamento dell'intesa Stato-Regione (D.M. 4236 del 27.05.2015) ne accerta l'ottemperanza.
A4	Studio trasportistico GE Ovest-Aeroporto	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo - <i>In stand-by (Morandi)</i>
A5	Fattibilità campo fotovoltaico	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Rimando a prescrizione A37 a
A6	Regolamentazioni del traffico cittadino e limitazione al traffico pesante GE Aeroporto . GE Voltri	Da avviare con Osservatorio Ambientale in fase di esercizio
A7	Piano tariffario pro-Gronda Declassamento A10	Da avviare con Osservatorio Ambientale in fase di esercizio
A8	Approvvigionamento materiali da costruzione e smaltimento materiali di risulta in siti autorizzati e possibilità trasporto con bettoline	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016
A9	Attraversamento Ilva	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 404 del 23/11/2016
A10	Piano gestione ambientale	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 467 del 29/12/2016
A11	Piano monitoraggio ambientale	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016
A12 a	Piano di monitoraggio della qualità dell'aria	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita alla redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale. Monitoraggio ante operam in corso con archiviazione dati
A12 b	Schema a blocchi con processi e apparecchiature che possono produrre emissioni ATM	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 467 del 29/12/2016
A12 c	Acquisizione autorizzazione alle emissioni in atmosfera con PE	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo - <i>In capo all'Appaltatore</i>
A13	Linee guida per la gestione del rischio amianto negli scavi all'aperto e in galleria	Nessuna attività a carico ASPI Raccomandazioni già previste in progetto
A14 a	Ottemperanza prescrizioni suolo e sottosuolo contenute in Decreto di approvazione del Piano di utilizzo	Nessuna attività specifica richiesta Rimando a verifiche di ottemperanza a prescrizioni T0-T15
A14 b	Indicare in PE specifiche fasi costruttive per situazioni locali di instabilità e opere consolidamento	Nessuna attività specifica richiesta I dettagli progettuali richiesti sono stati predisposti per la verifica di ottemperanza alla prescrizione A16

RIF.	SINTESI PRESCRIZIONE	STATO DI ATTUAZIONE DELLA VERIFICA DI OTTEMPERANZA
A15	Attuazione monitoraggi geotecnici previsti in progetto	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016
A16	Aree suscettività Pg3 e Pg4	Ottemperata con Regione Liguria - Parere Prot. PG/2017/36933 del 2/02/2017
A17	Revisione opere idrauliche	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 286 del 6/10/2016. Rimando alla verifica in fase esecutiva di quanto espressamente richiesto da parte della Regione Liguria nella nota prot. PG/2016/0116097 del 30/05/2016
A18	Ripristino di impatti derivanti da esondazioni dei corsi d'acqua minori causate da opere provvisoriale	Nessuna attività a carico ASPI Raccomandazione per la fase di esecuzione lavori
A19	Approfondimento caratterizzazione delle sorgenti interferibili	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo
A20 a	Piano di monitoraggio delle acque sotterranee	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita alla redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale. Monitoraggio ante operam in corso
A20 b	Codice di scavo	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 467 del 29/12/2016
A21	Protocollo gestione isterilimento	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo
A22	Impedire contatto acque solfuree con acque delle falde acquifere	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 467 del 29/12/2016
A23	Monitoraggio terme Acquasanta e sorgenti Madonna della Guardia	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita alla redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale. Monitoraggio ante operam in corso
A24	Piano di monitoraggio delle acque superficiali	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita alla redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale. Monitoraggio ante operam in corso
A25	PE impianti gestione acque di piattaforma e PE impianto trattamento acque opera a mare	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo
A26	Interferenze pile viadotti Secca e Leiro con corsi d'acqua	Da avviare con Osservatorio Ambientale prima dell'inizio dei lavori. In attesa risposta a quesito trasmesso da ASPI al Consiglio Superiore Lavori Pubblici (nota Prot. 22609 del 4.12.2015) - <i>In stand-by (CSLLPP)</i>
A27	Piano di monitoraggio dell'ambiente marino, compreso accumulo di sedimenti di fronte alla banchina ILVA	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita alla redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale. Monitoraggio ante operam in corso
A28	Monitoraggi e rilievi naturalistici approfonditi	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo
A29	Monitoraggio piezometrico continuo delle sorgenti e delle acque sotterranee	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo
A30	Monitoraggio della fauna troglobia delle grotte	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita alla redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale. Monitoraggio ante operam in corso
A31	Progetto invasi: censimento specie e progetto	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo

RIF.	SINTESI PRESCRIZIONE	STATO DI ATTUAZIONE DELLA VERIFICA DI OTTEMPERANZA
A32	Ripristino delle aree di cantiere con potenziamento del corridoio ecologico	Da avviare con Osservatorio Ambientale in fase di cantiere
A33	Monitoraggio lungo il torrente Varena delle popolazioni di Austropotamobius pallipes e (post operam) delle specie ornitiche di interesse comunitario	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita alla redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale. Monitoraggio ante operam in corso
A34	Verifica acustica sul PE	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo
A35 a	Piano di monitoraggio rumore e vibrazioni	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita alla redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale. Monitoraggio ante operam in corso con archiviazione dati
A35 b	Progettazione interventi di mitigazione dell'impatto acustico	Da avviare con Osservatorio Ambientale in fase di cantiere
A36	Limitazione utilizzo martelli demolitori in scavi tradizionali, cautele in palificate, manutenzione di tratti stradali utilizzati da mezzi	Nessuna attività specifica richiesta Raccomandazioni operative
A37 a	Progetto compensazioni ambientali: parco fotovoltaico	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza al netto delle autorizzazioni necessarie da parte degli Enti competenti ai fini della realizzazione degli impianti
A37 b	Progetto compensazioni ambientali: progetto di forestazione o riforestazione	Parzialmente ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza finalizzabile a seguito della presentazione al MATTM dei singoli progetti concordati con la Regione Liguria
A37 c	Progetto compensazioni ambientali: recupero delle acque drenate	Da avviare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo
A37 d	Progetto compensazioni ambientali: intervento di rinaturalizzazione della cava P62GE	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 465 del 29/12/2016. Ottemperanza al netto delle autorizzazioni necessarie da parte degli Enti competenti ai fini della realizzazione delle opere
A38	Attuazione monitoraggi ambientali, presidi e opere di mitigazione e compensazione	Nessuna attività a carico ASPI Raccomandazioni già previste in progetto
Dec VIA 28/2014 - B: Prescrizioni Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo		
B1	Rampa delle Grazie	Ottemperata con MIBACT . Parere n. 3548 del 10/02/2016. Rimando a verifica sui progetti esecutivi per gli aspetti vegetazionali, con approvazione della Soprintendenza competente
B2	Impatto paesaggistico intervento	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 280 del 5/10/2016. Rimando a verifica sui progetti esecutivi Per l'eventuale utilizzo dello smarino per il ripascimento delle aree da cava, qualora si verificassero eccedenze di materiale idoneo, si rimanda alla verifica dell'Osservatorio Ambientale, in corso d'opera e a seguito della caratterizzazione delle terre
B3	Verifica interesse archeologico	Ottemperata con MIBACT . Parere MIBACT n. 31615 del 21/12/2015. È attualmente in corso di esecuzione il "Piano di indagini archeologiche preventive", approvato dalla SABAP con nota prot. n.208 del 04/01/18
Dec VIA 28/2014 - C: Prescrizioni DG VA MATTM		

RIF.	SINTESI PRESCRIZIONE	STATO DI ATTUAZIONE DELLA VERIFICA DI OTTEMPERANZA
C1	Compiti Comitato di Controllo: monitoraggio	Nessuna attività a carico ASPI
C2	Compiti Comitato di Controllo: pareri tecnici per verifica ottemperanza prescrizioni	Nessuna attività a carico ASPI
DVA 14268/2013 - T: Prescrizioni Piano di Utilizzo		
T1	Durata di validità del PdU	Nessuna attività a carico ASPI Con nota prot. n. 6816 del 11.03.2016 la DVA ha concesso una proroga per l'inizio dei lavori al 31.12.2018. Con successiva nota prot. n. 22360 del 12.11.2018 ASPI ha chiesto un'ulteriore deroga alla scadenza prevista per l'inizio dei lavori al 31.12.2020; l'Osservatorio Ambientale, con Parere n. 1 del 14.02.2019, ha ritenuto la richiesta accoglibile.
T2	Costituzione Comitato di Controllo	Nessuna attività a carico ASPI Osservatorio Ambientale costituito con Decreto Direttoriale del Ministero dell'Ambiente DVADEC-2014-0000368 del 14 novembre 2014
T3	Procedure di campionamento previste in Piano di Utilizzo	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 467 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita all'impostazione metodologica del PdU
T4	Caratterizzazione in corso d'opera nei punti risultati inaccessibili	Da avviare con Osservatorio Ambientale in corso d'opera
T5	Ricaratterizzazione materiali con superamenti colonna A	Da avviare con Osservatorio Ambientale in corso d'opera
T6	Caratterizzazione materiale utilizzato per l'arco rovescio	Da avviare con Osservatorio Ambientale in corso d'opera. Con nota prot. 13323 del 17.05.2016 la DVA ha fornito un chiarimento sul riutilizzo delle terre amiantifere nell'arco rovescio
T7	Caratteristiche materiali amiantiferi da smaltire in discarica	Ottemperata con MATTM (CTVIA) - Determina DVA n. 467 del 29/12/2016. Ottemperanza riferita all'impostazione metodologica del PdU. Con nota prot. 13323 del 17.05.2016 la DVA ha fornito un chiarimento sulla campionatura
T8	Definizione valori di fondo naturale	Da avviare con Osservatorio Ambientale in corso d'opera. Con nota prot. 13323 del 17.05.2016 la DVA ha fornito un chiarimento sulle modalità di definizione del valore di fondo
T9	Progetti di cantierizzazione per la stabilizzazione delle superfici suscettibili di dissesto e integrazione campagna indagine ambientale	Nessuna attività specifica richiesta I dettagli progettuali richiesti sono stati predisposti per la verifica di ottemperanza alla prescrizione A16
T10	Caratterizzazione sito di destinazione e impermeabilizzazione opera a mare	Avviata con MATTM (CTVIA) (ID- VIP 3173), da completare con Osservatorio Ambientale sul progetto esecutivo
T11	Autorizzazione Regione per eventuale movimentazione di materiali di dragaggio	Nessuna attività specifica richiesta Acquisizione autorizzazione Regione prima dell'avvio dei lavori
T12	Attuazione prescrizioni operative bonifiche in corso in 3 cantieri	Nessuna attività specifica richiesta Attuazione prescrizioni operative e acquisizione relative autorizzazioni
T13	Gestione rifiuti	Nessuna attività specifica richiesta Raccomandazione operativa
T14	Posizionamento sensori ambientali a filtro per la rilevazione delle fibre di amianto aerodisperse e	Nessuna attività specifica richiesta Raccomandazioni operative

RIF.	SINTESI PRESCRIZIONE	STATO DI ATTUAZIONE DELLA VERIFICA DI OTTEMPERANZA
	mitigazioni, con interruzione lavori con velocità del vento superiori a 5m/s	
T15	Procedura stabilizzazione a cemento	Ottemperata con ARPAL - Parere ARPAL n. 28112 del 19.10.2016 con raccomandazioni operative

Oggetto della presente relazione è la seguente prescrizione:

- T10: Caratterizzazione sito di destinazione e impermeabilizzazione opera a mare.

Si precisa che la verifica di ottemperanza alla prescrizione T10 bis (Impermeabilizzazione opera a mare) era stata anticipata ad ottobre 2015 (ID- VIP 3173), in pendenza dello sviluppo del Progetto Esecutivo. Non essendosi conclusa la verifica, lo stesso viene riavviato con l'Osservatorio Ambientale; con l'occasione vengono presentati gli ulteriori dettagli sviluppati nell'ambito del progetto esecutivo e la documentazione viene integrata con le informazioni relative anche alla prima parte della prescrizione (Caratterizzazione sito di destinazione opera a mare).

2 ATTIVITÀ SVOLTE PER CONSEGUIRE L'OTTEMPERANZA

La presente Relazione è stata predisposta per illustrare le attività svolte e le modifiche progettuali introdotte per accogliere il quarto gruppo di prescrizioni contenute nel DEC/VIA n. 28/2014 (T10) e per acquisirne la relativa verifica di ottemperanza in capo all'Osservatorio Ambientale istituito presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).

Il seguente paragrafo analizza la prescrizione, individuando le attività effettuate, le modifiche progettuali introdotte e gli elaborati prodotti nell'ambito della progettazione esecutiva.

2.1 PRESCRIZIONE T10: IMPERMEABILIZZAZIONE OPERA A MARE

La prescrizione oggetto del presente paragrafo è la seguente:

- T10: *in considerazione della mancata definizione del piano di accertamento di cui all'art. 5 comma 4 del Regolamento e in assenza di certezza sul fatto che il sito della colmata a mare abbia caratteristiche di fondo naturale analoghe e confrontabili, per tutti i parametri oggetto di superamento nella caratterizzazione del sito di produzione, con quelle dei materiali da scavo da conferire, l'opera a mare - nella quale è prevista la collocazione di materiale da scavo con presenza di amianto sotto i limiti della tabella 1 colonna B dell'Allegato 5, Titolo V, Parte IV, del D.Lgs 152/2006, e di metalli pesanti sopra tali limiti ma inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione caratteristiche del fondo naturale - deve essere realizzata previa caratterizzazione del sito di intervento e deve garantire la conterminazione dei materiali da scavo con una impermeabilizzazione delle pareti della colmata e di una fascia di almeno 5 m nel perimetro del fondo in grado di assicurare requisiti di permeabilità equivalenti a quelli di uno strato di materiale naturale dello spessore di 1 metro con K minore o uguale a $1,0 \times 10^{-9}$ m/s, in analogia a quanto avviene per le colmate a mare di allocazione di materiali di dragaggio provenienti da aree SIN ai sensi dell'art. 5 bis della L. 84/1994 e s.m.i.; il controllo di cui alla parte B dell'allegato 8 del Regolamento deve essere eseguito prima della realizzazione del capping.+*

Si ribadisce che la verifica di ottemperanza per la prescrizione T10 bis (impermeabilizzazione opera a mare) era stata avviata con il MATTM (CTVIA) (ID- VIP 3173), ma non essendosi conclusa, l'iter viene riavviato con l'Osservatorio Ambientale.

Per la minimizzazione del rischio di rilascio di fibre di amianto verso l'ambiente marino esterno al sito di progetto, sono stati adottati i seguenti criteri:

- mantenere le terre e rocce da scavo, con un contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs. 152/06, sempre in ambiente confinato, realizzando la struttura di contenimento della colmata in modo da garantire una costante di permeabilità non superiore a 10^{-9} m/s, ritenuta adeguata a bloccare le fibre presenti in sospensione acquosa. A tal riguardo si ricorda che l'amianto non è presente in acqua in fase disciolta ma come fibra in sospensione e quindi non è necessaria l'adozione di uno standard di tenuta più restrittiva, come nel caso di colmate realizzate con materiali contaminati da elementi che possono essere presenti in fase disciolta;

- prevedere che il materiale sia conferito nella colmata solo dopo che il perimetro della stessa sia stato completato;
- contemporaneamente al deposito del materiale all'interno della colmata, inviare, tramite una tubazione dedicata, le acque in eccesso ad un impianto di trattamento prima dello scarico in mare, in modo da garantire il rispetto dei limiti fissati dall'autorità di controllo. A tal riguardo si precisa che la legislazione vigente (DLgs.152/06) non prevede un limite per l'ammianto nelle acque di scarico, ma solo un valore guida per le acque di falda (7 milioni di fibre /l) che deve essere ulteriormente definito. La normativa di riferimento (DL n.114/95) specifica per l'ammianto anche un limite di 30 mg/l come materia totale in sospensione per gli effluenti liquidi provenienti dalle attività industriali o di bonifica; tale limite non sembra però applicabile al caso in esame, essendo la provenienza diversa (né attività industriali, né bonifica).

Il marginamento del deposito deve assolvere non solo le funzioni statiche di sostegno del materiale versato internamente alla colmata, ma anche quella di chiusura idraulica, secondo i criteri ambientali sopra richiamati. A tal fine sono in sostanza previsti due diversi interventi:

- il primo intervento garantisce la chiusura dello strato di imbasamento del cassone; a valle della messa in opera dei cassoni cellulari e dei massi di serraglia viene realizzato un rinfiacco con materiale di caratteristiche analoghe al tout-venant da cava, creando una superficie di appoggio per la messa in opera delle impermeabilizzazioni. Successivamente si provvede alla stesa del geocomposito, costituito da geomembrana HDPE e geotessile tessuto non tessuto. La geomembrana assolve alla funzione di impermeabilizzare l'opera (garantendo un coefficiente di permeabilità di 10^{-9} m/sec) e si estende sul fondale a partire dal piede del rinfiacco; il geotessile tessuto non tessuto viene disposto sopra la geomembrana e presenta la funzione di proteggere la geomembrana dalle successive operazioni di riempimento.
- il secondo intervento riguarda la messa in opera di giunti tubolari tra cassone e cassone. Tali elementi tubolari sono costituiti da un doppio sistema reiniettabile, funzionale a sopperire ad eventuali movimenti/spostamenti dei cassoni cellulari durante la fase del riempimento delle vasche.

Per ricostruire la distribuzione dei diversi litotipi nell'area di interesse ed i loro reciproci rapporti geometrici sono stati analizzati tutti i dati pregressi disponibili ed è stata realizzata una apposita campagna di indagini mirata alla definizione degli aspetti di maggiore interesse stratigrafico, ingegneristico ed ambientale (caratterizzazione litologica e geotecnica delle diverse formazioni, prelievo di campioni per analisi meccaniche e chimiche, ecc.).

La caratterizzazione del fondale è stata effettuata in fase di progettazione definitiva ed è contenuta nell'elaborato del Progetto Definitivo APG0006-1 (Relazione di caratterizzazione ambientale) ed è presente in modo sintetico negli elaborati integrativi di Progetto Esecutivo (110729-LL05-PE-DG-PGT-00000-00000-R-AMB-0011-0 e 110730-L10B-PE-DG-PGT-00000-00000-R-AMB-0107-1).

La descrizione delle caratteristiche chimiche dei sedimenti deriva dalle analisi svolte sui campioni prelevati a diverse profondità dai sondaggi effettuati. Per ogni sondaggio sono stati prelevati 4 campioni, in modo da caratterizzare i principali orizzonti sedimentari dei fondali; i campioni più profondi sono relativi ad un orizzonte di circa 8-9 m, ritenuto sufficiente a rappresentare condizioni attribuibili al fondo naturale o comunque a condizioni preindustriali.

Per valutare lo stato di qualità dei sedimenti sono state condotte due tipologie di analisi. La prima è finalizzata a valutarne la pericolosità associata all'attività di colmata; la seconda è finalizzata a confrontare i dati sito specifici con informazioni ricavate in ambiti limitrofi evidenziando l'eventuale presenza di livelli di fondo naturali.

Per valutare la pericolosità i risultati delle indagini svolte sono stati confrontati con il limite normativo indicato dal D.Lgs. 152/2006 (allegato 5 del titolo V della parte quarta) per i suoli destinati ad uso industriale. Benché tale valore si riferisca a terreni emersi è stato ritenuto corretto un suo utilizzo

essendo lo stesso da adottare per valutare il materiale da impiegare per la costruzione della colmata, che andrà realizzata sopra i fondali del canale di calma. Il superamento dei limiti tabellari riguarda esclusivamente la frazione pesante ($C > 12$) degli idrocarburi. In particolare tali composti sono presenti in modo diffuso lungo tutto lo strato superficiale e raggiungono le concentrazioni più significative nella parte più orientale del canale. La presenza di tali composti è ragionevolmente attribuibile ad attività antropiche, come per altro riscontrato in molti ambiti portuali, ed alle condizioni idrodinamiche che possono aver favorito l'accumulo in prossimità della foce del T. Polcevera.

Il Piano di Utilizzo disciplina le modalità di campionamento, valutazione, riconoscimento dei valori in concentrazione dei diversi tenori in amianto e nei metalli pesanti per i materiali di scavo, inquadrati come sottoprodotto, il cui riutilizzo è definito e certo nell'ambito della realizzazione della Gronda di Genova. Per la destinazione dello smarino, l'opera prevede che il contenuto di ogni silos e/o cumulo, nelle aree dedicate di deposito temporaneo e caratterizzazione, sia destinato sulla base della presenza di amianto, metalli e idrocarburi in concentrazione superiore o inferiore alla concentrazione soglia di concentrazione (CSC) stabilita dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. o alle CSC di progetto definite dall'Analisi di Rischio (cfr. elaborato APG0007 del Progetto Definitivo) elaborata per l'impiego degli scavi nell'ampliamento a mare del rilevato aeroportuale.

I materiali escavati da Ovest Polcevera sono caratterizzati da valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti superiori alle CSC previste dalla normativa sopra menzionata, legati unicamente al contenuto di fondo naturale delle rocce attraversate. L'analisi di rischio, elaborata sulla base degli interventi previsti dal progetto e delle modalità operative di esecuzione degli stessi, ha stimato il rischio connesso definendo le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), o CSC di progetto, ossia i valori massimi di concentrazione nei materiali oltre ai quali potrebbe esistere un rischio sanitario ed ambientale per i futuri fruitori delle aree suddette, tenuto conto dell'effettivo utilizzo delle stesse, sia nella fase di cantierizzazione che ad intervento concluso.

Si evidenzia infine quanto riportato nel parere di approvazione del Piano di Utilizzo n. 1239 del 2013, emesso dalla CTIVIA: *al fine di dimostrare il non peggioramento della qualità del sito di destinazione dei materiali, l'ammissibilità del riutilizzo del materiale scavato nell'opera a mare è stata supportata, così come delineato dalla normativa nazionale e regionale, da un'Analisi di Rischio sanitario-ambientale; tale verifica è stata sviluppata in relazione al contenuto minero-chimico naturale potenzialmente superiore ai limiti di legge e ha mostrato l'assenza di rischio per la salute umana e per le acque marine. A tale riguardo, si precisa che il parere della Regione Liguria, rilasciato ai sensi dell'art. 25 del D.Lgs 152/2006, di cui alla deliberazione della Giunta regionale n. 1345 del 11 Novembre 2011, recita quanto segue: «Per quanto riguarda il previsto conferimento del materiale di escavo nella nuova colmata a mare prospiciente l'attuale pista aeroportuale non si rilevano particolari criticità, alla luce delle seguenti considerazioni: (...) la compatibilità ambientale del riutilizzo dei materiali di scavo con il sito di destinazione è stata valutata attraverso un approccio del tipo «Analisi di Rischio» del tutto simile a quanto previsto dalla normativa regionale (DGR 955/2006) per il riutilizzo di sedimenti portuali: si ritiene tale approccio metodologico adeguato».*

3 SINTESI

Nel presente capitolo viene riportata la scheda riepilogativa delle attività svolte e degli elaborati progettuali (integrativi o in variante) prodotti in risposta alla prescrizione analizzata.

La scheda riporta le seguenti informazioni:

- il codice di riferimento della prescrizione;
- il titolo della prescrizione;
- la sintesi delle attività svolte in ottemperanza alla prescrizione;
- i riferimenti all'eventuale documentazione di approfondimento predisposta per supportare le valutazioni effettuate.

Codice di riferimento prescrizione		T10
Titolo prescrizione	Caratterizzazione sito di destinazione e impermeabilizzazione opera a mare	
Sintesi attività svolte in ottemperanza alla prescrizione		
<p>Per la minimizzazione del rischio di rilascio di fibre di amianto verso l'ambiente marino esterno al sito di progetto, sono stati adottati i seguenti criteri:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mantenere le terre e rocce da scavo, con un contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs. 152/06, sempre in ambiente confinato, realizzando la struttura di contenimento della colmata in modo da garantire una costante di permeabilità non superiore a 10^{-9} m/s, ritenuta adeguata a bloccare le fibre presenti in sospensione acquosa; • prevedere che il materiale sia conferito nella colmata solo dopo che il perimetro della stessa sia stato completato; • contemporaneamente al deposito del materiale all'interno della colmata, inviare, tramite una tubazione dedicata, le acque in eccesso ad un impianto di trattamento prima dello scarico in mare. <p>Il marginamento del deposito deve assolvere non solo le funzioni statiche di sostegno del materiale versato internamente alla colmata, ma anche quella di chiusura idraulica, secondo i criteri ambientali sopra richiamati. A tal fine sono previsti due diversi interventi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • il primo intervento garantisce la chiusura dello strato di imbasamento del cassone; a valle della messa in opera dei cassoni cellulari e dei massi di serraglia viene realizzato un rinfiacco con materiale di caratteristiche analoghe al tout-venant da cava, creando una superficie di appoggio per la messa in opera delle impermeabilizzazioni. Successivamente si provvede alla stesa del geocomposito, costituito da geomembrana HDPE e geotessile tessuto non tessuto. La geomembrana assolve alla funzione di impermeabilizzare l'opera (garantendo un coefficiente di permeabilità di 10^{-9} m/sec) e si estende sul tutto il fondale a partire dal piede del rinfiacco; il geotessile tessuto non tessuto viene disposto sopra la geomembrana e presenta la funzione di proteggere la geomembrana dalle successive operazioni di riempimento. • il secondo intervento riguarda la messa in opera di giunti tubolari tra cassone e cassone. Tali elementi tubolari sono costituiti da un doppio sistema reiniettabile, funzionale a sopperire ad eventuali movimenti/spostamenti dei cassoni cellulari durante la fase del riempimento delle vasche. <p>Per ricostruire la distribuzione dei diversi litotipi nell'area di interesse ed i loro reciproci rapporti geometrici sono stati analizzati tutti i dati pregressi disponibili ed è stata realizzata una apposita campagna di indagini mirata alla definizione degli aspetti di maggiore interesse stratigrafico, ingegneristico ed ambientale (caratterizzazione litologica e geotecnica delle diverse formazioni, prelievo di campioni per analisi meccaniche e chimiche, ecc.).</p> <p>Per valutare lo stato di qualità dei sedimenti sono state condotte due tipologie di analisi. La prima è finalizzata a valutarne la pericolosità associata all'attività di colmata; la seconda è finalizzata a confrontare i dati sito specifici con informazioni ricavate in ambiti limitrofi evidenziando l'eventuale presenza di livelli di fondo naturali.</p> <p>Per valutare la pericolosità i risultati delle indagini svolte sono stati confrontati con il limite normativo indicato dal D.Lgs. 152/2006 (allegato 5 del titolo V della parte quarta) per i suoli destinati ad uso industriale. Benché tale valore si riferisca a terreni emersi è stato ritenuto corretto un suo utilizzo essendo lo stesso da adottare per valutare il materiale da impiegare per la costruzione della colmata, che andrà realizzata sopra i fondali del canale di calma. Il superamento dei limiti tabellari riguarda</p>		

esclusivamente la frazione pesante (C>12) degli idrocarburi. In particolare tali composti sono presenti in modo diffuso lungo tutto lo strato superficiale e raggiungono le concentrazioni più significative nella parte più orientale del canale. La presenza di tali composti è ragionevolmente attribuibile ad attività antropiche, come per altro riscontrato in molti ambiti portuali, ed alle condizioni idrodinamiche che possono aver favorito l'accumulo in prossimità della foce del T. Polcevera.

Il Piano di Utilizzo disciplina le modalità di campionamento, valutazione, riconoscimento dei valori in concentrazione dei diversi tenori in amianto e nei metalli pesanti per i materiali di scavo, inquadrati come sottoprodotto, il cui riutilizzo è definito e certo nell'ambito della realizzazione della Gronda di Genova. Per la destinazione dello smarino, l'opera prevede che il contenuto di ogni silos e/o cumulo, nelle aree dedicate di deposito temporaneo e caratterizzazione, sia destinato sulla base della presenza di amianto, metalli e idrocarburi in concentrazione superiore o inferiore alla concentrazione soglia di concentrazione (CSC) stabilita dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. o alle CSC di progetto definite dall'Analisi di Rischio (cfr. elaborato APG0007 del Progetto Definitivo) elaborata per l'impiego degli scavi nell'ampianto a mare del rilevato aeroportuale.

I materiali escavati da Ovest Polcevera sono caratterizzati da valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti superiori alle CSC previste dalla normativa sopra menzionata, legati unicamente al contenuto di fondo naturale delle rocce attraversate. L'analisi di rischio, elaborata sulla base degli interventi previsti dal progetto e delle modalità operative di esecuzione degli stessi, ha stimato il rischio connesso definendo le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), o CSC di progetto, ossia i valori massimi di concentrazione nei materiali oltre ai quali potrebbe esistere un rischio sanitario ed ambientale per i futuri fruitori delle aree suddette, tenuto conto dell'effettivo utilizzo delle stesse, sia nella fase di cantierizzazione che ad intervento concluso.

Documentazione di Approfondimento	Sì <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Codifica elaborato progettuale	Tipologia
<i>PROGETTO ESECUTIVO Lotto 5</i>	
110729-LL05-PE-DG-GEN-00000-00000-R-GEN0002-3 - Relazione Generale	Relazione
110729-LL05-PE-DG-INQ-00000-00000-D-GEN0007-2 - Corografia generale degli interventi	Elab. grafico
110729-LL05-PE-DG-GEO-00000-00000-R-GEO0001-2 - Relazione geologica	Relazione
110729-LL05-PE-DG-GEO-00000-00000-D-GEO0002-2 - Planimetria di ubicazione delle indagini e sezione interpretativa	Elab. grafico
110729-LL05-PE-DG-GEO-00000-00000-D-GEO0007-0 - Batimetria del tetto del substrato lapideo, sezione interpretativa longitudinale e linea simica B	Elab. grafico
110729-LL05-PE-DG-GEO-00000-00000-D-GEO0008-0 - Batimetria del tetto del substrato lapideo e sezioni interpretative trasversali	Elab. grafico
110729-LL05-PE-DG-GEO-00000-00000-R-GEO0009-0 - Indagini geofisiche - Campagna 2018	Relazione
110729-LL05-PE-DG-GTA-00000-00000-R-APE0001-3 - Relazione di caratterizzazione geotecnica	Relazione
110729-LL05-PE-DG-GTA-00000-00000-R-APE0003-1 - Relazione di sintesi delle indagini geotecniche	Relazione
110729-LL05-PE-DG-GTA-00000-00000-D-APE0004-2 - Planimetria ubicazione indagini geotecniche e sezioni	Elab. grafico
110729-LL05-PE-DG-GTA-00000-00000-D-APE0005-2 - Sezione stratigrafica geotecnica . Tavola 1	Elab. grafico
110729-LL05-PE-DG-GTA-00000-00000-D-APE0006-2 - Sezione stratigrafica geotecnica . Tavola 2	Elab. grafico
110729-LL05-PE-DG-GTA-00000-00000-D-APE0007-2 - Sezione stratigrafica geotecnica . Tavola 3	Elab. grafico
110729-LL05-PE-DG-PGT-00000-00000-R-AMB-0011-0 - Relazione integrativa di caratterizzazione ambientale	Relazione
LL05-PE-CN-FAS-GE000-00000-D-CAP-0110-3 - Planimetrie successione cronologica fasi esecutive - Parte 1	Elab. grafico

LL05-PE-CN-FAS-GE000-00000-D-CAP-0111-3 - Planimetrie successione cronologica fasi esecutive - Parte 2	Elab. grafico
110729-LL05-PE-CN-FAS-OIW00-IMZ00-D-CAP0153-1 - Sottofasi esecutive - Cassoni, massi di serraglia e sovrastruttura vasca W1	Elab. grafico
110729-LL05-PE-CN-FAS-OIW00-IMZ00-D-CAP0154-1 - Sottofasi esecutive - Rinfiando e Impermeabilizzazione vasca interna W1	Elab. grafico
110729-LL05-PE-CN-FAS-OIW00-IMZ00-D-CAP0155-1 - Sottofasi esecutive - Rinfiando e Impermeabilizzazione argini vasca W1	Elab. grafico
110729-LL05-PE-CN-FAS-OIW00-IMZ00-D-CAP0152-3 - Sottofasi esecutive - Rinfiando e Impermeabilizzazione, OPERE DI CONTERMINAZIONE VASCHE W1, W2	Elab. grafico
110729-LL05-PE-O1-OPW-OIW01-PLA00-D-IDR0058-3 - Planimetria e dettagli di posa geomembrana e geotessuto vasca W1	Elab. grafico
110729-LL05-PE-O1-OPW-OIW02-PLA00-D-IDR0059-3 - Planimetria e dettagli di posa geomembrana e geotessuto vasca W2	Elab. grafico
<i>PROGETTO ESECUTIVO Lotto 10B</i>	
110730-L10B-PE-DG-GEN-00000-00000-R-GEN0002-1 - Relazione Generale	Relazione
110730-L10B-PE-DG-INQ-00000-00000-D-GEN0022-0 - Corografia generale degli interventi	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O1-FAS-OI01A-FSC00-D-CAP9000-1 - Sottofasi esecutive - Sovrastruttura e Scogliera	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O1-FAS-OI01A-FSC00-D-CAP9001-1 - Sottofasi Esecutive -Vasca A1 - Rinfiando	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O1-FAS-OI01A-FSC00-D-CAP9002-1 - Sottofasi Esecutive - Vasca A1 . Impermeabilizzazione	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O1-FAS-OI01A-FSC00-D-CAP9003-1 - Sottofasi esecutive - Vasca A2 -Rinfiando e Impermeabilizzazione	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O1-FAS-OI01A-FSC00-D-CAP9004-1 - Sottofasi esecutive - Vasca A3 - Rinfiando	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI001-RMD00-D-APE 9065-1 - Vasca A1 Geomembrana HDPE e geotessile - piano posa +0,30 . planimetria	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI001-RMD00-D-APE 9070-1 - Vasca A1 Posa Geomembrana HDPE e Geotessile TNT - Planimetria	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI001-RMD00-D-APE 9075-0 - Vasca A1 Dettagli posa in opera geomembrana e geotessuto	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI002-RMD00-D-APE9066-1 - Vasca A2 Geomembrana HDPE e geotessile - piano posa +0,30 . planimetria	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI002-RMD00-D-APE9067-1 - Vasca A2 Geomembrana HDPE e geotessile - piano posa +0,30 . planimetria	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI002-RMD00-D-APE9071-1 - Vasca A2 Posa Geomembrana HDPE e Geotessile TNT - Planimetria Parte1	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI002-RMD00-D-APE9072-1 - Vasca A2 Posa Geomembrana HDPE e Geotessile TNT - Planimetria Parte2	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI002-RMD00-D-APE9076-0 - Vasca A2 Dettagli posa in opera geomembrana e geotessuto	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI003-RMD00-D-APE9068-1 - Vasca A3 Geomembrana HDPE e geotessile - piano posa +0,30 . planimetria	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI003-RMD00-D-APE9069-1 - Vasca A3 Geomembrana HDPE e geotessile - piano posa +0,30 . planimetria	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI003-RMD00-D-APE9073-1 - Vasca A3 Posa Geomembrana HDPE e Geotessile TNT - Planimetria Parte1	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI003-RMD00-D-APE9074-1 - Vasca A3 Posa Geomembrana HDPE e Geotessile TNT - Planimetria Parte2	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI003-RMD00-D-APE9077-0 - Vasca A3 Dettagli posa in opera geomembrana e geotessuto	Elab. grafico
110730-L10B-PE-O2-GTA-OI003-RMD00-D-APE9078-0 - Vasca A3 Dettagli posa in opera geomembrana e geotessuto	Elab. grafico
<i>PROGETTO DEFINITIVO</i>	
APG0006-1: Relazione di caratterizzazione ambientale	Relazione
APG0007: Analisi di rischio per l'impiego dei materiali di smarino provenienti dall'escavazione delle gallerie per l'ampliamento a mare del rilevato aeroportuale	Relazione

ALLEGATO 1

Caratteristiche ed impermeabilizzazione dell'Opera a mare

(Prescrizione T.10)

Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	6
3	CARATTERISTICHE DEL SITO	14
3.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	15
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	15
3.2.1	<i>Descrizione sintetica delle unità geologiche principali presenti nell'area dell'opera a mare</i>	<i>17</i>
3.3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	19
3.4	CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE.....	21
3.4.1	<i>La Relazione di Caratterizzazione Ambientale</i>	<i>21</i>
3.4.2	<i>Le CSC di progetto determinate tramite l'elaborazione di un'Analisi di Rischio</i>	<i>29</i>
4	IMPERMEABILIZZAZIONE DELL'OPERA A MARE.....	32
4.1	VASCHE W1 E W2.....	32
4.2	VASCHE A1, A2 E A3.....	33
4.3	CONFRONTO TRA PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO	37
4.4	FASI REALIZZATIVE	39

Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 2-1 - PLANIMETRIA GENERALE (ESTRATTO DA 110730-L10B-PE-DG-GEN-00000-00000-R-GEN0002-2)	6
FIGURA 2-2. PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO (ESTRATTO DA 110729-LL05-PE-DG-GEN-00000-00000-R-GEN0002-3)	7
FIGURA 2-3. SEZIONE TIPO OPERE DI CONTERMINAZIONE CON CASSONI CELLULARI (IL RINFIANCO, LA GEOMEMBRANA +GEOTESSILE E LA SCOGLIERE SARANNO REALIZZATE NEL LOTTO DI COLMATA, 10B)	8
FIGURA 2-4. SEZIONE TIPO OPERE DI CONTERMINAZIONE CON MASSI DI SERRAGLIA (IL RINFIANCO, LA GEOMEMBRANA +GEOTESSILE E LA SCOGLIERE SARANNO REALIZZATE NEL LOTTO DI COLMATA, 10B)	8
FIGURA 2-5. SEZIONE TRASVERSALE TIPO ARGINI VASCA W2	9
FIGURA 2-6. PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO DELLA VASCA W1	9
FIGURA 2-7. SEZIONE TRASVERSALE DI PROGETTO DELLA VASCA W1 BACINO NORD E RIO SECCO	10
FIGURA 2-8. SEZIONE TRASVERSALE DI PROGETTO DELLA VASCA W1 BACINO SUD E RIO SECCO	10
FIGURA 2-9. SEZIONE TRASVERSALE DI PROGETTO DELLA VASCA W1 BACINO SUD E RIO SECCO	10
FIGURA 2-10. PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO DELLA VASCA W2	11
FIGURA 2-11. SEZIONE GENERALE DI PROGETTO DELLA VASCA W2	11
FIGURA 2-12. SEZIONE TIPOLOGICA DI RINFIANCO DA REALIZZARE NEL LOTTO PER LA COLMATA DELL'OPERA A MARE	12
FIGURA 2-13. SEZIONE TIPOLOGICA CON INDIVIDUAZIONE DELLA POSA IN OPERA DELLA GEOMEMBRANA HDPE + GEOTESSILE TESSUTO NON TESSUTO	13
FIGURA 3-1 COROGRAFIA DEL TRACCIATO E AREA INTERESSATA DALL'OPERA A MARE	15
FIGURA 3-2 SCHEMA TETTONICO DELL'AREA DI STUDIO (DA PROGETTO CARG MODIFICATO)	16
FIGURA 3-3 ANDAMENTO A MARE DELLE NUMEROSE UNITÀ GEOLOGICHE AFFIORANTI LUNGO LA COSTA	16
FIGURA 3-4 BATIMETRIA DEL TETTO DEL SUBSTRATO LAPIDEO RICOSTRUITO SULLA BASE DELLA SISMICA A RIFLESSIONE	19
TABELLA 3-1 PARAMETRI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	20
TABELLA 3-2 CAMPIONI AMBIENTALI SU CUI SONO STATE ESEGUITE LE ANALISI CHIMICHE	21
TABELLA 3-3 RISULTATI DELLE ANALISI DEI PRINCIPALI INQUINANTI INORGANICI E ORGANICI NEI SEDIMENTI DEL CANALE DI CALMA (MG/KG S.S.) E LIMITI NORMATIVI DI RIFERIMENTO	23
FIGURA 3-7 STAZIONI DI MONITORAGGIO PRESENTI NEI PRESSI DEL CANALE DI CALMA, AREA DI LEVANTE DEL PORTO DI GENOVA	24
FIGURA 3-8 STAZIONI DI MONITORAGGIO PRESENTI NEI PRESSI DEL CANALE DI CALMA, AREA DI PONENTE DEL PORTO DI GENOVA	25
FIGURA 3-9 STAZIONE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEI SEDIMENTI	25
TABELLA 3-4 CONCENTRAZIONE DEI PRINCIPALI METALLI PESANTI NEL SEDIMENTO (MG/KG S.S.)	26
FIGURA 3-10 DIFFERENZE TRA LE CONCENTRAZIONI MEDIE E DEVIATIONE STANDARD DEI PRINCIPALI METALLI PESANTI RILEVATE NELLO STRATO SUPERFICIALE E QUELLE RILEVATE NELLO STRATO PROFONDO. LA SIGNIFICATIVITÀ STATISTICA DELLA DIFFERENZA TRA I DUE STRATI È INDICATA DALL'ASTERISCO (*)	27
TABELLA 3-5 DATI ANALITICI RILEVATI NEI CAMPIONI PRELEVATI NEL CANALE DI CALMA;	28
TABELLA 3-6 – QUADRO SINOTTICO DEGLI ANALITI DA RICERCARE	30
FIGURA 4-1. SEZIONE DI RINFIANCO PER OPERE DELLA VASCA W1-RIO SECCO	32
FIGURA 4-2. SEZIONE DI RINFIANCO PER OPERE DELLA VASCA W1-RIO SECCO	32
FIGURA 4-3. SEZIONE DI RINFIANCO PER OPERE DELLA VASCA W2	32
FIGURA 4-4. SEZIONE DI RINFIANCO PER OPERE DELLA VASCA W2	33
FIGURA 4-5. SEZIONE IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA VASCA W1	33
FIGURA 4-6. SEZIONE IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA VASCA W2	33
FIGURA 4-7. SEZIONE TIPOLOGICA DI RINFIANCO (CASSONE CELLULARE E TRATTAMENTO FONDALE RIENTRANO NEL LOTTO 5)	34
FIGURA 4-8. VASCA A1 STRALCIO PLANIMETRICO CON INDIVIDUAZIONE DELL'AREA INTERESSATA DALLA POSA IN OPERA DELLA GEOMEMBRANA HDPE +GEOTESSILE TESSUTO NON TESSUTO	35
FIGURA 4-9. VASCA A2 STRALCIO PLANIMETRICO CON INDIVIDUAZIONE DELL'AREA INTERESSATA DALLA POSA IN OPERA DELLA GEOMEMBRANA HDPE +GEOTESSILE TESSUTO NON TESSUTO	35
FIGURA 4-10. VASCA A3 STRALCIO PLANIMETRICO CON INDIVIDUAZIONE DELL'AREA INTERESSATA DALLA POSA IN OPERA DELLA GEOMEMBRANA HDPE +GEOTESSILE TESSUTO NON TESSUTO	36
FIGURA 4-11. SEZIONE TIPOLOGICA CON INDIVIDUAZIONE DELLA POSA IN OPERA DELLA GEOMEMBRANA HDPE + GEOTESSILE TESSUTO NON TESSUTO	36
FIGURA 4-12. ESEMPI DI DETTAGLIO PER IL FISSAGGIO GEOMEMBRANA HDPE + GEOTESSILE TESSUTO NON TESSUTO	37
FIGURA 4-13. SEZIONE TIPOLOGICA CASSONE CON POSA GEOMEMBRANA PROGETTO DEFINITIVO	38
FIGURA 4-14. SEZIONE TIPOLOGICA CASSONE CON RINFIANCO E POSA GEOMEMBRANA PROGETTO ESECUTIVO	38

FIGURA 4-15. SEZIONE TIPOLOGICA CON INDIVIDUAZIONE DELLA POSA IN OPERA DELLA GEOMEMBRANA HDPE + GEOTESSILE TESSUTO NON TESSUTO	39
FIGURA 4-16. FASE 1: VIBROFLOTTAZIONE	39
FIGURA 4-17. FASE 2: RICARICA FONDALE	39
FIGURA 4-18. FASE 3: POSA IN OPERA DELLO SCAPOLAME	40
FIGURA 4-19. FASE 4: TRASPORTO E AFFONDAMENTO CASSONE CELLULARE	40
FIGURA 4-20. FASE 5: RIEMPIMENTO CELLE DEL CASSONE	41
FIGURA 4-21. FASE 6: REALIZZAZIONE GETTO PRIMA FASE SOVRASTRUTTURA	41
FIGURA 4-22. FASE 7: MESSA IN OPERA DEL RINFIANCO E POSA DEL GEOCOMPOSITO A TERGO	42
FIGURA 4-23. FASE 8: MESSA IN OPERA SCOGLIERA	42

1 PREMESSA

La presente Relazione è stata predisposta per illustrare le attività svolte e le modifiche progettuali introdotte per accogliere la prescrizione T10 contenuta nel Decreto n. 14268/2013 di approvazione del Piano di Utilizzo e per acquisirne la relativa verifica di ottemperanza in capo all'osservatorio Ambientale.

Si precisa che la verifica di ottemperanza era stata avviata con il MATTM (CTVIA) (ID- VIP 3173), ma non essendosi conclusa, l'iter viene riavviato con l'osservatorio Ambientale.

La prescrizione T10 recita:

«In considerazione della mancata definizione del piano di accertamento di cui all'art. 5 comma 4 del Regolamento e in assenza di certezza sul fatto che il sito della colmata a mare abbia caratteristiche di fondo naturale analoghe e confrontabili, per tutti i parametri oggetto di superamento nella caratterizzazione del sito di produzione, con quelle dei materiali da scavo da conferire, l'opera a mare - nella quale è prevista la collocazione di materiale da scavo con presenza di amianto sotto i limiti della tabella 1 colonna B dell'Allegato 5, Titolo V, Parte IV, del D.Lgs 152/2006, e di metalli pesanti sopra tali limiti ma inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione caratteristiche del fondo naturale - deve essere realizzata previa caratterizzazione del sito di intervento e deve garantire la conterminazione dei materiali da scavo con una impermeabilizzazione delle pareti della colmata e di una fascia di almeno 5 m nel perimetro del fondo in grado di assicurare requisiti di permeabilità equivalenti a quelli di uno strato di materiale naturale dello spessore di 1 metro con K minore o uguale a $1,0 \times 10^{-9}$ m/s, in analogia a quanto avviene per le colmate a mare di allocazione di materiali di dragaggio provenienti da aree SIN ai sensi dell'art. 5 bis della L. 84/1994 e s.m.i.; il controllo di cui alla parte B dell'allegato 8 del Regolamento deve essere eseguito prima della realizzazione del capping.»

Per acquisire la verifica di ottemperanza, nei seguenti capitoli vengono presentati tutti i dettagli necessari a fornire le informazioni richieste in merito a caratterizzazione del sito di intervento e requisiti di permeabilità:

- Capitolo 2: *«Descrizione degli interventi»*, in cui viene descritto come viene realizzato il sito di destinazione dello smarino;
- Capitolo 3: *«Caratteristiche del sito»*, in cui vengono descritte le caratteristiche geologiche e geotecniche del sito in cui verrà realizzata l'opera a mare, insieme ai dati di caratterizzazione ambientale;
- Capitolo 4: *«Impermeabilizzazione dell'opera a mare»*, in cui vengono descritte le scelte progettuali finalizzate a garantire l'impermeabilizzazione della cassa di colmata.

Per la minimizzazione del rischio di rilascio di fibre di amianto verso l'ambiente marino esterno al sito di progetto, sono stati adottati i seguenti criteri:

- mantenere le terre e rocce da scavo, con un contenuto di amianto inferiore ai limiti del D.Lgs. 152/06, sempre in ambiente confinato, realizzando la struttura di contenimento della colmata in modo da garantire una costante di permeabilità non superiore a 10^{-9} m/s, ritenuta adeguata a bloccare le fibre presenti in sospensione acquosa. A tal riguardo si ricorda che l'amianto non è presente in acqua in fase disciolta ma come fibra in sospensione e quindi non è necessaria l'adozione di uno standard di tenuta più restrittiva, come nel caso di colmate realizzate con materiali contaminati da elementi che possono essere presenti in fase disciolta;
- prevedere che il materiale sia conferito nella colmata solo dopo che il perimetro della stessa sia stato completato;
- contemporaneamente al deposito del materiale all'interno della colmata, inviare, tramite una tubazione dedicata, le acque in eccesso ad un impianto di trattamento prima dello scarico in mare, in modo da garantire il rispetto dei limiti fissati dall'autorità di controllo. A tal riguardo si precisa che la legislazione vigente (D.Lgs.152/06) non prevede un limite per l'amianto nelle acque di scarico, ma solo un valore guida per le acque di falda (7 milioni di fibre/l) che deve essere ulteriormente definito. La normativa di riferimento (DL n.114/95) specifica per l'amianto anche un limite di 30 mg/l come materia totale in sospensione per gli effluenti liquidi provenienti dalle attività industriali o di bonifica; tale limite non sembra però applicabile al caso in esame, essendo la provenienza diversa (né attività industriali, né bonifica).

Il marginamento del deposito deve assolvere non solo le funzioni statiche di sostegno del materiale versato internamente alla colmata, ma anche quella di chiusura idraulica, secondo i criteri ambientali sopra richiamati. A tal fine sono in sostanza previsti da diversi interventi:

- il primo intervento garantisce la chiusura dello strato di imbasamento del cassone; a valle della messa in opera dei cassoni cellulari e dei massi di serraglia viene realizzato un rinfianco con materiale di caratteristiche analoghe al tout-venant da cava, creando una superficie di appoggio per la messa in opera delle impermeabilizzazioni. Successivamente si provvede alla stesa del geocomposito, costituito da geomembrana HDPE e geotessile tessuto non tessuto. La geomembrana assolve alla funzione di impermeabilizzare l'opera (garantendo un coefficiente di permeabilità di 10^{-9} m/sec) e si estende sul fondale a partire dal piede del rinfianco; il geotessile tessuto non tessuto viene disposto sopra la geomembrana e presenta la funzione di proteggere la geomembrana dalle successive operazioni di riempimento.
- il secondo intervento riguarda la messa in opera di giunti tubolari tra cassone e cassone. Tali elementi tubolari sono costituiti da un doppio sistema reiniettabile, funzionale a sopperire ad eventuali movimenti/spostamenti dei cassoni cellulari durante la fase del riempimento delle vasche.

2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'Opera a Mare riguarda in sintesi le seguenti opere:

- le opere di conterminazione della colmata mediante cassoni cellulari, di tipo riflettente e non riflettente, completi di scanno di imbasamento e rinfianchi;
- l'impermeabilizzazione dell'opera di conterminazione;
- la suddivisione della colmata in vasche interne, opportunamente impermeabilizzate, dove sversare lo smarino proveniente dagli scavi delle gallerie e trasportato in sospensione mediante uno "slurrydotto";
- la polifora impiantistica di servizio lungo le opere di conterminazione;
- l'opera di scarico dello slurrydotto nella colmata (diffusore);
- il riempimento della colmata con lo smarino, il completamento in superficie mediante un sistema di capping e la rete di drenaggio superficiale;
- l'impianto per la captazione dell'acqua di overflow, per il successivo invio all'impianto di ricircolo e all'impianto di depurazione;
- le opere di scarico delle acque dei piazzali dell'aeroporto, compresi gli impianti elettrici, meccanici e di comando/controllo degli impianti di sollevamento delle acque e relativa cabina elettrica;
- i cunicoli per gli scarichi a mare, attraverso la nuova colmata, dei rii Secco e Roncallo;
- la nuova viabilità realizzata sulla superficie della colmata, compresi il sistema di drenaggio e l'illuminazione;
- la sistemazione delle aree della colmata per la copertura a verde.

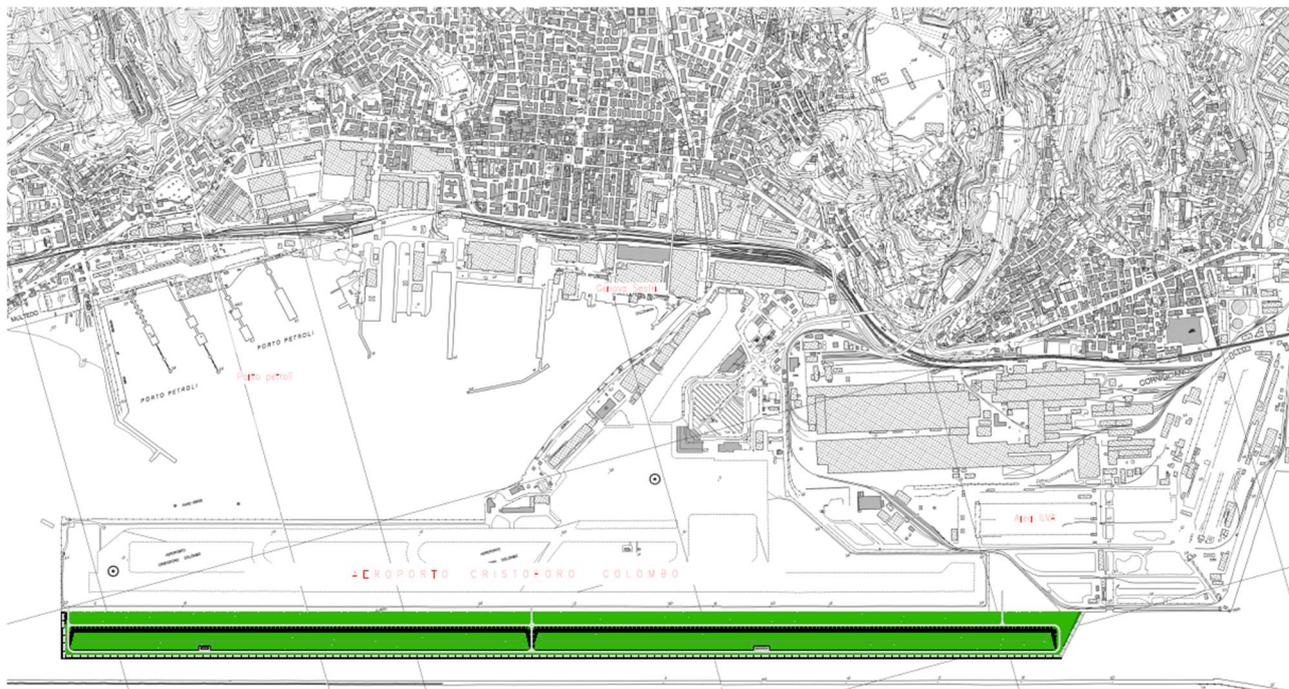


Figura 2-1 - Planimetria generale (estratto da 110730-L10B-PE-DG-GEN-00000-00000-R-GEN0002-2)

Il Progetto Esecutivo è sviluppato tenendo conto che l'appalto sarà suddiviso in tre lotti indipendenti e funzionali, così definiti:

- canale di gronda realizzato sulla superficie del rilevato aeroportuale esistente a servizio delle opere di scarico delle acque dei piazzali dell'aeroporto (Lotto 1B)
- opere di conterminazione e compartimentazione della colmata (Lotto 5);
- riempimento della conterminazione e opere di sistemazione superficiale (Lotto 10B).

La Bonifica da Ordigni Bellici e la risoluzione delle interferenze sarà effettuata mediante appalti separati, propedeutici alla realizzazione dell'Opera a Mare.

Il lotto funzionale per la realizzazione delle opere di collettamento degli scarichi esistenti con le nuove parti d'opera non contempla lavorazioni di impermeabilizzazione.

Infatti, più precisamente di interesse per la prescrizione T10 in esame, sono evidenziare le seguenti parti di opera:

- 1) nel Lotto di realizzazione della conterminazione dell'Opera a Mare (Lotto 5),
 - opere di consolidamento del fondale di imbasamento dell'opera di conterminazione e degli argini interni mediante vibroflottazione;
 - scanno di imbasamento su cui fondare sia i cassoni che i massi e relativa scogliera di protezione dall'azione del moto ondoso;
 - cassoni e massi di serraglia per l'Opera di conterminazione (fornitura a piè d'opera, trasporto e posa);
 - cassoni e massi di serraglia per i manufatti di compartimentazione interna della cassa di colmata (fornitura a piè d'opera, trasporto e posa): vasca W1 (levante, contenente anche il manufatto di prolungamento del Rio Secco), e vasca W2 (ponente);
 - il cuneo di rinfianco sui lati interni degli argini della Vasca W2, sul lato est dell'argine est della vasca W1 e sui lati esterni degli argini posti lungo il Rio Secco;
 - l'impermeabilizzazione delle vasche W1 e W2, mediante teli in HDPE posati sullo scanno di imbasamento e sul cuneo di rinfianco;
 - il getto della sovrastruttura di prima fase con quota di coronamento pari a +1,30.
- 2) nel Lotto di riempimento della conterminazione e opere di sistemazione superficiale (Lotto 10B),
 - il cuneo di rinfianco e l'impermeabilizzazione delle opere di conterminazione;
 - l'impermeabilizzazione delle vasche A1, A2, A3 della colmata mediante teli HDPE;

Nell'ambito di quest'ultimo lotto sono contemplate inoltre le rimanenti opere, non di interesse per la prescrizione sul tema dell'impermeabilizzazione:

- il getto di completamento di seconda fase, fino alla quota di campagna finale di +1,75;
- il muro paraonde con quota di coronamento pari a +3,00;
- il riempimento della cassa di colmata e opere/lavorazioni connesse;
- le opere civili ed impiantistiche legate alla risoluzione delle interferenze e alla gestione delle acque di piattaforma (ad esclusione del Canale di Gronda che rientra nel Lotto 1B);
- le opere civili ed impiantistiche legate alle sistemazioni esterne.

La seguente planimetria illustra i principali corpi d'opera inseriti all'interno del Lotto 5 di realizzazione della conterminazione dell'Opera a Mare.

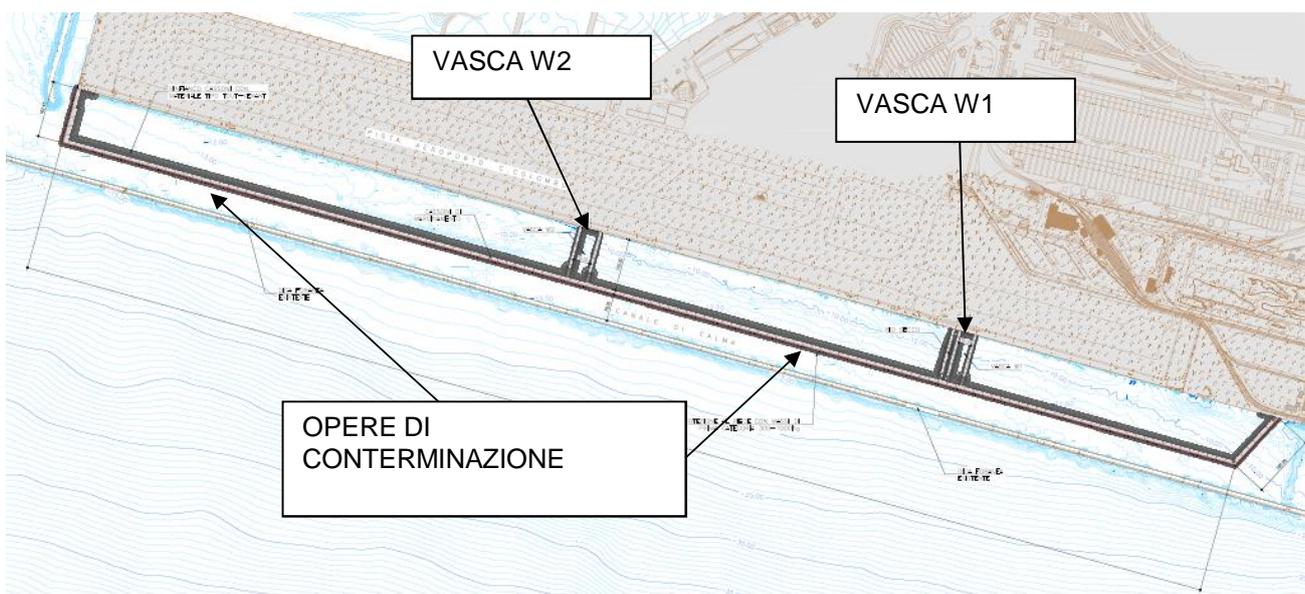


Figura 2-2. Planimetria generale di progetto (estratto da 110729-LL05-PE-DG-GEN-00000-00000-R-GEN0002-3)

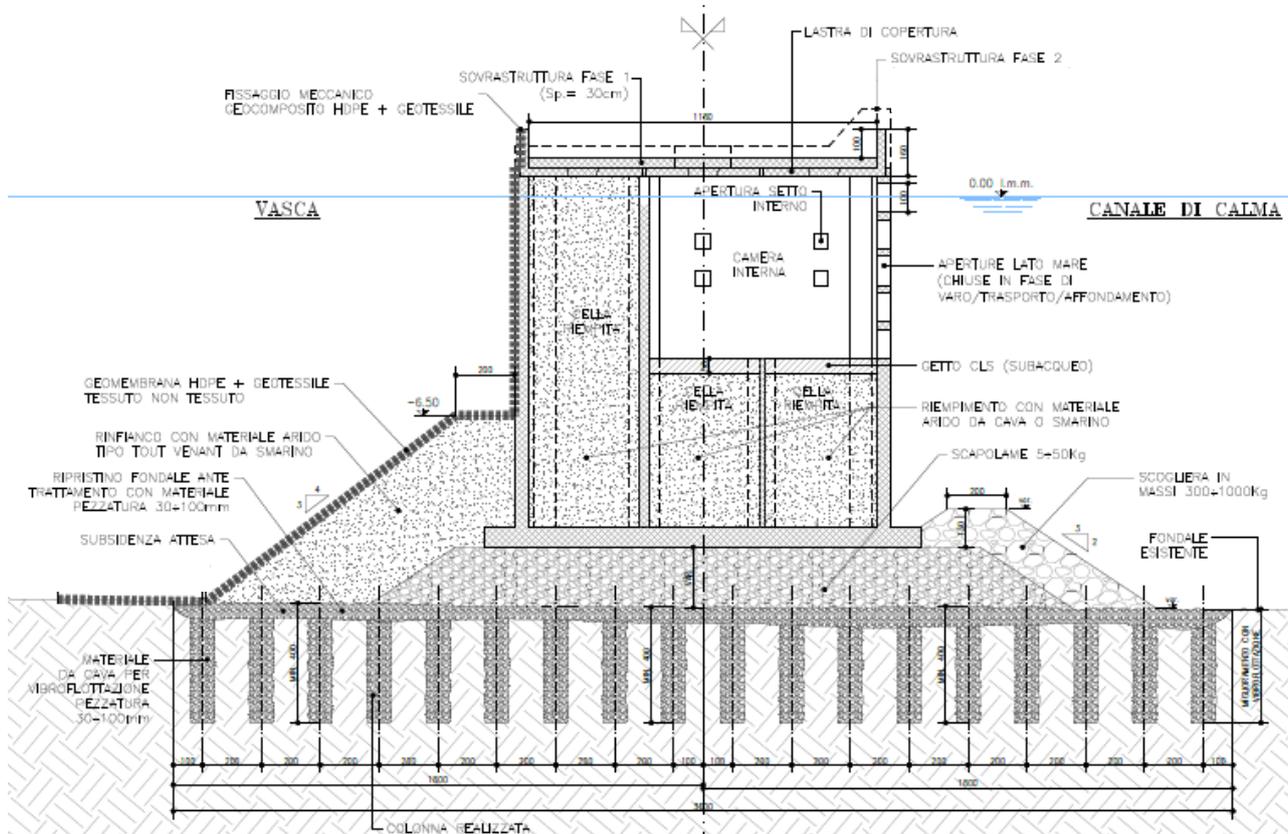


Figura 2-3. Sezione tipo Opere di Conterminazione con Cassoni Cellulari (il rinfianco, la geomembrana +geotessile e la scogliere saranno realizzate nel Lotto di colmata, 10B)

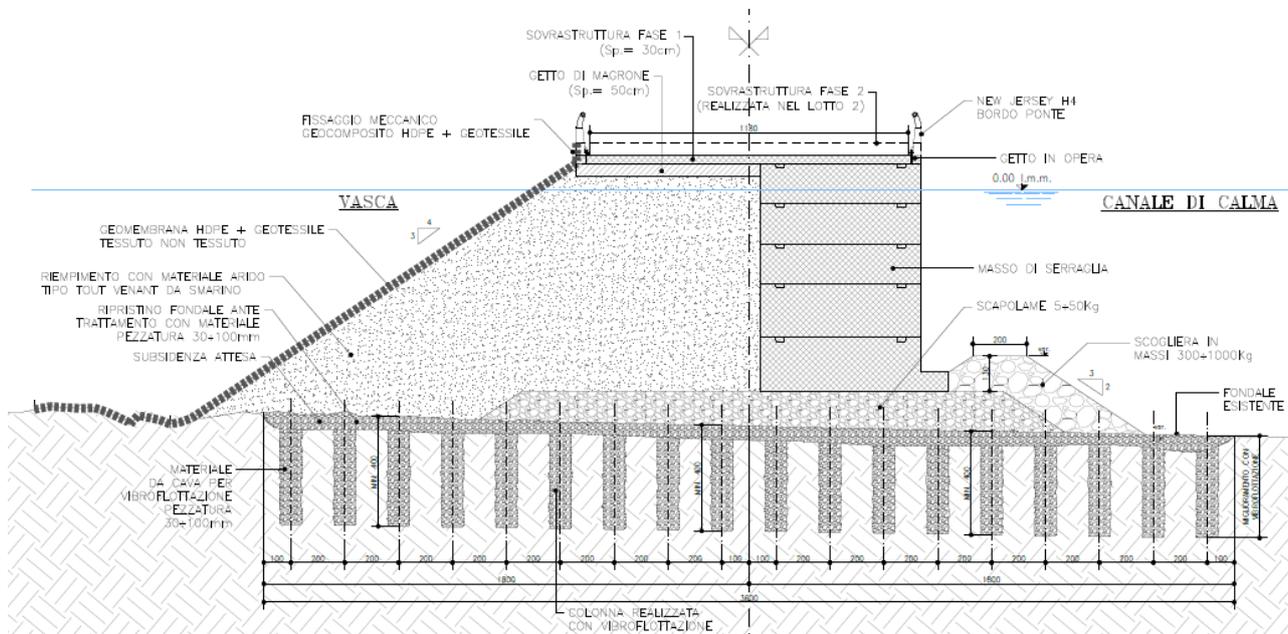


Figura 2-4. Sezione tipo Opere di Conterminazione con Massi di Serraglia (il rinfianco, la geomembrana +geotessile e la scogliere saranno realizzate nel Lotto di colmata, 10B)

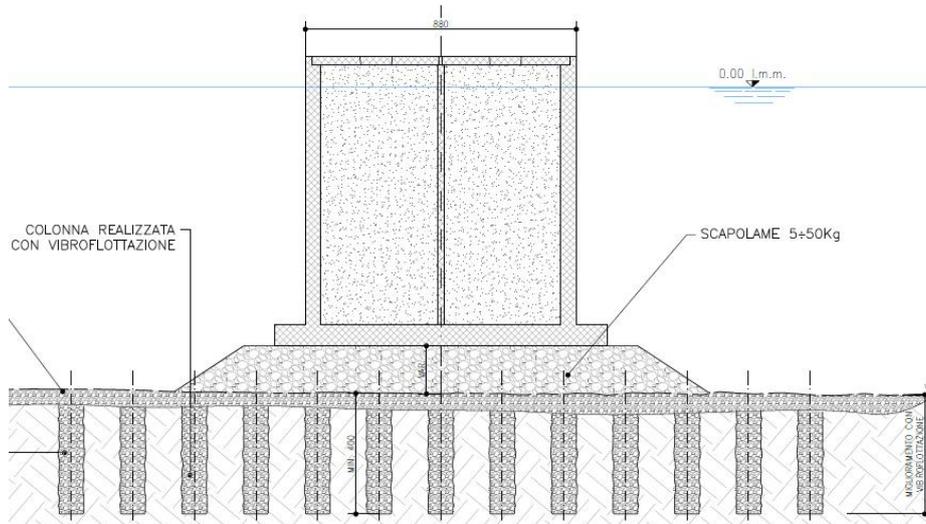


Figura 2-5. Sezione trasversale tipo Argini Vasca W2

Nel dettaglio i corpi d'opera costituenti la vasca W1 sono illustrati nelle seguenti figure, con identificazione sia degli argini che delimitano il Rio Secco sia dell'argine di ponente della vasca W1.

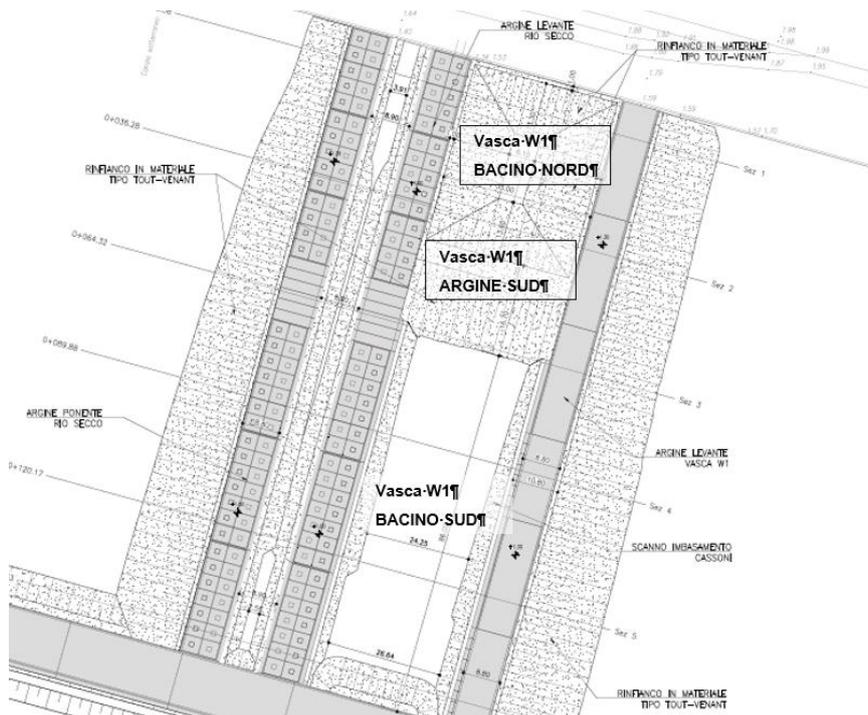


Figura 2-6. Planimetria generale di progetto della Vasca W1

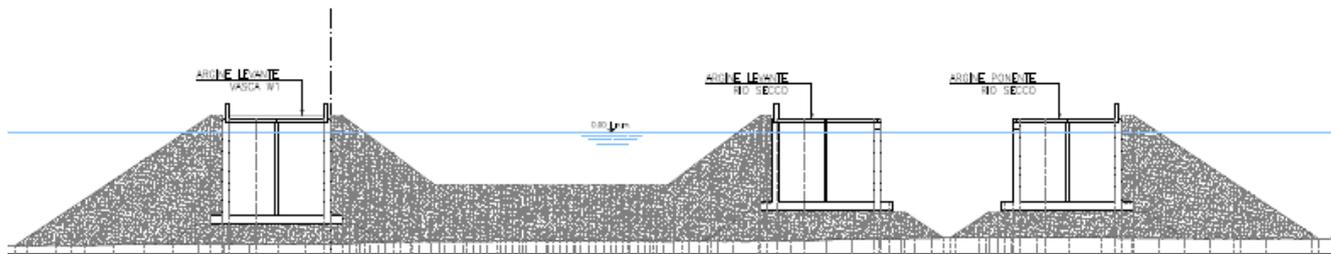


Figura 2-7. Sezione trasversale di progetto della Vasca W1 Bacino Nord e Rio Secco

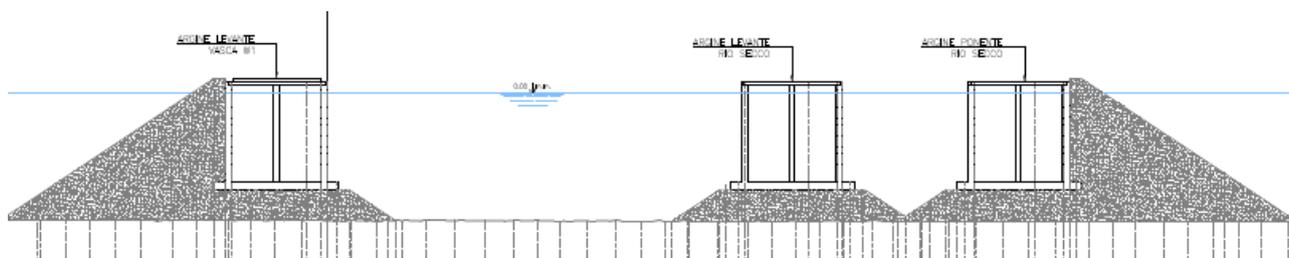


Figura 2-8. Sezione trasversale di progetto della Vasca W1 Bacino Sud e Rio Secco

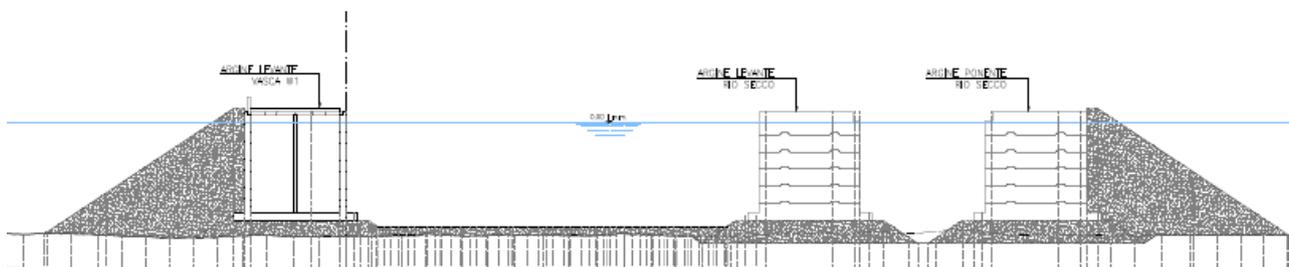


Figura 2-9. Sezione trasversale di progetto della Vasca W1 Bacino Sud e Rio Secco

Gli argini del rio Secco devono essere posti a contatto con le opere di conterminazione al fine di confinare adeguatamente il deflusso del rio.

L'argine W1, costituito da un allineamento di cassoni cellulari e massi di serraglia imbasati su uno scanno di basamento, delimita a levante lo specchio acqueo della vasca W1. Tale specchio acqueo è suddiviso a sua volta in un bacino nord e uno sud da un argine in tout venant, che si sviluppa perpendicolare all'allineamento dell'argine W1 e si chiude contro l'argine levante del Rio Secco.

A tergo dell'argine W1 (Lato Est), dell'argine ponente del Rio Secco (lato ovest) e sui lati dell'argine W1 e argine levante che delimitano il bacino W1 tutto il bacino nord ricavato nella vasca W1 dovrà essere posto in opera un rinfilo su cui posare in opera la geomembrana HDPE ed il geosintetico tessuto non tessuto, volti a garantire una barriera ambientale tra il rio e le vasche dell'opera a mare.

Sia sul lato levante della Vasca W1 sia sulla porzione di argine Rio Secco lato ponente che delimita il bacino Nord della Vasca W1 si prevede la realizzazione di una soletta di completamento sulle lastre prefabbricate di copertura dei cassoni. Tale soletta ha la funzione di rendere carrabile lo straddosso dei cassoni e quindi agevolare le lavorazioni che interesseranno il bacino Nord della vasca W1.

Con riferimento invece alla vasca W2 si riporta di seguito la configurazione planimetrica degli argini.



Figura 2-10. Planimetria generale di progetto della Vasca W2

L'argine di ponente della vasca W2 presenta un rinfianco su cui sarà messa in opera una geomembrana e geosintetico, volto a garantire una barriera ambientale la vasca A2 e la confinante vasca A3. Tale barriera sarà utile al fine della gestione e fasizzazione dei riempimenti delle vasche con materiale amiantifero.

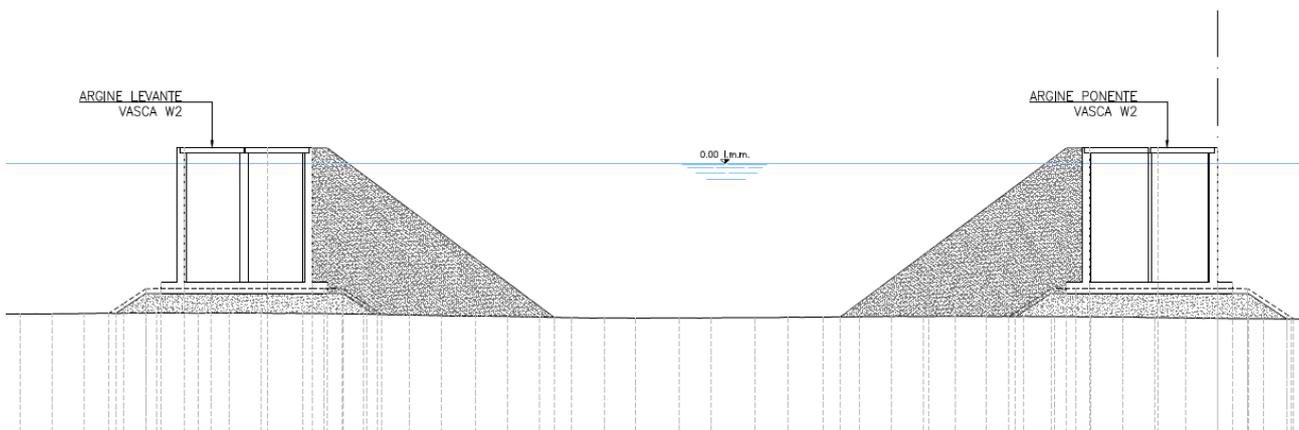


Figura 2-11. Sezione generale di progetto della Vasca W2

Successivamente alla messa in opera sia dei cassoni cellulari sia dei massi di serraglia (eseguita nel Lotto 5) si provvede alla costruzione del rinfianco. La realizzazione di tale opera ha il duplice beneficio di creare una superficie di appoggio per la messa in opera delle impermeabilizzazioni, sia per gestire il cuneo di spinta che il materiale di riempimento genera a tergo delle opere.

Il rinfianco viene messo in opera a tergo delle sole opere di conterminazione (mentre per quanto riguarda gli argini che delimitano il prolungamento a mare del Rio Secco e gli argini della vasca W2, la posa del rinfianco avviene nel Lotto di realizzazione delle opere di conterminazione, Lotto 5).

Il materiale utilizzato per il rinfianco ha caratteristiche analoghe al tout-venat da cava, viene disposto in sito con un'inclinazione di 3/4, al fine di renderlo stabile durante la fase di costruzione.

Nella posa del rinfianco gli elementi di pezzatura piugrossolana dovranno essere posti nelle zone interessate dai giunti tra cassoni.

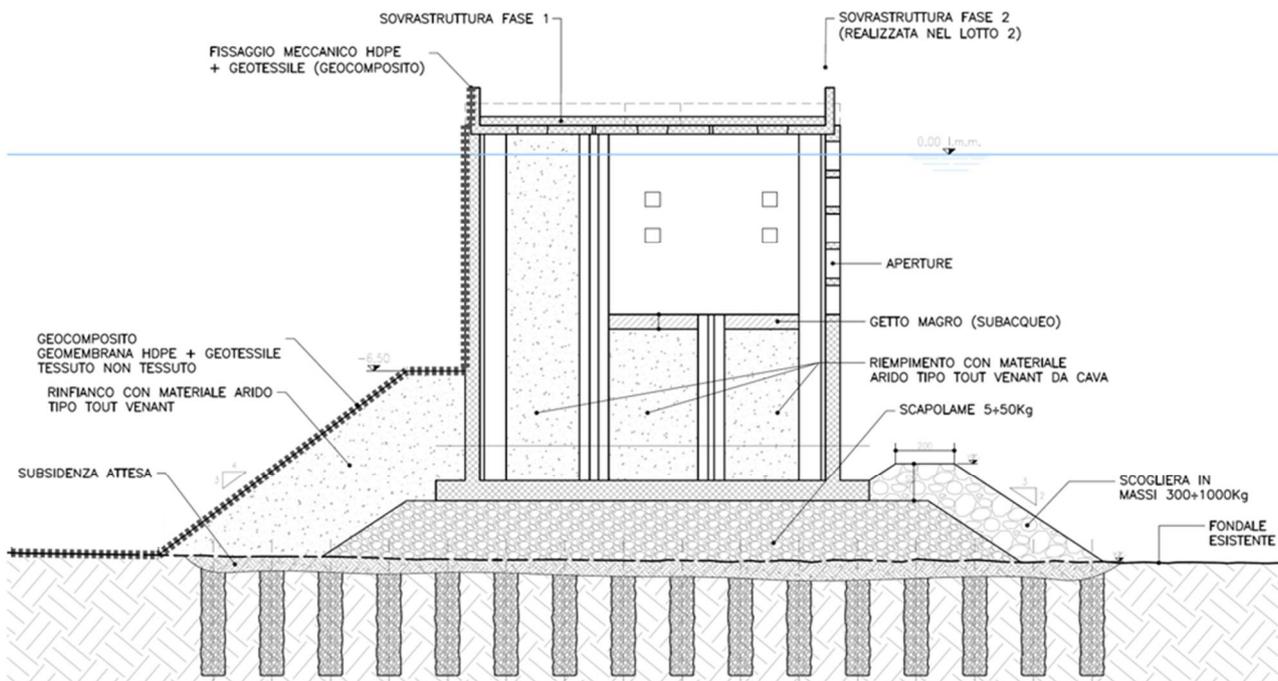


Figura 2-12. Sezione tipologica di rinfianco da realizzare nel lotto per la colmata dell'opera a mare

Successivamente alla posa del rinfianco si provvede alla stesa del geocomposito costituito sia da geomembrana HDPE e di geotessite tessuto non tessuto. La geomembrana assolve alla funzione di impermeabilizzare dell'opera (garantendo un coefficiente di permeabilità di 10^{-9} m/sec) e si estende sia sul fondale della vasca, sia sui lati che la delimitano (banchina aeroportuale esistente, opere di conterminazione e argini vasche W1 e W2).

La stesa del geocomposito ha il compito di garantire l'impermeabilizzazione delle vasche A1, A2 e A3.

Il geotessile tessuto non tessuto viene disposto sopra la geomembrana e presenta la funzione di proteggere la geomembrana dalle successive operazioni di riempimento.

Temporaneamente il pacchetto di geosintetici può essere fissato meccanicamente all'elemento verticale presente sulle lastre di copertura del cassone cellulare, mentre nel caso del masso di serraglia sarà fissato direttamente al masso prefabbricato. Completato il riempimento il geocomposito sarà risvoltato e saldato all'impermeabilizzazione delle vasche.

Locali interferenze con la rete di sfioratori che collega le singole vasche A1, A2, A3 con le vasche di sedimentazione W1 e W2 dovranno essere gestite utilizzando giunti standard.

Nella seguente sezione si riporta l'estensione trasversale riguardante la posa della geomembrana e del geotessile.

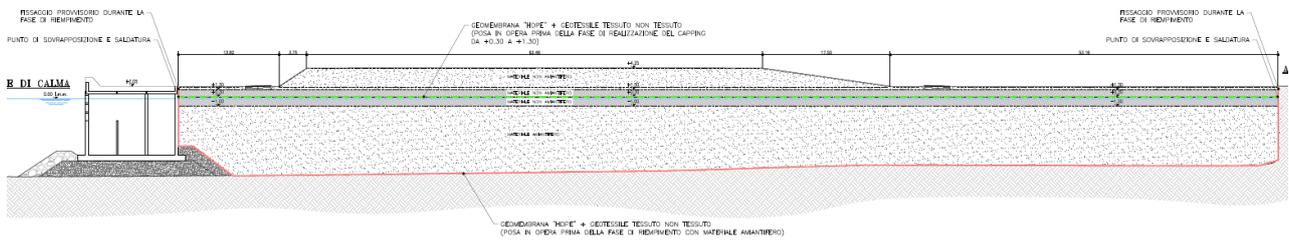


Figura 2-13. Sezione tipologica con individuazione della posa in opera della geomembrana HDPE + geotessile tessuto non tessuto

Il riempimento della cassa di colmata avverrà:

- per il materiale con possibile contenuto di amianto, tramite l'utilizzo di un impianto denominato "Lurrydotto" (tubazione che conferisce il materiale di smarino sino alla vasca W1, successivamente dragato alle vasche di destinazione finale e distribuito al loro interno per mezzo di ulteriori mezzi di dragaggio e distribuzione;
- per il materiale non contenente amianto, proveniente da scavo tradizionale, tramite trasporto via terra e successiva movimentazione fra le vasche di colmata con l'utilizzo di nastri trasportatori.

Il volume di colmata è suddiviso, procedendo da levante verso ponente, nelle tre vasche denominate rispettivamente A1, A2 (o "piarda") ed A3, delimitate dai manufatti di compartimentazione realizzati nell'ambito del Lotto 5. Il riempimento della conterminazione avverrà secondo la sequenza definita nel progetto della cantierizzazione. Nel dettaglio osservando una sezione trasversale della colmata, si possono identificare i seguenti strati costituiti da differenti tipologie di materiale:

- sul fondale è posta in opera l'impermeabilizzazione della colmata (costituita da geomembrana + geotessile);
- da fondale esistente alla quota di -1.00 m (slm): riempimento con materiale amiantifero;
- dalla quota di -1.00 m alla quota di +0.30 m (slm) è posto in opera il materiale non amiantifero;
- alla quota di +0.30 m è posto in opera lo strato di impermeabilizzazione superficiale (geomembrana + geotessile) che viene saldato ed unito allo strato impermeabile posto in opera prima del riempimento;
- dalla quota di +0.30 alla quota di +1.75 viene posto in opera materiale non amiantifero.
- dalla quota di +1.75 m, localmente, è prevista la realizzazione di un rilevato con materiale non amiantifero, di seguito chiamato duna.

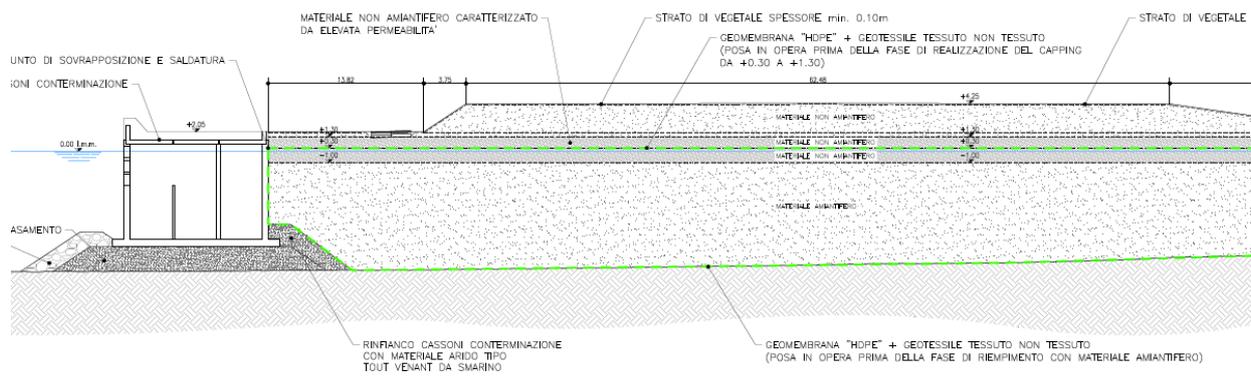


Figura 2-14. Stralcio di sezione raffigurante gli strati della colmata

Nella fase di riempimento si avrà cura di fissare i geosintetici alla sommità dei singoli argini. Il progetto identifica le differenti e possibili modalità di fissaggio della geomembrana+geotessile.

3 CARATTERISTICHE DEL SITO

L'area di Cornigliano ha subito, a partire dagli anni 40, un intenso intervento antropico che ha progressivamente modificato questo tratto di mare; le indagini geognostiche effettuate, unitamente alle notizie storiche relative alle diverse fasi di costruzione ed ampliamento dell'aeroporto di Genova, hanno comunque consentito di ricostruire la distribuzione dei diversi litotipi ed i loro reciproci rapporti geometrici.

Si è provveduto infatti in prima fase a reperire tutti i dati disponibili (presso Enti o privati all'interno dell'area in esame) e successivamente alla realizzazione di una apposita campagna di indagini mirata alla definizione degli aspetti di maggiore interesse stratigrafico, ingegneristico ed ambientale (caratterizzazione litologica e geotecnica delle diverse formazioni, prelievo di campioni per analisi meccaniche e chimiche, ecc.).

I dati pregressi disponibili utili all'inquadramento geologico e geomorfologico dell'area in esame sono stati ricavati dai seguenti documenti:

- Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000: Foglio 82 . Genova (1971);
- Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (Progetto CARG): Foglio 213 Genova (2008) e sezioni 213-2 Genova e 213-3 Pegli scala 1:25.000;
- Documentazione inerente la cartografia geologia, i Piani di Bacino ed il dissesto presente sul sito della Regione Liguria <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it>;
- Progetto IFFI. Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia presente sul sito <http://www.ispra.it>;
- Atlante cartografico geologico del territorio del Comune di Genova consistente in cartografia geologica, geomorfologica ed idrogeologica in scala 1:10.000 del territorio comunale.

Sono stati analizzati poi i seguenti documenti:

- indagini geognostiche recuperate da progetti pubblici e privati (forniti da Comune di Genova, Ansaldo, Autorità Portuale, etc) ed indagini recuperate da D'Appollonia in sede di PE per la caratterizzazione dell'area;
- campagna di indagine appositamente eseguita a nel 2011 all'interno del canale di calma e sul rilevato aeroportuale;
- campagna di indagine condotta in area ILVA nel 2015 per la progettazione dello slurrydotto.
- sondaggi presenti nella banca dati consultabile sul Geoportale della Regione Liguria (<https://geoportal.regione.liguria.it/>), nella quale sono riportate le stratigrafie sommarie o le scansioni delle stratigrafie originali di centinaia di sondaggi realizzati sul territorio regionale. Sono state analizzate alcune centinaia di sondaggi realizzati nell'area costiera di Pegli, Sestri Ponente, Cornigliano e Sampierdarena; di questi, circa 150 hanno fornito indicazioni sulla natura del substrato roccioso al di sotto dei sedimenti quaternari e dei riporti antropici che costituiscono la piana costiera.
- sondaggi effettuati nell'ambito del Progetto definitivo della nuova calata ad uso cantieristica navale all'interno del Porto Petroli di Genova Sestri Ponente e della sistemazione idraulica del Rio Molinassi+ (Autorità Portuale di Genova - COCIV, 2014); documento D_0_R003_B disponibile sul sito Valutazioni Ambientali del Ministero dell'Ambiente (<http://www.va.minambiente.it/>).
- Indagini geofisiche a riflessione appositamente eseguite per il progetto esecutivo nei mesi di ottobre-novembre 2018. Tali indagini comprendono stendimenti effettuati sia a terra sia in mare, nel canale di calma, esternamente alla diga foranea e nel porto petroli, finalizzate alla ricostruzione tridimensionale del tetto del substrato roccioso.

Le indagini geognostiche eseguite direttamente per l'opera a mare e lo slurrydotto, sono state effettuate, come previsto dalla norma vigente, sulla base di un progetto redatto in maniera multidisciplinare (geologico-geotecnico e ambientale).

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite e raccolte è riportata nelle tavole 110729-LL05-PE-DG-GEO-00000-00000-D-GEO0002 e 110730-L10B-PE-DG-GEO-00000-00000-D-GEO0002.

Sulla base delle attività conoscitive e di tutti i dati raccolti, è stato ricostruito il quadro geologico dell'area di studio descritto negli elaborati GEO0002, GEO0007 e GEO0008 che contengono:

- la planimetria di ubicazione indagini a scala 1:5000;
- la planimetria con la batimetria del tetto del substrato roccioso a scala 1:5000 e la litologia del substrato riscontrato nei sondaggi;
- il profilo geologico longitudinale (a scala orizzontale 1:5000 e verticale 1:500 ed 1:5000) e la linea sismica B (a scala 1:5000)
- tre profili trasversali (a scala orizzontale 1:5000 e verticale 1:500 ed 1:5000).

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'Opera a Mare è collocata nel Canale di Calma, specchio acqueo compreso fra la Diga Foranea e il rilevato dell'aeroporto di Genova, che si estende dal bacino di Multedo ad ovest al torrente Polcevera ad est.

Morfologicamente l'area è caratterizzata da una stretta fascia pianeggiante, parallela alla costa, che passa bruscamente ai rilievi montuosi retrostanti sempre molto acclivi, talora aspri, che raggiungono quote superiori ai 700 metri s.l.m. L'area pianeggiante è stata rimodellata da interventi antropici e dai riempimenti che si effettuarono nel dopoguerra per far spazio agli impianti siderurgici di Cornigliano e al rilevato su cui è collocato l'aeroporto di Genova.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da torrenti montani, a prevalente andamento nord-sud, con versanti spesso a forte acclività, fondovalle incassati e strette fasce alluvionali. L'unico corso d'acqua con un fondovalle più sviluppato è il Torrente Polcevera la cui foce si colloca nel settore più orientale del canale di calma. All'interno del "Porto Petroli", tra il rilevato dell'aeroporto di Genova e la terraferma, si trovano inoltre le foci dei Torrenti Chiaravagna e Varenna, che risultano quindi parzialmente separate dall'area dell'Opera a Mare.

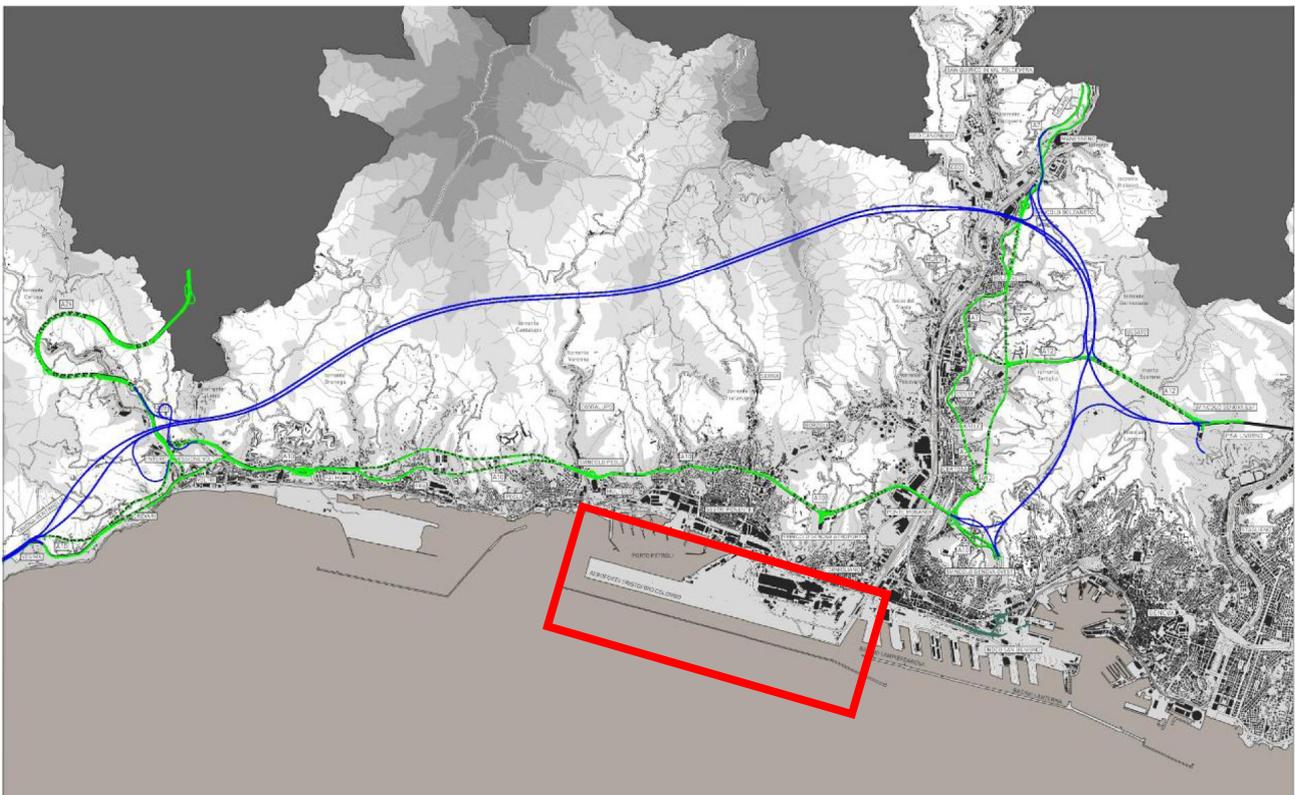


Figura 3-1 Corografia del tracciato e area interessata dall'Opera a Mare

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico l'area in esame si inserisce in un settore di grande complessità strutturale, che tradizionalmente giustappone il dominio orogenico alpino a quello appenninico, descritto in letteratura come "nodo collisionale ligure" (Laubscher et al., 1992).

Procedendo da ovest verso est, sono riconoscibili tre settori con caratteristiche geologiche e strutturali peculiari:

- il Gruppo di Voltri;
- la Zona Sestri Voltaggio;
- Il Dominio dei Flysch Appenninici, costituito da differenti unità tettoniche e tettonometamorfiche impilate con vergenza europea (circa E-W allo stato attuale).

L'area di progetto è interessata principalmente dalla presenza di formazioni appartenenti al Gruppo di Voltri, con unità costituite da prevalenti calcescisti e prasiniti (metabasiti), ma anche da subordinate rocce di origine mantellica quali serpentiniti e peridotiti (Unità Alpicella, Unità Ortiglieto, Unità Palmaro-Caffarella, Unità Voltri-Rossiglione). Nella zona orientale si riscontrano invece formazioni appartenenti al Gruppo Sestri. Voltaggio, con le Unità Tettonometamorfiche Gazzo - Isoverde e Figogna, oltre a depositi tardo e post orogenici.

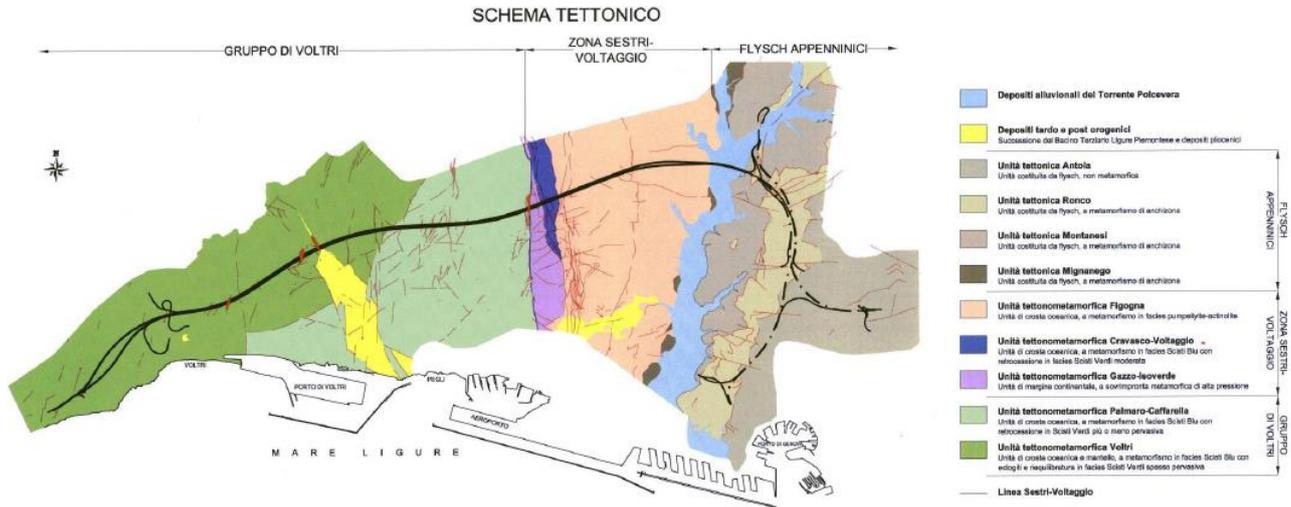


Figura 3-2 Schema tettonico dell'area di studio (da Progetto CARG modificato)

Sono state tracciate le prosecuzioni a mare delle numerose unità geologiche affioranti lungo la costa (Figura 3-3).

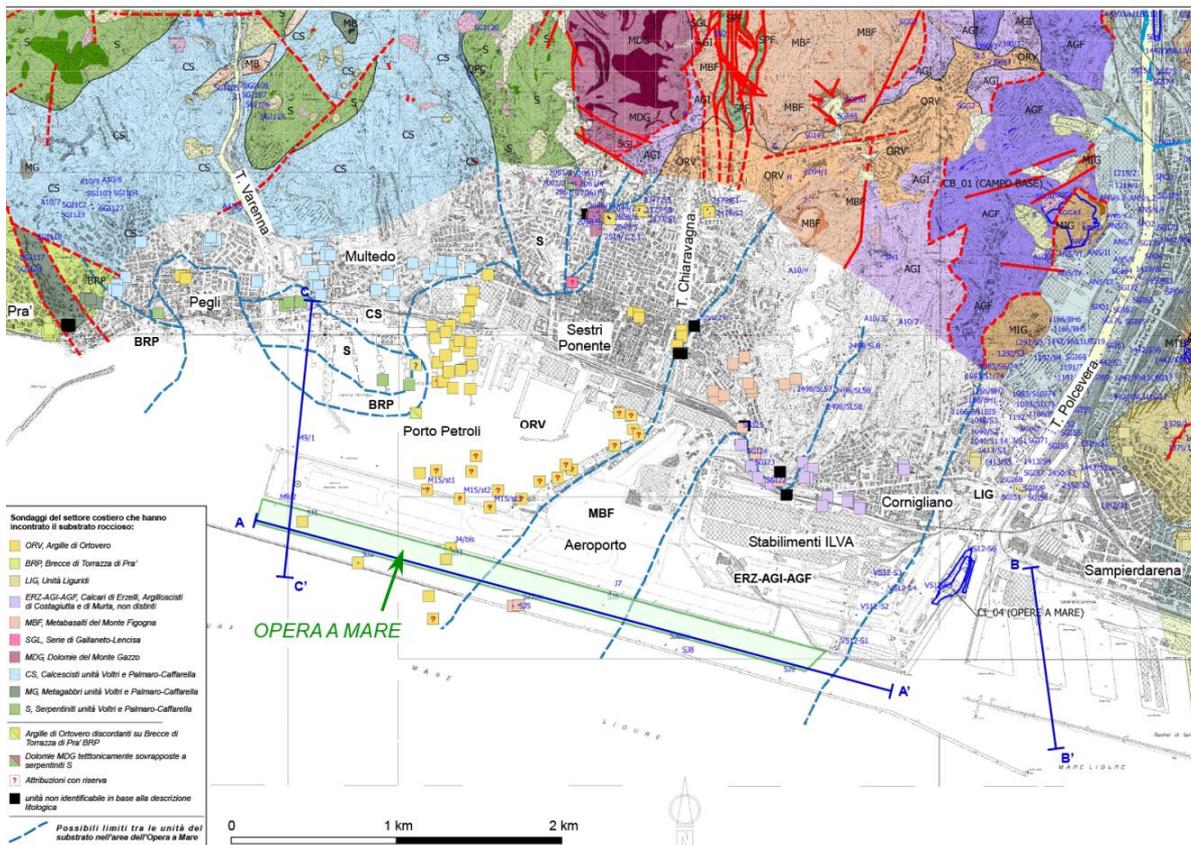


Figura 3-3 Andamento a mare delle numerose unità geologiche affioranti lungo la costa

Si riporta di seguito una breve descrizione delle interpretazioni determinate dalle indagini geognostiche, rimandando alla Relazione Geologica (cfr. elaborato 110729-LL05-PE-DG-GEO-00000-00000-R-GEO0001 e 110730-L10B-PE-DG-GEO-00000-00000-R-GEO0001) per un inquadramento completo.

3.2.1 Descrizione sintetica delle unità geologiche principali presenti nell'area dell'Opera a mare

I risultati delle indagini geognostiche condotte in corrispondenza dell'Opera in progetto consentono l'individuazione delle formazioni del substrato roccioso e di tre tipologie di deposito non lapideo, distinguibili su base granulometrica:

- terreni a prevalente frazione sabbioso . limosa
- terreni a prevalente frazione ghiaiosa
- terreni a prevalente frazione argillosa

In funzione delle caratteristiche granulometriche, sedimentologiche e paleontologiche è possibile ipotizzare che il primo sia riferibile a depositi prevalentemente marini misti a depositi transizionali, mentre il secondo sia attribuibile ai depositi alluvionali del torrente Polcevera. Anche i depositi alluvionali sfumano verso terreni a prevalente frazione sabbioso . limosa. Il terzo gruppo di terreni, quelli a prevalente componente argillosa, possono invece essere attribuiti alla Formazione delle Argille di Ortovero che, nonostante siano di età pliocenica, nei sondaggi presentano caratteristiche non lapidee.

I dati derivanti dai sondaggi indicano che i depositi così individuati non presentano una continuità laterale estesa a tutta l'area di indagine e, conseguentemente, i rispettivi spessori sono diversi nel settore orientale rispetto a quelli riscontrabili nel settore occidentale del canale.

L'andamento dei limiti tra le diverse unità del substrato roccioso nella zona interessata dall'Opera a Mare è stato ricostruito qualitativamente sulla base dell'assetto geologico dei primi rilievi immediatamente alle spalle della costa, proiettando verso mare i limiti e le strutture geologiche principali.

Dalla ricostruzione effettuata il substrato roccioso, nell'area interessata dall'Opera a Mare, risulta articolato nella seguente maniera:

Settore occidentale

Al di sotto dei depositi marini, sono presenti sedimenti argillosi pliocenici (Argille di Ortovero). Questa unità, che affiora sui primi rilievi collinari alle spalle di Sestri Ponente (Borzoli), è stata incontrata da numerosi sondaggi al di sotto dell'area urbana di Sestri Ponente e nel settore del Porto Petroli. I depositi argillosi consolidati, qui attribuiti alle Argille di Ortovero, sono stati inoltre attraversati dai sondaggi realizzati nella parte occidentale del Canale di Calma (SJ1, SJ2, SJ3, SJ4). Nell'area in esame, le Argille di Ortovero poggiano in discordanza su diverse unità.

- “ nel settore tra Pegli, Multedo e area Fincantieri a Sestri Ponente, le Argille di Ortovero poggiano sui calcescisti e sulle serpentiniti delle Unità tettono-metamorfiche Voltri e Palmaro- Caffarella, incontrati da diversi sondaggi al di sotto dei sedimenti della fascia costiera. In questo settore, in corrispondenza dei moli del Porto Petroli, la documentazione consultata riporta la presenza di brecce/conglomerati poligenici a clasti di serpentiniti, metabasiti e metasedimenti. Queste rocce sono state incontrate dai sondaggi BH2 e BH3 e descritte come *“brecce tettoniche costituite da livelli di oficalci, metabasalti, metagabbri, metasedimenti e serpentiniti...”*. La presenza di rocce conglomeratiche a clasti di rocce *“verdi”* (in prevalenza serpentiniti) e calcescisti, recuperate durante i dragaggi effettuati nei fondali dell'attuale Porto Petroli, è anche segnalata nella relazione allegata alle indagini per la costruzione del Porto Petroli (documento APE0003, Allegato D), dove sono interpretate come depositi oligocenici. Queste rocce clastiche sono state attribuite all'unità delle Brecce di Torrazza di Praa (BRP), che affiora lungo la costa tra Pegli e Praa (dorsale del Bric Castellaccio).
- “ a NW di Sestri Ponente (settore di Villa Rossi), i depositi pliocenici poggiano sulle successioni carbonatiche dell'Unità tettono-metamorfica Gazzo-Isoverde (Dolomie del M.Gazzo e Serie di Gallaneto Lencisa), che costituiscono la diretta prosecuzione verso mare degli estesi affioramenti che costituiscono il Monte Gazzo, situato immediatamente alle spalle della piana costiera, sul versante destro della Val Chiaravagna.
- “ sul versante sinistro del Torrente Chiaravagna, le Argille di Ortovero poggiano sui Metabasalti del Monte Figogna, che costituiscono la dorsale collinare di Erzelli che separa la piana costiera di Sestri

Ponente a Ovest dalla bassa valle del Polcevera a Est.

Le indagini geofisiche a riflessione (Linee G, B ed H in GEO0007 e GEO008) mostrano, in questo settore la presenza di un canyon profondamente inciso nel substrato lapideo (presumibilmente si tratta della paleo-valle del Torrente Chiaravagna) con profondità che raggiungono 350-400 m, riempito da sedimenti. In particolare, procedendo dalla superficie del mare fino a profondità comprese fra -50 e -100 m si nota la presenza di livelli planari in discordanza sui depositi più antichi.

Nel settore interno al Porto Petroli, la linea E (rif. in GEO0007 e GEO008) mostra un disturbo nella risposta sismica presumibilmente attribuibile a fenomeni di degassazione (presumibilmente questo fenomeno è attribuibile alla presenza di materiale organico all'interno dei depositi pliocenici/quadernari; ma non si può escludere che sia attribuibile alla presenza di anidride carbonica o di altre tipologie di gas).

Settore centrale

Il corpo di Metabasalti del Figogna che costituisce la collina di Erzelli prosegue verosimilmente verso mare interessando il settore centrale dell'aeroporto e dell'Opera a Mare, come confermato dai sondaggi Sj5 e Sj5b che hanno incontrato i metabasalti al di sotto di circa 30 m di sedimenti marini quadernari e dalle indagini geofisiche a riflessione (Linee H, B e G in GEO0007 e GEO008).

Settore orientale

Nel settore orientale dell'area su cui andrà a insistere l'Opera a Mare, il substrato roccioso è invece costituito dalle successioni meta-sedimentarie dell'Unità tettono-metamorfica Figogna (Calcarei di Erzelli, Argilloscisti di Costagiutta, Argilloscisti di Murta). Litotipi riferibili a queste successioni sono stati incontrati in sondaggio in diversi punti del settore costiero di Cornigliano, in particolare lungo il tracciato della ferrovia Genova-Ventimiglia in corrispondenza degli stabilimenti ILVA.

Più a Est, appena al di fuori dell'area direttamente interessata dalla realizzazione dell'Opera a Mare, il substrato roccioso su cui poggiano i sedimenti quadernari è verosimilmente costituito dalle successioni appartenenti alle Unità Liguridi interne (Argilliti di Mignanego, Argilliti di Montanesi e Formazione di Ronco), che affiorano sui primi rilievi collinari ai due lati del T. Polcevera.

Le indagini geofisiche effettuate, in particolare la linea G (rif. in GEO0007 e GEO008) esterna al canale di calma mostrano, nella porzione di sinistra, la presenza di un contrasto nelle caratteristiche di risposta del substrato. In particolare, in base a tale contrasto è legittimo ipotizzare che sul lato ad ovest siano presenti materiali massicci a comportamento più omogeneo (Metabasalti del Monte Figogna), mentre ad est i riflettori indicano la presenza di un substrato con una stratificazione (Metasedimenti del Calcarei di Erzelli e/o degli Argilloscisti di Murta e del Costagiutta).

Anche questo settore mostra la presenza di paleovalle, meno incise rispetto a quella del Chiaravagna, colmate da depositi meno definiti attribuibili a sedimenti alluvionali più grossolani. Verosimilmente, il canyon del Torrente Polcevera si è sviluppato più ad E rispetto alle aree indagate dalla geofisica, al di fuori dell'area di interesse progettuale.

L'analisi delle stese di geofisica a riflessione ha consentito la ricostruzione tridimensionale del tetto del substrato lapideo rappresentato nella figura seguente.

Nell'area compresa tra il Porto Petroli di Genova e la foce del Polcevera è possibile riconoscere, procedendo da W verso E, un canyon nel basamento in corrispondenza della foce del Torrente Chiaravagna; già all'interno dell'area portuale il tetto del substrato si colloca a 200 m rispetto al livello del mare (lo spessore dei depositi sciolti raggiunge i 180 m circa). In quest'area si colloca la prosecuzione in mare della linea Sestri- Voltaggio, sulla quale è legittimo ipotizzare che si sia imposta la paleo-valle della quale stiamo parlando.

Nella parte centrale dell'area in esame, è invece presente la prosecuzione verso mare dello spartiacque costituito dal Monte Figogna - Bric Teiolo, intercettato dai sondaggi Sj5 ed Sj5bis. La dorsale, allungata in direzione NE-SW, ha un andamento articolato, con un avvallamento evidenziato dalla linea sismica 8 (sezione geologica D-Dq nell'elaborato GEO0008).

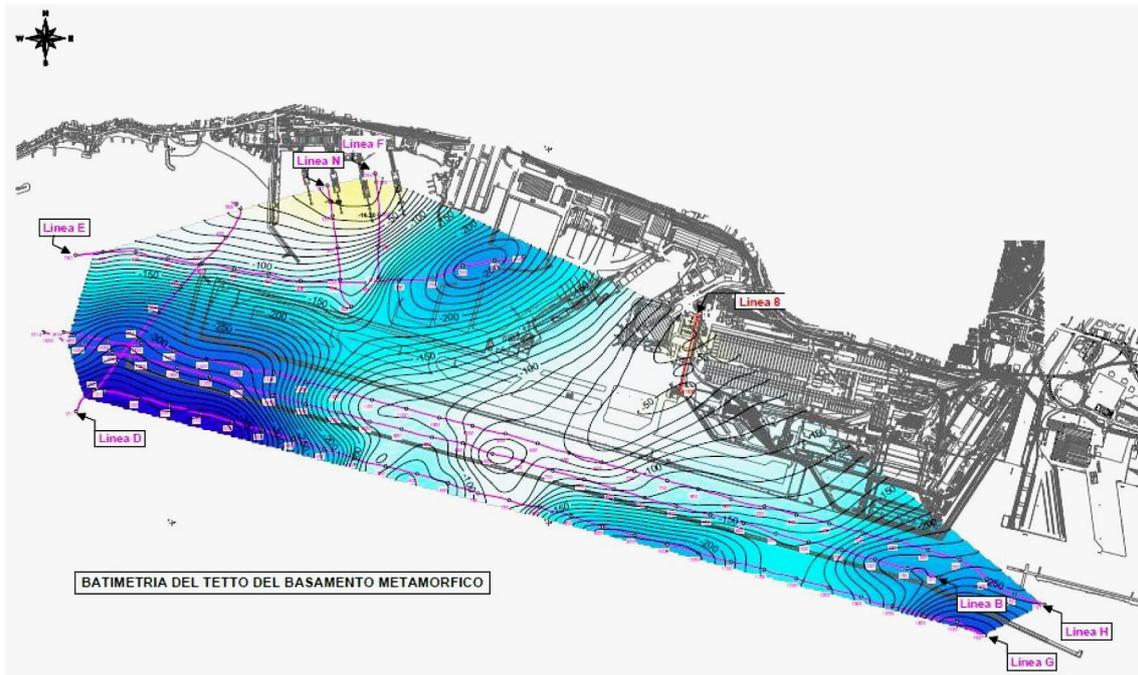


Figura 3-4 Batimetria del tetto del substrato lapideo ricostruito sulla base della sismica a riflessione

3.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La caratterizzazione dei terreni di fondazione dell'area è stata eseguita utilizzando:

- Le indagini geotecniche eseguite nell'area propedeuticamente alla redazione del Progetto Definitivo (periodo 2010);
- Le indagini geotecniche eseguite negli anni precedenti, in un arco temporale compreso tra il 1960 ed il 2013.

Preliminarmente allo sviluppo del Progetto Definitivo è stata eseguita una campagna di indagine geognostica comprendente sia sondaggi a carotaggio continuo sia prove in foro classiche (SPT e CPT) e sismiche (CrossHole). L'indagine ha investigato sia i terreni ubicati in prossimità del sedime di fondazione dell'opera a mare e anche lungo la pista aeroportuale esistente.

Il quadro conoscitivo è stato completato dalla disponibilità di ulteriori dati pregressi e di archivio sull'area, riferiti a progetti sviluppati nell'area in un periodo compreso tra il 1960 ed il 2013, ubicate principalmente in corrispondenza dell'edificio aeroportuale, dell'attuale darsena per nautica da diporto, del terminale petroli entrambi ubicati a nord dell'attuale pista aeroportuale e limitrofamente al canale di Calma. Le verticali d'indagine disponibili, pari complessivamente a circa 80 punti, sono costituite sia da sondaggi a carotaggio continuo (caratterizzati da profondità comprese tra i 10 m ed i 60 m) sia da prove in sito che di laboratorio. Pregio delle informazioni disponibili è anche quello di fornire una caratterizzazione dei terreni costituenti i fondali in condizioni vergini, oltre a quello di identificare le proprietà del riempimento costituente la pista aeroportuale ed i terreni di fondazione.

Per quanto riguarda la caratterizzazione stratigrafica, in accordo ai contenuti dell'elaborato di Progetto Esecutivo, Relazione di caratterizzazione geotecnica (110729-LL05-PE-DG-GTA-00000-00000-R-APE0001 e 110730-L10B-PE-O2-GTA-00000-00000-R-APE0001), si distinguono le seguenti unità geotecniche per i terreni presenti in sito:

- Unità A: rappresenta il materiale di fondale; essa è costituita da sabbie (57% in media) limose (34% in media) a debole componente argillosa (6% in media) e ghiaiosa (2% in media) con contenuto d'acqua compreso tra 17% e 46% e peso di volume compreso tra 17.6 kN/m³ e 19.9 kN/m³ (con media pari a 18.8 kN/m³);
- Unità B: è costituita da alternanze di sabbie fini limose e limi sabbiosi e si presenta mediamente addensata; l'alternanza è osservabile dall'analisi del contenuto di fine (120 risultati dalle prove di

laboratorio) che presenta una variabilità compresa tra 6% e 89% senza particolare dipendenza dalla profondità. L'analisi descrittiva mostra che il valore più frequente del contenuto di fine si attesta intorno al 39%. Il contenuto d'acqua risulta compreso tra 4% e 74% mentre il peso di volume risulta compreso tra 17.3 kN/m³ e 21.3 kN/m³ (con media pari a 18.75 kN/m³). L'unità B è caratterizzata da una elevata variabilità dei parametri di deformabilità, si considera per tale unità una matrice prevalentemente sabbiosa, caratterizzata da un valore medio caratteristico del modulo di Young di 42 MPa. All'interno dell'unità sono presenti tuttavia sottostrati di natura maggiormente limosa, che non condizionano il comportamento generale drenato dell'unità geotecnica B; in ottica cautelativa si considera per il calcolo dei cedimenti anche uno scenario caratterizzato dal valore minimo dovuto alla deviazione standard, corrispondente a un modulo di Young di 15 MPa.

- Unità C: è costituita da una sabbia media con percentuale di fine compresa tra 4% e 57%; il valore più frequente di CF è 25% ed è prevalentemente costituito dalla frazione limosa. Il contenuto d'acqua è compreso tra 15% e 32% e peso di volume compreso tra 18.3 kN/m³ e 21.9 kN/m³ (con media pari a 19.4 kN/m³);
- Unità D: è costituita da una ghiaia e sabbia con percentuale di fine compresa tra 5% ed il 10%; il valore medio di CF è 8%. Il contenuto d'acqua è compreso tra 9% e 37% e peso di volume compreso tra 18.4 kN/m³ e 23.5 kN/m³ (con media pari a 20 kN/m³);
- Unità E: è costituita da un limo (60%) ed argilla (20%) in percentuali variabili a seconda della profondità e della posizione planimetrica; la frazione di fine complessiva è compresa tra 43% e 100% con media pari a 85%. Il limite liquido è compreso tra 23 e 55 con media pari a 42, il limite plastico è compreso tra 18 e 30 con media pari a 25 e l'indice di plasticità è compreso tra 4 e 26 con media pari a 16. Il contenuto d'acqua è compreso tra 20% e 46% e peso di volume compreso tra 17.6 kN/m³ e 21.1 kN/m³ (con media pari a 19.5 kN/m³);
- Unità F: è costituita da rocce meta basaltiche ed è stata rinvenuta solamente presso il sondaggio SJ5 lungo la sezione stratigrafica G-G. Tale unità è individuata a una profondità di circa 27 m dal fondale;
- Unità G: è costituita da un limo (65%) sabbioso (20%) con argilla (10%) in percentuali variabili a seconda della profondità e della posizione planimetrica; la frazione di fine complessiva è compresa tra 52% e 98% con media pari a 76%. Il contenuto d'acqua è compreso tra 16% e 49% e peso di volume compreso tra 17.3 kN/m³ e 19.6 kN/m³ (con media pari a 18.3 kN/m³).

Di seguito si riepilogano i principali risultati della caratterizzazione geotecnica e dei profili stratigrafici ottenuti (cfr. elaborati 110729-LL05-PE-DG-GTA-00000-00000-D-APE0004: Planimetria ubicazione indagini geotecniche e sezioni; 110729-LL05-PE-DG-GTA-00000-00000-R-APE0005-0007: Sezioni stratigrafiche geotecniche; 110730-L10B-PE-O2-GTA-00000-PL000-D-0903, Planimetria ubicazione indagini geotecniche e sezioni, e 110730-L10B-PE-O2-GTA-00000-SZT00-D-0904-0906, Sezioni stratigrafiche geotecniche).

Tabella 3-1 Parametri caratterizzazione geotecnica

Unità stratigrafica	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	E (MPa)	DR (%)	Cu (kPa)	c' (kPa)
A	18.8	32	5	33		
B	18.7	34	15-42	46		
C	19.4	34	78	47		
D	20.0	35	95	51		
E	19.5	35	47	48	102	10
G	18.3	32	41	31	80	8
R	20	36	71	50		

3.4 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

3.4.1 La Relazione di Caratterizzazione Ambientale

La caratterizzazione del fondale è stata effettuata in fase di progettazione definitiva ed è contenuta nell'elaborato del Progetto Definitivo APG0006-1 (Relazione di caratterizzazione ambientale) ed è presente in modo sintetico negli elaborati integrativi di Progetto Esecutivo, (110729-LL05-PE-DG-PGT-00000-00000-R-AMB-0011-0 e 110730-L10B-PE-DG-PGT-00000-00000-R-AMB-0107-1). Si riassumono di seguito le attività di indagine condotte ed i principali risultati.

La descrizione delle caratteristiche chimiche dei sedimenti deriva dalle analisi svolte sui campioni prelevati dai sondaggi precedentemente descritti; nella seguente tabella per ogni sondaggio vengono presentate le profondità di prelievo dei campioni destinati alle analisi chimiche.

Tabella 3-2 Campioni ambientali su cui sono state eseguite le analisi chimiche

Campione ambientale	SJ1	SJ2	SJ3	SJ5	SJ6	SJ8	SJ9
CA1	0,50-1,0 m Limo grigio scuro debolmente sabbioso e sabbia fine grigio scura da debolmente limosa a limosa	0,50-1,0 m Trovante e ghiaia; scoglio	1,00-1,40 m Sabbie, grigio-grigio scuro, da fini a medio fini, localmente limose	0,50-1,0 m Trovante e ghiaia scogliera	0,50-1,0 m Limo nerastro sabbioso	0,50-1,0 m Argilla debolmente limosa nerastra	0,70-1,00 m Argilla debolmente limosa nerastra con rari elementi di ghiaia
CA2	2,70-3,00 m Sabbia fine grigio scura da debolmente limosa a limosa	2,80-3,00 m Trovante e ghiaia; scoglio	2,80-3,00 m Sabbie, grigio-grigio scuro, da fini a medio fini, localmente limose	2,50-2,90 m Trovante e ghiaia scogliera	2,70-3,00 m Sabbie fini grigio scuro debolmente limose	3,60-4,00 m Sabbia fine con limo grigia	2,70-3,00 m Argilla debolmente limosa nerastra con rari elementi di ghiaia
CA3	5,50-6,0 m Sabbia fine grigio scura da debolmente limosa a limosa	4,50-4,85 m Sabbie grigie limose	5,00-5,30 m Sabbie, grigio-grigio scuro, da fini a medio fini, localmente limose	5,00-5,20 m Limi sabbiosi grigi	5,40-5,60 m Sabbie fini grigio scuro con aumento della frazione limosa	5,00-5,40 m Sabbia fine con limo grigia	5,50-5,80 m Sabbia fine grigia con limo
CA4	8,40-8,80 m Sabbia fine grigio scura da debolmente limosa a limosa	8,00-8,50 m Limi e sabbie limose grigie con raro ghiaino	8,00-8,30 m Sabbie, grigio-grigio scuro, da fini a medio fini, localmente limose	8,00-8,40 m Limi sabbiosi grigi	8,40-8,60 m Sabbie fini grigio scuro con aumento della frazione limosa	7,00-7,20 m Limo sabbioso da argilloso a debolmente argilloso, grigio	8,50-8,80 m Limo argillo-sabbioso grigio

Come si può osservare, per ogni sondaggio sono stati prelevati 4 campioni a diverse profondità, in modo da caratterizzare i principali orizzonti sedimentari dei fondali. I campioni più profondi sono relativi ad un orizzonte di circa 8-9 m, ritenuto sufficiente a rappresentare condizioni attribuibili al fondo naturale o comunque a condizioni preindustriali.

I campioni CA1 dei sondaggi situati lungo il margine aeroportuale (SJ1, SJ3 e SJ6) sono rappresentativi degli strati limosi superficiali, con l'eccezione del punto SJ3 ove il campione è stato prelevato nell'orizzonte sabbioso per l'impossibilità di campionare lo strato sovrastante. Gli altri campioni (CA2, CA3 e CA4) sono tutti riferiti allo strato sabbioso sabbie fini con componenti limose, seppur a differenti profondità.

Nel caso dei sondaggi situati lungo la diga foranea invece solo i campioni superficiali dei sondaggi SJ8 e SJ9 sono rappresentativi dei sedimenti a granulometria fine presenti in superficie, gli altri due essendo collocati all'interno della struttura di imbasamento della scogliera. I campioni più profondi sono invece ricavati all'interno di strati sabbiosi o limosi a seconda delle caratteristiche stratigrafiche del sondaggio.

Dall'analisi visiva l'argilla ed il limo superficiali appaiono di colore nerastro+ciò in genere è tipico di sedimenti fini, soggetti ad accumulo di sostanze organiche ove prevalgono condizioni di deficit di ossigeno e quindi la degradazione delle sostanze organiche è essenzialmente svolta da batteri anaerobi obbligati o facoltativi che

portano alla formazione di composti ridotti (es. solfuri). È una situazione che si riscontra spesso in ambienti portuali o in zone a debole ricambio.

Il riferimento alla profondità del campione ed alla granulometria dello stesso riveste una notevole importanza nell'interpretazione dei dati chimici; è infatti noto in letteratura che generalmente i contenuti di elementi in traccia sono più elevati nelle zone ove sono predominanti le frazioni fini, in quanto queste hanno una maggiore capacità di adsorbire le sostanze presenti in soluzione e accumularle nel sedimento.

Per questo motivo spesso gli standard di qualità dei sedimenti vengono messi in relazione al contenuto di pelite (la frazione con granulometria inferiore a 60 micron) o del contenuto di carbonio organico, anch'esso in grado di intrappolare le sostanze organiche di sintesi presenti in soluzione, specialmente quelle non polari, a bassa solubilità in acqua. La profondità del campione invece, come è intuibile, è generalmente un indicatore dell'età del sedimento e quindi è utile per discriminare i contributi di elementi di origine antropica da quelli di origine naturale; è infatti possibile che alcuni elementi siano presenti con concentrazioni naturali (cui si riferisce abitualmente con il termine %fondo naturale+) con valori molto diversi a seconda del luogo e delle loro caratteristiche mineralogiche; tanto che a livello nazionale APAT¹ prevede vengano definiti valori di riferimento locali (Livelli Chimici di Base locali) per i sedimenti delle diverse aree costiere.

I risultati delle indagini condotte nel Canale di Calma sui principali inquinanti inorganici e organici nei sedimenti, con i relativi limiti normativi di riferimento (mg/kg s.s.), sono riportati nella tabella che segue.

¹ APAT ICRAM (2008) Manuale per la movimentazione di sedimenti marini.

Tabella 3-3 Risultati delle analisi dei principali inquinanti inorganici e organici nei sedimenti del canale di calma (mg/kg s.s.) e limiti normativi di riferimento

	Antimonio	Arsenico	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo totale	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Vanadio	Zinco	Idroc. aromatici	IPA	Idroc. leggeri C<12	Idroc. pesanti C>12
Colonna B (D.Lgs. 152/206)	30	50	10	15	250	800	5	500	1000	600	15	350	250	1500	100	100	250	750
SJ1-CA1	0,580	3,560	0,150	0,010	17,260	124,390	0,390	290,470	30,670	26,970	0,060	4,210	59,030	139,330	<0,01	0,009	<0,01	6,070
SJ1-CA2	0,690	12,480	0,120	0,540	20,610	210,070	0,360	338,940	27,490	18,970	0,100	2,600	85,560	135,350	<0,01	0,001	0,020	2,360
SJ1-CA3	0,830	12,090	0,160	<0,01	14,110	117,610	0,440	199,510	5,910	17,170	0,050	1,590	68,300	131,690	<0,01	<0,001	<0,01	28,710
SJ1-CA4	0,150	10,040	0,160	<0,01	15,750	144,160	0,120	213,120	6,110	18,090	0,070	0,790	65,960	87,880	0,030	<0,001	0,060	1,890
SJ2-CA1	0,400	2,660	0,240	0,040	4,270	20,900	1,650	30,570	20,370	20,430	0,100	0,280	17,380	65,330	<0,01	0,016	<0,01	67,270
SJ2-CA2	0,050	5,770	0,200	0,020	4,060	20,660	0,140	33,670	7,390	24,120	0,110	1,220	4,930	77,090	0,060	<0,001	0,180	7,950
SJ2-CA3	1,080	10,850	0,170	<0,01	17,010	107,020	0,090	219,880	9,720	23,630	0,050	1,900	57,600	132,220	<0,01	<0,001	<0,01	23,050
SJ2-CA4	0,250	15,730	0,130	<0,01	15,150	126,880	0,190	176,810	4,910	17,230	0,070	3,210	64,670	122,110	<0,02	<0,001	0,010	11,390
SJ3-CA1	1,500	6,120	0,180	0,160	6,950	33,840	0,820	54,750	138,980	44,590	0,070	3,940	42,160	140,090	<0,03	0,005	0,020	275,090
SJ3-CA2	1,310	10,150	0,080	<0,01	13,650	57,480	0,090	166,630	8,770	15,950	0,040	0,450	43,040	117,950	<0,04	0,007	<0,01	2,010
SJ3-CA3	0,520	4,620	0,130	<0,01	13,080	80,220	0,200	186,530	7,740	16,190	0,220	0,670	52,920	123,390	<0,05	0,001	0,010	4,210
SJ3-CA4	0,410	11,060	0,190	<0,01	16,070	161,790	0,740	249,710	9,910	16,460	0,080	0,210	71,580	110,950	0,010	<0,001	0,150	21,140
SJ5-CA1	0,460	6,570	0,310	0,100	10,830	10,350	0,360	56,930	17,590	16,020	0,150	1,540	22,600	73,110	<0,01	0,001	<0,01	32,550
SJ5-CA2	0,350	5,220	0,200	0,040	6,520	52,640	0,220	67,460	19,080	16,960	0,140	0,940	32,220	57,090	<0,02	<0,001	0,040	46,350
SJ5-CA3	0,190	8,950	0,080	<0,01	12,010	48,450	0,160	130,130	6,540	16,230	0,040	1,650	38,950	50,310	<0,03	<0,001	<0,01	4,190
SJ5-CA4	0,890	14,670	0,130	<0,01	14,940	119,430	0,130	179,680	5,820	16,710	0,070	0,760	65,690	108,170	0,040	<0,001	0,110	34,550
SJ6-CA1	0,080	14,000	0,290	0,480	13,790	103,970	1,390	146,580	99,570	74,230	0,080	49,350	81,750	95,960	<0,01	0,244	<0,01	5081,470
SJ6-CA2	0,460	11,610	0,150	<0,01	12,300	63,530	0,220	127,370	7,810	17,800	0,040	1,690	51,210	66,100	<0,01	<0,001	<0,01	24,160
SJ6-CA3	0,430	11,480	0,210	<0,01	14,590	122,870	0,320	165,060	29,240	24,340	0,080	1,790	67,940	112,050	<0,01	0,001	<0,01	17,680
SJ6-CA4	0,370	12,080	0,120	<0,01	13,880	143,560	0,100	180,660	10,580	15,420	0,060	4,750	71,410	119,310	<0,01	<0,001	<0,01	88,060
SJ8-CA1	0,130	8,540	0,270	0,770	10,870	173,060	1,070	122,010	141,580	72,600	0,190	36,100	98,550	145,300	0,030	0,001	0,070	1971,700
SJ8-CA2	0,570	5,220	0,150	<0,01	12,290	42,650	0,200	108,570	9,570	23,680	0,050	0,840	47,580	92,300	<0,01	<0,001	<0,01	10,390
SJ8-CA3	0,080	9,660	0,150	<0,01	12,740	49,320	0,110	113,080	8,880	21,280	0,060	0,730	52,990	87,420	<0,01	<0,001	<0,01	25,630
SJ8-CA4	0,460	7,960	0,220	<0,01	13,020	76,340	0,520	135,650	9,350	23,910	0,080	1,280	53,220	79,080	<0,01	<0,001	<0,01	32,160
SJ9-CA1	0,280	5,710	0,260	0,490	12,690	20,310	0,490	69,490	91,370	66,240	0,080	10,140	40,170	74,560	<0,01	<0,001	<0,01	630,690
SJ9-CA2	0,480	7,230	0,360	0,540	14,410	82,720	2,780	112,550	122,570	94,370	0,170	1,110	133,100	131,100	<0,01	3,900	0,030	3039,650
SJ9-CA3	0,340	9,520	0,230	<0,01	19,070	69,630	0,190	169,920	35,720	38,960	0,110	1,950	56,760	125,270	<0,01	0,001	<0,01	70,310
SJ9-CA4	1,320	8,720	0,210	<0,01	18,070	57,360	0,130	144,660	14,840	44,610	0,130	0,770	44,090	89,690	<0,01	<0,001	<0,01	16,030

Per valutare lo stato di qualità dei sedimenti sono state condotte due tipologie di analisi. La prima è finalizzata a valutarne la pericolosità associata all'attività di colmata; la seconda è finalizzata a confrontare i dati sito specifici con informazioni ricavate in ambiti limitrofi evidenziando l'eventuale presenza di livelli di fondo naturali.

Per valutare la pericolosità i risultati delle indagini svolte sono stati confrontati con il limite normativo indicato dal D.Lgs. 152/2006 (allegato 5 del titolo V della parte quarta) per i suoli destinati ad uso industriale. Benché tale valore si riferisca a terreni emersi è stato ritenuto corretto un suo utilizzo essendo lo stesso da adottare per valutare il materiale da impiegare per la costruzione della colmata, che andrà realizzata sopra i fondali del canale di calma.

Come si può osservare, il superamento dei limiti tabellari riguarda esclusivamente la frazione pesante ($C > 12$) degli idrocarburi. In particolare tali composti sono presenti in modo diffuso lungo tutto lo strato superficiale e raggiungono le concentrazioni più significative nella parte più orientale del canale.

La presenza di tali composti è ragionevolmente attribuibile ad attività antropiche, come per altro riscontrato in molti ambiti portuali, e che le condizioni idrodinamiche, già descritte in precedenza, abbiano favorito l'accumulo in prossimità della foce del T. Polcevera.

Con lo scopo di confrontare i dati ottenuti dalle analisi del sedimento del canale di calma con informazioni ricavate in ambiti limitrofi, sono stati considerati i risultati delle indagini condotte in tre stazioni:

- Stazione 008 ubicata in ambito portuale in prossimità della sinistra idrografica della foce del T. Polcevera (Figura 3-5). I dati utilizzati si riferiscono al periodo 2008-2009.
- Stazione 802 ubicata alla bocca dell'area portuale di Multedo (Figura 3-6). I dati utilizzati si riferiscono al periodo 2009.
- Stazione POLS facente parte della rete di monitoraggio regionale dell'ecosistema marino gestita da ARPAL. Tale stazione è ubicata a circa un chilometro dalla costa in direzione sud est rispetto all'area di intervento (Figura 3-7), e può essere ragionevolmente considerata come indicativa di condizioni naturali essendo distante da potenziali fattori di pressione antropica. I dati utilizzati si riferiscono al periodo 2006-2009.

I risultati delle indagini in queste stazioni e nelle stazioni proprie del canale di calma, sono state confrontati tra di loro e sono stati confrontati con i valori limite previsti dal D.M. 56/2009 relativo alle acque superficiali e marino costiere e con i livelli chimici di base proposti da ICRAM che pur essendo relativi ad attività di movimentazione costituiscono un utile parametro di riferimento.

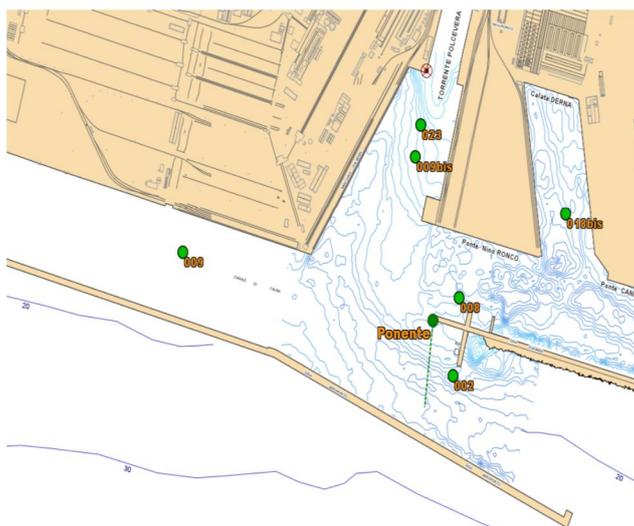


Figura 3-5 Stazioni di monitoraggio presenti nei pressi del canale di calma, area di levante del porto di Genova

Nella seguente tabella sono riportati i valori medi delle concentrazioni riscontrate e i sopracitati valori di riferimento.

Si può notare come per alcuni parametri i valori medi della stazione POLS superano i limiti previsti dal D.M 56/2009 ed i livelli chimici di base (LCB) proposti da ICRAM. In particolare cromo e nichel risultano particolarmente elevati. Ciò potrebbe indicare un arricchimento naturale dei sedimenti dovuto alle caratteristiche litologiche dei bacini imbriferi dei corsi d'acqua che sfociano nell'area di studio. Tale ipotesi trova una ragionevole conferma negli studi condotti da ARPAL sulle rocce che formano il Gruppo di Voltri². Tale studio, infatti, ha messo in luce l'elevato contenuto di cromo, nichel e cobalto nei suoli su ultramafiti (principale sorgente geochimica dei metalli pesanti) del Gruppo di Voltri, ed in particolare nelle serpentiniti del Gruppo di Voltri si raggiungono i 1.966 mg/kg s.s. di cromo, 2.533 mg/kg s.s. di nichel e 125 mg/kg s.s. di cobalto. Elevati valori di tali composti sono stati rilevati anche negli stream sediments e negli arenili originatisi dallo stesso gruppo litologico in cui si ritrovano fino a 1.731 mg/kg s.s. di cromo, 641 mg/kg s.s. di nichel e 27,6 mg/kg di s.s. di cobalto.

Tabella 3-4 Concentrazione dei principali metalli pesanti nel sedimento (mg/kg s.s.)

	D.M. 56/09	ICRAM (2006)	POLS (2006-2009)		Stazione portuale 008 (2008-2009)		Stazione portuale 802 (2009)
			media	dev.st.	media	dev.st.	media
Alluminio	-	-	-	-	13641	1546	16491
Arsenico	12	25	10,8	5,26	9,4	3,8	14,4
Cadmio	0,3	0,35	0,19	0,11	0,49	0,07	0,05
Cromo totale	50	100	201	93	115	40	340
Ferro	-	-	-	-	40797	4285	39163
Mercurio	0,3	0,4	0,24	0,06	0,53	0,21	0,11
Nichel	30	70	147	26	119	28	373
Piombo	30	40	199	242	108	9,8	27
Rame	-	40	41	10	85	25,8	24
Vanadio	-	-	40,5	4	39	4,3	42
Zinco	-	100	121	85	228	46	82

Elevate concentrazioni di cromo e nichel sono state trovate anche nelle due stazioni portuali e nel canale di calma con valori, in quest'ultimo, generalmente più elevati nei campioni profondi (medie di 118,5 mg/kg s.s. di cromo e 182,9 mg/kg s.s. di nichel) rispetto a quelli superficiali (medie di 69,6 mg/kg s.s. di cromo e 110,1 mg/kg s.s. di nichel). L'analisi statistica eseguita con un confronto tra le medie (test t di Student con livello di significatività $p < 0,05$; Figura 3-8) non ha messo in luce differenze significative tra lo strato superficiale e quello di fondo evidenziando così una buona uniformità nella distribuzione di tali composti nel sedimento, ulteriore conferma dell'origine naturale di tali composti.

Considerando altri parametri, si osservano differenze tra la stazione POLS e quelle portuali e tra le stesse stazioni portuali. Per quest'ultima in particolare la differente vivacità idrodinamica sembra essere la principale causa della dispersione di eventuali apporti di inquinanti antropici. È il caso per esempio di cadmio, piombo e rame pur evidenziando che per il piombo il dato ARPAL riportato in tabella risulta alto a causa di un outlayer relativo all'anno 2007.

² Dotti N., Beccaris G., Pucci V., Proposta di metodologia per la determinazione del fondo naturale ed esempio applicativo. Progetto realizzato dal Settore Geologia e Idrogeologia. Direzione Scientifica in collaborazione con i Dipartimenti ARPAL Provinciali di Genova, La Spezia e il DIP.TE.RIS dell'Università di Genova. Atti di convegno: settimana ambientale 2004.

Anche nei campioni del canale di calma sono state riscontrate concentrazioni superiori alla stazione POLS e comunque superiori ai valori limite considerati.

È osservabile inoltre che le concentrazioni maggiori sono distribuite nei campioni superficiali; la distribuzione difforme tra strato superficiale e profondo (ancorché solo ipotizzabile visto il limitato numero di campioni) porta ad ipotizzare che ci sia un significativo contributo di origine antropica e dunque legata ad attività deposizionali recenti.

A supporto dei ragionamenti sopraesposti è stata eseguita un'analisi di correlazione lineare tra le concentrazioni di tutti i composti misurate nel canale di calma.

Alti livelli di correlazione sono stati evidenziati tra gli idrocarburi pesanti (C>12), cadmio, piombo, rame e tra cromo, nichel, cobalto.

Considerando gli idrocarburi pesanti come tracciante della contaminazione di origine antropica, i risultati dell'analisi costituiscono una conferma della probabile origine antropica non solo degli stessi idrocarburi pesanti ma anche di cadmio, piombo e rame.

La fonte potrebbe essere attribuita all'attività siderurgica e alle attività portuali presenti nell'area di indagine.

I risultati inoltre sono in linea con quanto ipotizzato sulla base degli studi di ARPAL ovvero la possibile origine mineralogica di cromo, nichel e cobalto.

Questo aspetto assume una certa rilevanza ai fini della valutazione della biodisponibilità degli elementi in traccia poiché gli elementi incorporati nella matrice cristallina tendono a essere poco solubili nelle condizioni ambientali considerate e quindi a non essere rilasciate con facilità nella colonna d'acqua.

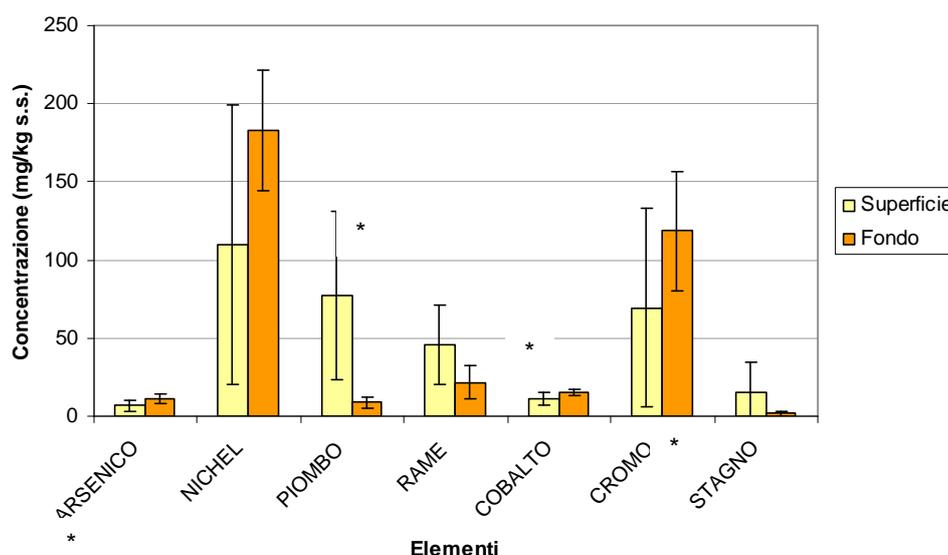


Figura 3-8 Differenze tra le concentrazioni medie e deviazione standard dei principali metalli pesanti rilevate nello strato superficiale e quelle rilevate nello strato profondo. La significatività statistica della differenza tra i due strati è indicata dall'asterisco (*)

Sebbene quindi la concentrazione media di nichel, cromo, piombo e cadmio superi i livelli chimici di base proposti da ICRAM, si può riconoscere una diversa origine di tali composti.

Infatti, le elevate concentrazioni di cromo e nichel sembrano dovute almeno in parte agli elevati livelli di fondo naturale presenti nell'area di progetto. Le elevate concentrazioni di piombo, cadmio, rame e idrocarburi pesanti sono invece riconducibili ad un'origine antropica. Complessivamente comunque tutti questi composti rimangono al di sotto dei limiti previsti dal D.Lgs.152/2006 colonna B ad eccezione degli idrocarburi pesanti (C>12).

Soprattutto non deve stupire, considerando che i valori in metalli pesanti indicano un arricchimento naturale dei sedimenti dovuto alle caratteristiche litologiche dei bacini imbriferi dei corsi d'acqua che sfociano nell'area

di studio. Tale ipotesi trova una ragionevole conferma per quanto riportato nel capitolo sulla caratterizzazione chimica dei terreni e negli studi condotti da ARPAL sulle rocce che formano il Gruppo di Voltri.

È già stato messo in luce l'elevato contenuto di cromo, nichel e cobalto nei suoli su ultramafiti (principale sorgente geochimica dei metalli pesanti) del Gruppo di Voltri; in particolare nelle serpentiniti dove si raggiungono concentrazioni superiori a 1.900 mg/kg s.s. di cromo, 2.500 mg/kg s.s. di nichel e 125 mg/kg s.s. di cobalto. Elevati valori di tali composti sono stati rilevati anche negli stream sediments e negli arenili originatisi dallo stesso gruppo. Riesaminando i dati ottenuti nelle stazioni situate lungo il canale di calma, si riscontrano valori del medesimo ordine di grandezza, con concentrazioni generalmente più elevate nei campioni profondi (medie di 118,5 mg/kg s.s. di cromo e 182,9 mg/kg s.s. di nichel) e inferiori nei campioni superficiali (medie di 69,6 mg/kg s.s. di cromo e 110,1 mg/kg s.s. di nichel).

I dati analitici riportati nella Tabella 3-5 sono relativi a Cromo, Nichel, Cobalto e Vanadio ricavati dall'indagine ambientale eseguita nel canale di calma. Tali elementi, come evidenziato nel paragrafo, sono caratteristici del fondo naturale di alcune rocce da scavo provenienti da ovest Polcevera.

Tabella 3-5 Dati analitici rilevati nei campioni prelevati nel canale di calma;

	Cr	Ni	Co	V
SJ1-CA1	124,39	290,47	17,26	59,03
SJ1-CA2	210,07	338,94	20,61	85,56
SJ1-CA3	117,61	199,51	14,11	68,3
SJ1-CA4	144,16	213,12	15,75	65,96
SJ2-CA1	20,9	30,57	4,27	17,38
SJ2-CA2	20,66	33,67	4,06	4,93
SJ2-CA3	107,02	219,88	17,01	57,6
SJ2-CA4	126,88	176,81	15,15	64,67
SJ3-CA1	33,84	54,75	6,95	42,16
SJ3-CA2	57,48	166,63	13,65	43,04
SJ3-CA3	80,22	186,53	13,08	52,92
SJ3-CA4	161,79	249,71	16,07	71,58
SJ5-CA1	10,35	56,93	10,83	22,6
SJ5-CA2	52,64	67,46	6,52	32,22
SJ5-CA3	48,45	130,13	12,01	38,95
SJ5-CA4	119,43	179,68	14,94	65,69
SJ6-CA1	103,97	146,58	13,79	81,75
SJ6-CA2	63,53	127,37	12,3	51,21
SJ6-CA3	122,87	165,06	14,59	67,94
SJ6-CA4	143,56	180,66	13,88	71,41
SJ8-CA1	173,06	122,01	10,87	98,55
SJ8-CA2	42,65	108,57	12,29	47,58
SJ8-CA3	49,32	113,08	12,74	52,99
SJ8-CA4	76,34	135,65	13,02	53,22
SJ9-CA1	20,31	69,49	12,69	40,17
SJ9-CA2	82,72	112,55	14,41	133,1
SJ9-CA3	69,63	169,92	19,07	56,76
SJ9-CA4	57,36	144,66	18,07	44,09

L'analisi delle correlazioni esistenti fra i diversi parametri ha evidenziato rapporti lineari significative tra un gruppo di metalli (cromo, nichel e cobalto) e, in misura minore, tra vanadio e zinco ed un altro gruppo di parametri (piombo, stagno, cadmio, rame e berillio) e gli idrocarburi a lunga catena (C>12). Considerando gli idrocarburi pesanti come tracciante di contaminazione di origine antropica, i risultati dell'analisi fanno ipotizzare che per questi metalli il contributo antropico sia significativo e da ricondursi alle fonti presenti nella zona, quali l'attività siderurgica e le attività portuali. In questo caso l'analisi della distribuzione degli analiti dei sedimenti a

diverse profondità evidenzia generalmente differenze significative con i valori maggiori riscontrati negli strati superficiali.

A completamento delle verifiche ambientali, è stata svolta un'analisi ecotossicologica eseguita dal Centro di Ricerca Ecocompatibilità Sicurezza Innovazione Sostanze Chimiche (CRESIS) - Laboratorio di Ecotossicologia, dell'Università di Genova e dal Centro per lo sviluppo della sostenibilità dei prodotti - CE.Si.S.P. dell'Università degli Studi di Genova (presente in allegato al documento di Progetto definitivo APG0006-1). Sebbene il progetto dell'opera a mare preveda la totale conterminazione dei materiali di scavo, lo studio ha riguardato l'analisi ecotossicologica su campioni di rocce rappresentativi delle principali litologie interessate dallo scavo meccanizzato (metabasalti, calcescisti e serpentiniti) e destinate al riempimento dell'opera a mare.

I campioni sono stati sottoposti a macinazione e sono stati utilizzati principalmente per test di ecotossicità e prove di bioaccumulo. Le analisi sono state effettuate utilizzando sia gli elutriati non diluiti e sia con diluizioni scalari degli stessi in quanto più rappresentativi di una situazione più realistica dei fenomeni che si verificano in natura.

Complessivamente sono stati eseguiti, per ciascun campione di materiale, i seguenti test:

- Matrice elutriato: due test di tossicità di cui uno a breve termine e uno a lungo termine, un test di bioaccumulo e tre determinazioni di biomarker;
- Matrice tal quale: un test di tossicità a lungo termine e un test di bioaccumulo.

Nei test di ecotossicità sulla matrice tal quale è stato impiegato il copepode marino *Tigriopus fulvus*, mentre per i test di bioaccumulo è stato impiegato il polichete marino *Nereididae*

Le prove di bioaccumulo sulla colonna d'acqua e le determinazioni dei biomarker, effettuate utilizzando il mollusco lamellibranco *Mytilus galloprovincialis*, sono state eseguite presso il laboratorio di fisiologia del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Genova. Le determinazioni analitiche dei metalli pesanti (Cr, Ni, Co, Cu, As) sugli organismi esposti sono state effettuate presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica e di Processo G.B. Bonino+ (DICHEP) dell'Università degli studi di Genova.

Dal complesso dei risultati ottenuti nel corso della sperimentazione, si può concludere che la tossicità dei campioni di rocce, sottoposte ad analisi ecotossicologica, si può definire non significativa nei confronti degli organismi utilizzati nei saggi; ciò si può affermare anche per quanto riguarda i test effettuati con *T. fulvus* su metabasalti e serpentiniti tal quale, ove, dopo 10 giorni di esposizione, si può notare una variazione di mortalità intorno al 10% che tuttavia è ritenuta poco rilevante per i crostacei (Bigongiari et al, 2001).

M. galloprovincialis ha mostrato di bioaccumulare, se pur moderatamente, cromo e nichel quando esposto ai metabasalti, e cromo nelle prove di esposizione alle calcescisti; i policheti hanno mostrato di accumulare soprattutto rame ed arsenico quando esposti a metabasalti, calcescisti e serpentiniti.

L'analisi dei biomarker ha evidenziato che per nessun campione è stato osservato un effetto significativo sulla stabilità delle membrane lisosomiali; tutti e tre i campioni mostrano effetti genotossici con gli elutriati non diluiti (100%) mentre con quelli diluiti l'effetto è risultato non significativo.

È opportuno ricordare che i dati ottenuti dall'analisi di biomarkers a livello cellulare e subcellulare rappresentano la misura di risposte biologiche precoci ed estremamente sensibili a sostanze eventualmente presenti nei campioni a concentrazioni che non provocano mortalità degli organismi e quindi sub-letali. Dalle analisi effettuate è risultato evidente che, in condizioni ambientali naturali, il possibile impatto biologico del rilascio di elementi potenzialmente tossici da parte di rocce di scavo su invertebrati marini, quali il mitilo, appare irrilevante.

3.4.2 Le CSC di progetto determinate tramite la elaborazione di un'Analisi di Rischio

Il Piano di Utilizzo delle Terre da scavo, approvato con Decreto n. 14268/2013 del MATTM, indica che i materiali da scavo derivanti dalla realizzazione dell'intervento saranno utilizzati all'interno dello stesso e specifica le modalità ed i dettagli del suddetto utilizzo; indica inoltre le quantità e le modalità di gestione delle terre e rocce che si originano nell'ambito della realizzazione dell'opera, nelle fasi di produzione, caratterizzazione, trasporto ed utilizzo, nonché il processo di tracciabilità dei materiali dai siti di produzione ai siti di deposito intermedio ed ai siti di destinazione. I materiali provenienti dall'escavazione delle gallerie

autostradali sono destinati ad essere principalmente riutilizzati per realizzare un riempimento a mare che consiste nell'allargamento dell'area aeroportuale.

Il Piano di Utilizzo disciplina le modalità di campionamento, valutazione, riconoscimento dei valori in concentrazione dei diversi tenori in amianto e nei metalli pesanti per i materiali di scavo, inquadrati come sottoprodotto, il cui riutilizzo è definito e certo nell'ambito della realizzazione della Gronda di Genova. Per la destinazione dello smarino, l'opera prevede che il contenuto di ogni silos e/o cumulo, nelle aree dedicate di deposito temporaneo e caratterizzazione, sia destinato sulla base della presenza di amianto, metalli e idrocarburi in concentrazione superiore o inferiore alla concentrazione soglia di concentrazione (CSC) stabilita dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. o alle CSC di progetto definite dall'Analisi di Rischio (cfr. elaborato APG0007 del Progetto Definitivo) elaborata per l'impiego degli scavi nell'ampianto a mare del rilevato aeroportuale.

La normativa prevede che l'utilizzo di terre e rocce provenienti da siti caratterizzati da uno o più superiori delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), indicate nella Tabella 1 (colonne A o B a seconda della destinazione d'uso) dell'Allegato 5 al Titolo V della parte quarta del D.Lgs. 152/06 e ss.mm., sia consentito (ai sensi del art. 184bis dello stesso Decreto) qualora non superino le soglie di qualità previste dal progetto di utilizzo dei materiali nel sito di destinazione. Tali soglie vengono stabilite a seguito di una Analisi di Rischio condotta sul sito di destinazione che dimostri che l'utilizzo del materiale non alteri negativamente le condizioni esistenti nel sito, né quelle previste a fine lavori, tenuto conto del suo effettivo utilizzo futuro.

I materiali escavati da Ovest Polcevera sono caratterizzati da valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti superiori alle CSC previste dalla normativa sopra menzionata, legati unicamente al contenuto di fondo naturale delle rocce attraversate. L'analisi di rischio (cfr. elaborato APG0007 del Progetto Definitivo), elaborata sulla base degli interventi previsti dal progetto e delle modalità operative di esecuzione degli stessi, ha stimato il rischio connesso definendo le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), o CSC di progetto, ossia i valori massimi di concentrazione nei materiali oltre ai quali potrebbe esistere un rischio sanitario ed ambientale per i futuri fruitori delle aree suddette, tenuto conto dell'effettivo utilizzo delle stesse, sia nella fase di cantierizzazione che ad intervento concluso.

I valori numerici delle CSC di progetto, in ppm, calcolate al termine dell'Analisi di Rischio elaborata per la destinazione dei materiali in opera a mare, sono riportati nella seguente tabella, ad integrazione delle CSC di cui alle colonne A e B, tabella 1, allegato 5 al Titolo V della parte IV del D.Lgs 152/2006.

Tabella 3-6 . Quadro sinottico degli analiti da ricercare

Linea analitica	Analita	CSC (Col. A)	CSC (Col. B)	CSR* o CSC di progetto
Metalli	Arsenico	20	50	358
	Cadmio	2	15	
	Cobalto	20	250	> 10 ⁶
	Nichel	120	500	> 10 ⁶
	Piombo	100	1000	
	Rame	120	600	> 10 ⁶
	Zinco	150	1500	
	Mercurio	1	5	
	Vanadio	90	250	
	Cromo totale	150	800	> 10 ⁶
Cromo VI	Cromo VI	2	15	
Idrocarburi	Idrocarburi C>12	50	750	
Amianto	Amianto	1000	1000	

* Concentrazioni Soglia di Contaminazione di Progetto definite dall'Analisi di Rischio (CSR) elaborate per i parametri Arsenico, Cobalto, Nichel, Rame e Cromo totale con riferimento alla destinazione dei materiali in opera a mare (elaborato APG0007)

Si evidenzia infine quanto riportato nel parere di approvazione del Piano di Utilizzo n. 1239 del 2013, emesso dalla CTIVIA: al fine di dimostrare il non peggioramento della qualità del sito di destinazione dei materiali, la ammissibilità del riutilizzo del materiale scavato nell'opera a mare è stata supportata, così come delineato dalla normativa nazionale e regionale, da un'Analisi di Rischio sanitario-ambientale; tale verifica è stata sviluppata in relazione al contenuto minero-chimico naturale potenzialmente superiore ai limiti di legge e ha mostrato la assenza di rischio per la salute umana e per le acque marine. A tale riguardo, si precisa che il parere della Regione Liguria, rilasciato ai sensi dell'art. 25 del D.Lgs 152/2006, di cui alla deliberazione della Giunta regionale n. 1345 del 11 Novembre 2011, recita quanto segue: Per quanto riguarda il previsto conferimento del materiale di escavo nella nuova colmata a mare prospiciente la attuale pista aeroportuale non si rilevano particolari criticità, alla luce delle seguenti considerazioni: (...) la compatibilità ambientale del riutilizzo dei materiali di scavo con il sito di destinazione è stata valutata attraverso un approccio del tipo Analisi di Rischio del tutto simile a quanto previsto dalla normativa regionale (DGR 955/2006) per il riutilizzo di sedimenti portuali: si ritiene tale approccio metodologico adeguato.

4 IMPERMEABILIZZAZIONE DELL'OPERA A MARE

Successivamente alla messa in opera sia dei cassoni cellulari, sia dei massi di serraglia si provvede alla costruzione del rinfiango. La realizzazione di tale opera ha il duplice beneficio di creare una superficie di appoggio per la messa in opera delle impermeabilizzazioni, sia per gestire il cuneo di spinta che il materiale di riempimento genera a tergo delle opere. Alla realizzazione e posa del rinfiango segue l'operazione di impermeabilizzazione dell'opera, rivestendo la superficie delle vasche sia di colmata (A1, A2 e A3) sia delle vasche W1 e W2, garantendo un coefficiente di permeabilità di 10^{-9} m/sec. Questo obiettivo è ottenuto con la stesa sull'intera superficie di un duplice telo geomembrana HDPE e geotessile tessuto non tessuto.

4.1 VASCHE W1 E W2

Con riferimento alle vasche W1 e W2, il rinfiango viene messo in opera a tergo dell'argine ponente che delimita il prolungamento a mare del Rio Secco, dell'argine levante della vasca W1, dell'argine di ponente e di levante della vasca W2 (questo al fine di gestire temporalmente la chiusura ambientale della vasca W2). La geometria del rinfiango risulta essere differente a seconda della porzione di opera in cui esso viene posto in opera.

Per quanto riguarda gli argini trasversali si adottano dei rinfianchi che coprono tutta l'altezza delle opere (cassoni o massi di serraglia) secondo quanto descritto dagli elaborati grafici di progetto (IDR0040, IDR0041, IDR0050, IDR0051).

Il materiale utilizzato per il rinfiango ha caratteristiche analoghe al tout-venant da cava, viene disposto in sito con un'inclinazione di 3/4, al fine di renderlo stabile durante la fase di costruzione.

Nella posa del rinfiango gli elementi di pezzatura più grossolana dovranno essere posti nelle zone interessate dai giunti tra cassoni.

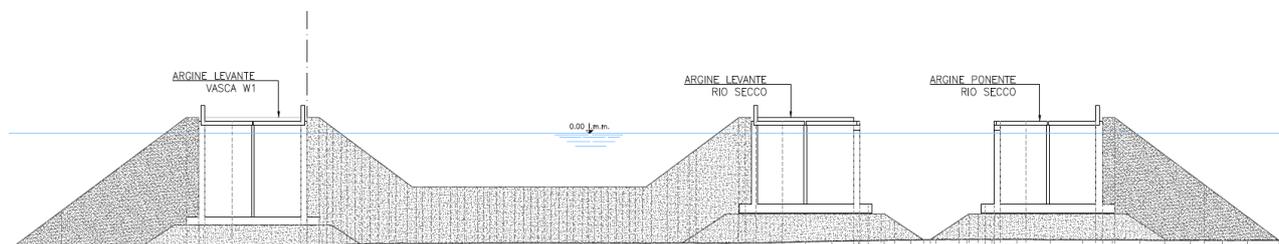


Figura 4-1. Sezione di rinfiango per opere della vasca W1-Rio Secco

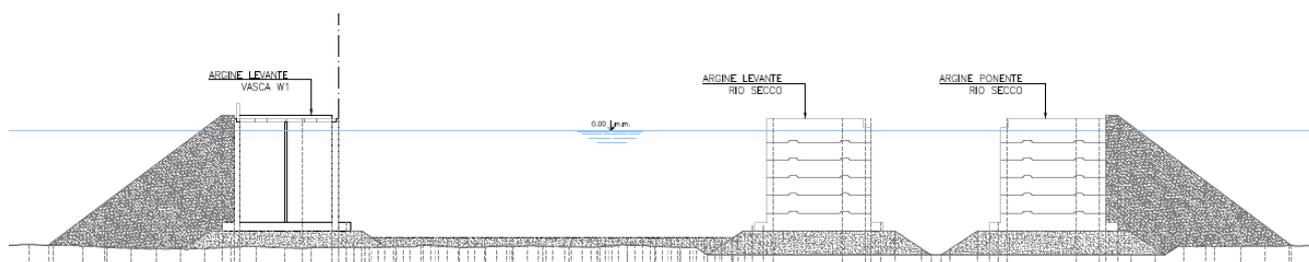


Figura 4-2. Sezione di rinfiango per opere della vasca W1-Rio Secco

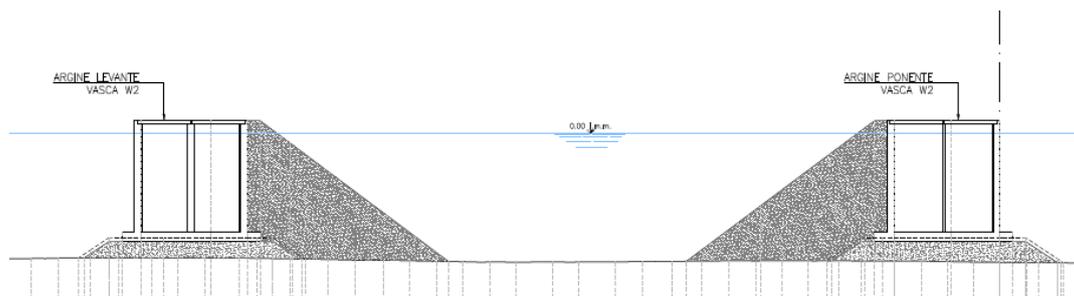


Figura 4-3. Sezione di rinfiango per opere della vasca W2

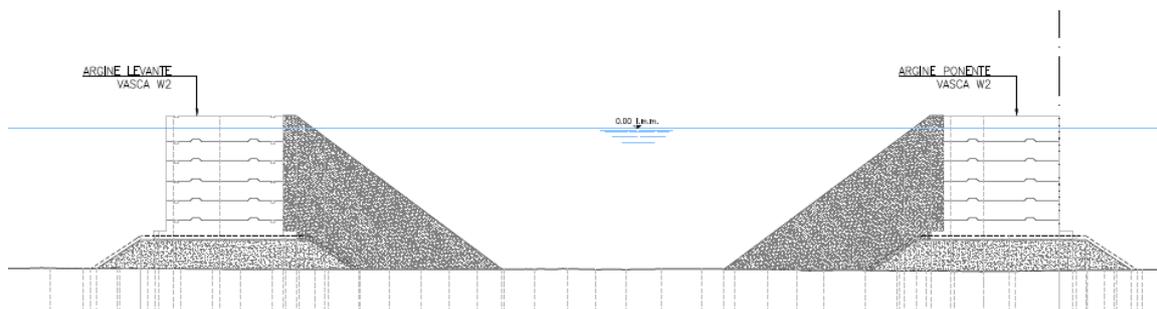


Figura 4-4. Sezione di rinfilanco per opere della vasca W2

Successivamente alla posa del rinfilanco si provvede alla stesa della geomembrana HDPE e di geotessile tessuto non tessuto. La geomembrana assolve alla funzione di impermeabilizzare l'opera (garantendo un coefficiente di permeabilità di 10^{-9} m/sec) e riveste completamente la superficie delle vasche W1 e W2.

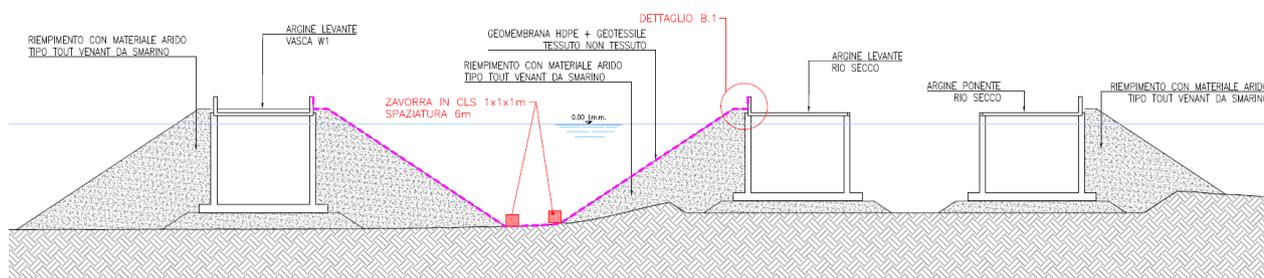


Figura 4-5. Sezione impermeabilizzazione della vasca W1

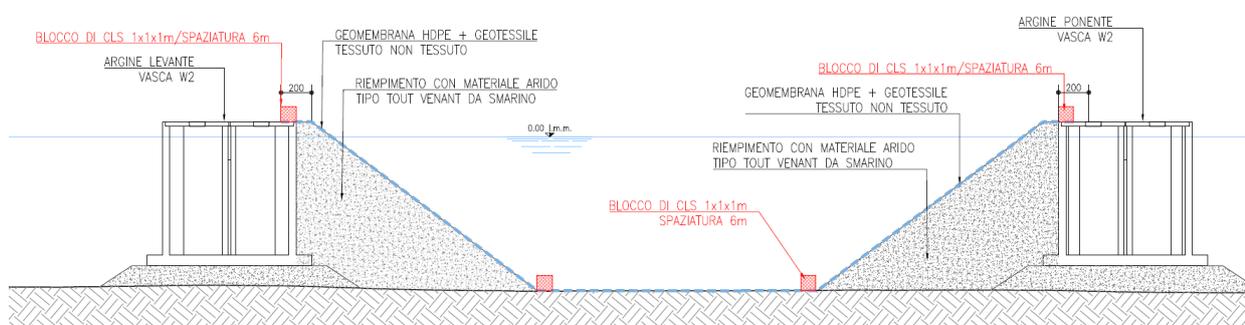


Figura 4-6. Sezione impermeabilizzazione della vasca W2

Il geotessile tessuto non tessuto viene disposto sopra la geomembrana e presenta la funzione di proteggere la geomembrana dalle successive operazioni di riempimento.

Al fine di semplificare le modalità di posa in opera dei geosintetici, geomembrana e geotessile tessuto non tessuto dovranno pervenire in cantiere già preassemblati.

Temporaneamente il pacchetto di geosintetici può essere fissato meccanicamente all'elemento verticale presente sulle lastre di copertura del cassone cellulare (ove presente), mentre nel caso del masso di serraglia o di cassoni privi di veletta verticale potrà essere fissato mediante l'utilizzo di blocchi di calcestruzzo.

I piani di posa del pacchetto geomembrana e geotessile tessuto non tessuto sono individuati dall'elaborato grafico IDR0058 e IDR0059.

4.2 VASCHE A1, A2 E A3

Il rinfilanco viene messo in opera a tergo delle sole opere di conterminazione. Il materiale utilizzato per il rinfilanco ha caratteristiche analoghe al tout-venant da cava, viene disposto in sito con una inclinazione di 3/4, al fine di renderlo stabile durante la fase di costruzione.

Nella posa del rinfiacco gli elementi di pezzatura piugrossolana dovranno essere posti nelle zone interessate dai giunti tra cassoni.

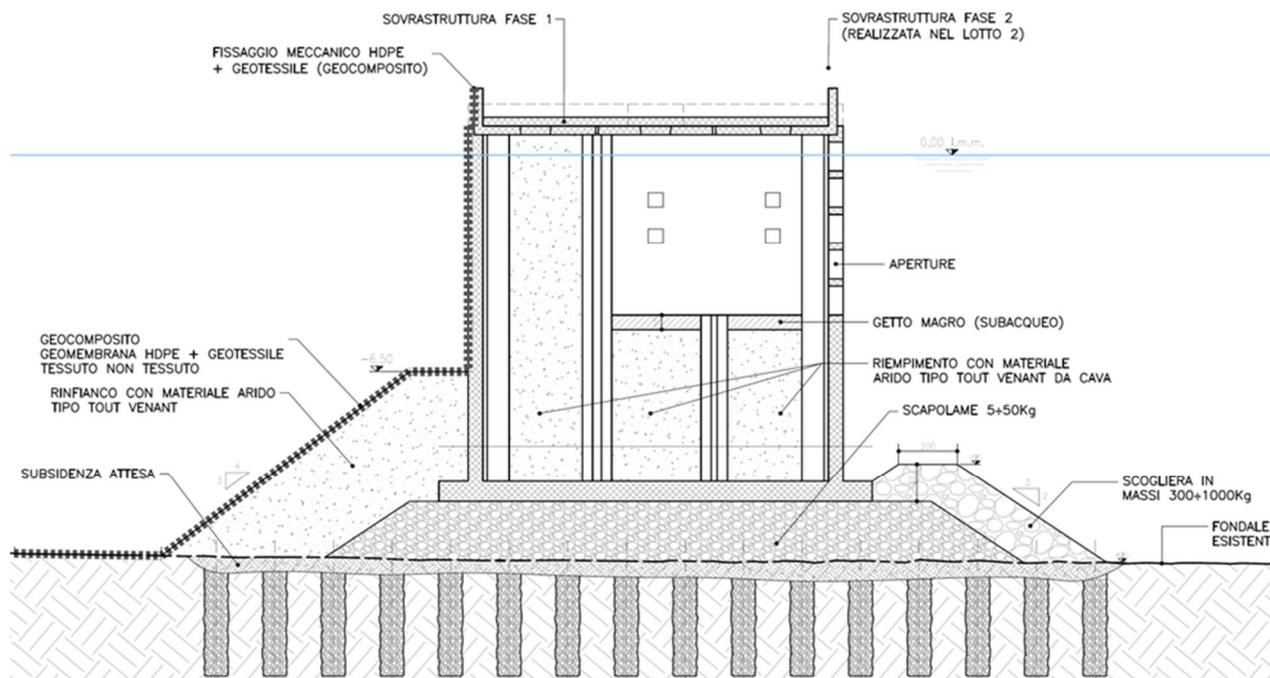


Figura 4-7. Sezione tipologica di rinfiacco (cassone cellulare e trattamento fondale rientrano nel Lotto 5)

Successivamente alla posa del rinfiacco si provvede alla stesa del geocomposito costituito sia da geomembrana HDPE e di geotessite tessuto non tessuto. La geomembrana assolve alla funzione di impermeabilizzare dell'opera (garantendo un coefficiente di permeabilità di 10^{-9} m/sec) e si estende sia sul fondale della vasca, sia sui lati che la delimitano (banchina aeroportuale esistente, opere di conterminazione e argini vasche W1 e W2).

La stesa del geocomposito ha il compito di garantire l'impermeabilizzazione delle vasche A1, A2 e A3.

Il geotessile tessuto non tessuto viene disposto sopra la geomembrana e presenta la funzione di proteggere la geomembrana dalle successive operazioni di riempimento.

Temporaneamente il pacchetto di geosintetici può essere fissato meccanicamente all'elemento verticale presente sulle lastre di copertura del cassone cellulare, mentre nel caso del masso di serraglia sarà fissato direttamente al masso prefabbricato. Completato il riempimento il geocomposito sarà rivoltato e saldato all'impermeabilizzazione delle vasche.

Locali interferenze con la rete di sfioratori che collega le singole vasche A1, A2, A3 con le vasche di sedimentazione W1 e W2 dovranno essere gestite utilizzando giunti standard.

I seguenti stralci di planimetria individuano l'estensione dell'area occupata dalla posa di geomembrana e geotessile tessuto non tessuto per le singole vasche.



Figura 4-8. Vasca A1 Stralcio Planimetrico con individuazione dell'area interessata dalla posa in opera della geomembrana HDPE +geotessile tessuto non tessuto

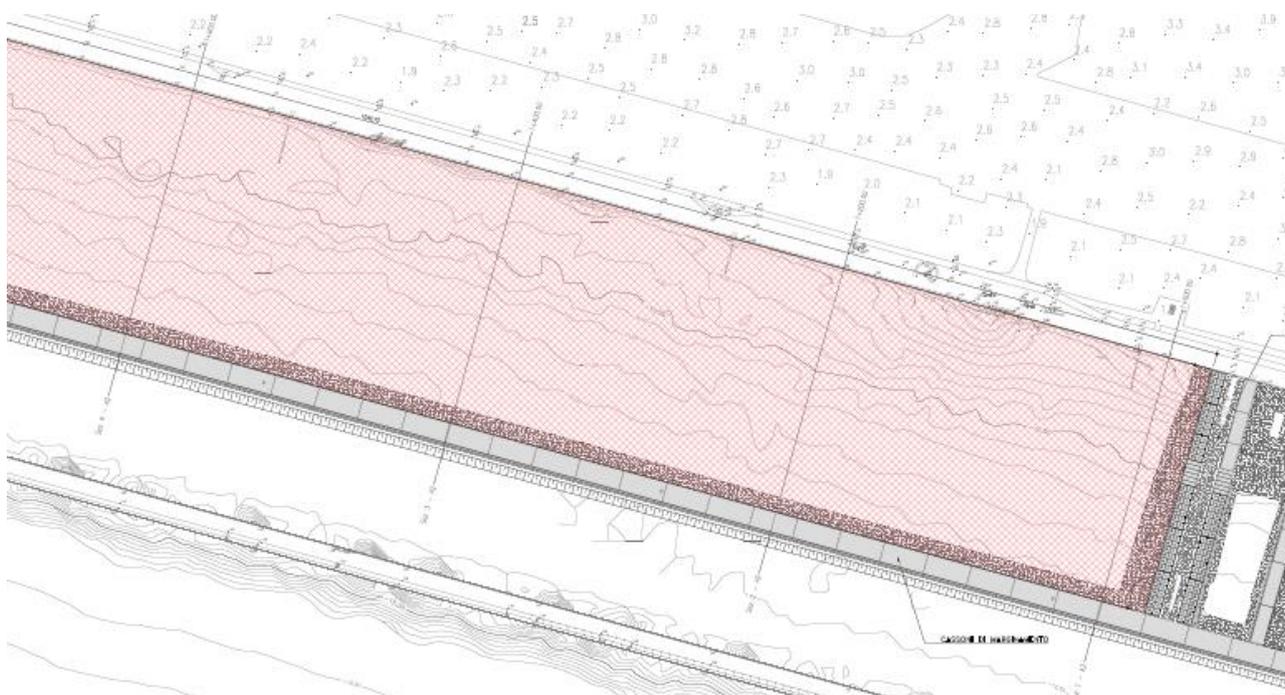


Figura 4-9. Vasca A2 Stralcio Planimetrico con individuazione dell'area interessata dalla posa in opera della geomembrana HDPE +geotessile tessuto non tessuto

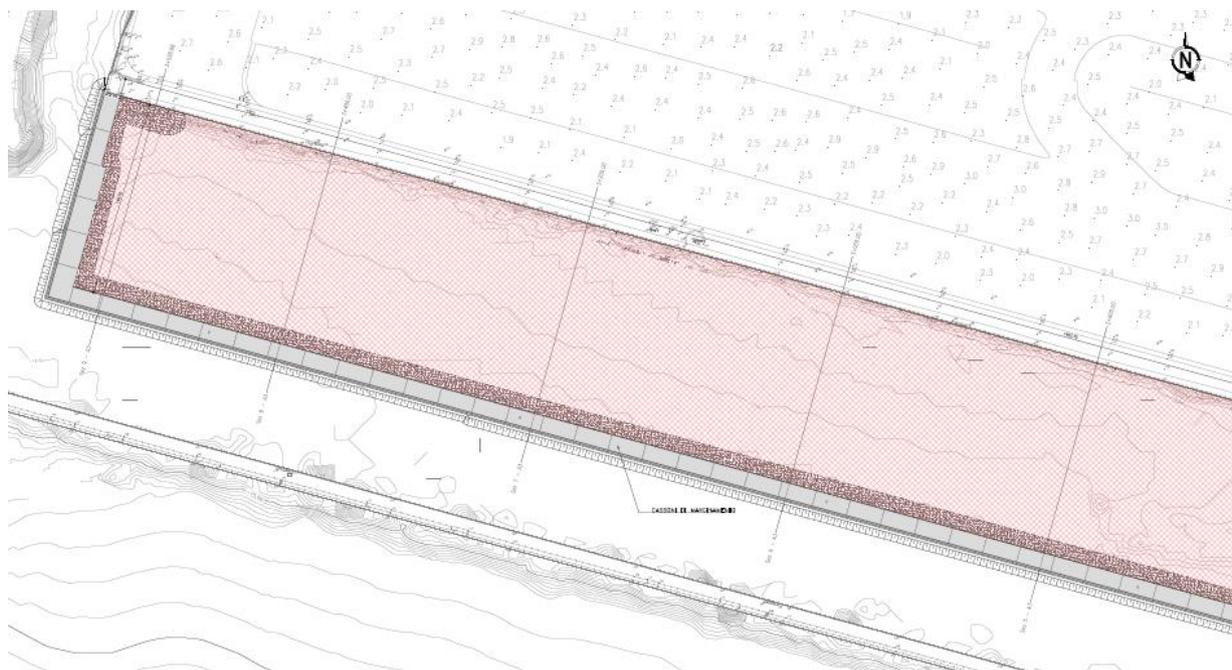


Figura 4-10. Vasca A3 Stralcio Planimetrico con individuazione dell'area interessata dalla posa in opera della geomembrana HDPE + geotessile tessuto non tessuto

Nella seguente sezione si riporta la tensione trasversale riguardante la posa della geomembrana e del geotessile.

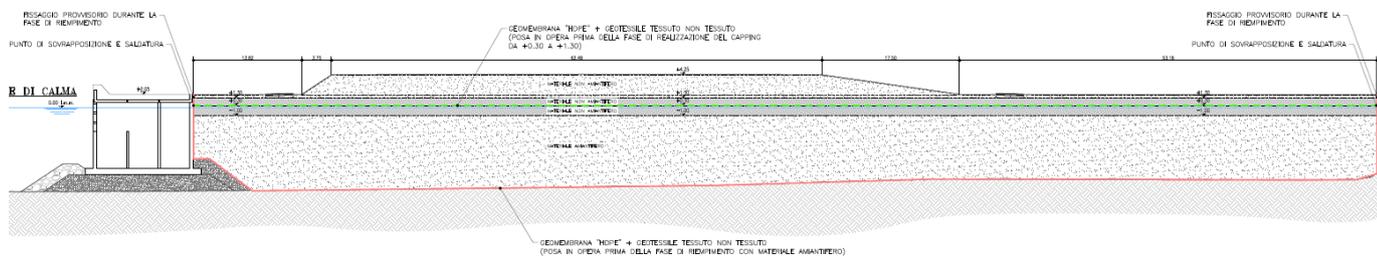


Figura 4-11. Sezione tipologica con individuazione della posa in opera della geomembrana HDPE + geotessile tessuto non tessuto

Nella fase di riempimento si dovrà avere cura di fissare i geosintetici alla sommità dei singoli argini. Il progetto identifica le differenti e possibili modalità di fissaggio della geomembrana+geotessile.

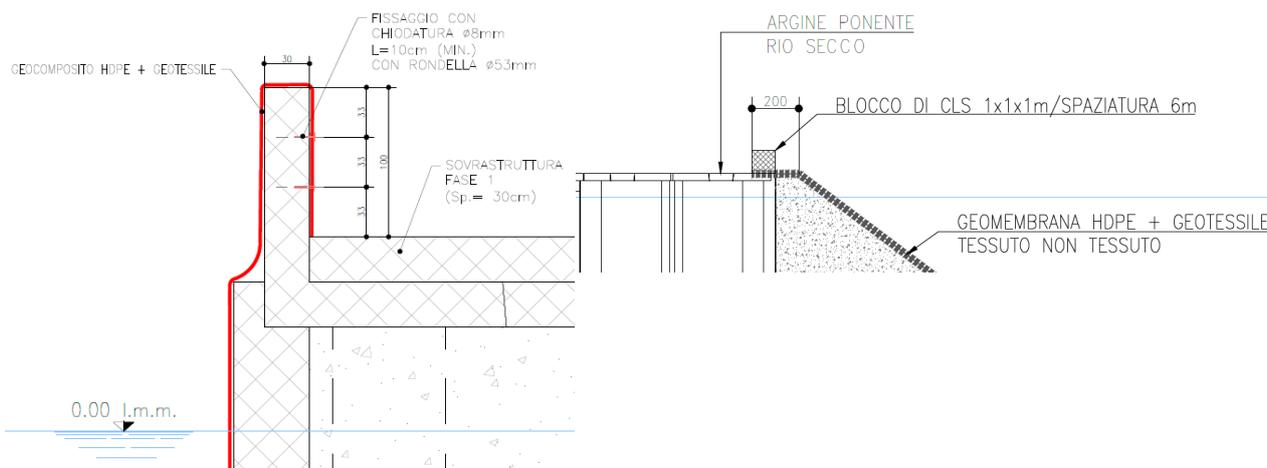


Figura 4-12. Esempi di dettaglio per il fissaggio geomembrana HDPE + geotessile tessuto non tessuto

4.3 CONFRONTO TRA PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

Fatta salva l'invarianza plano-altimetrica del Progetto Esecutivo delle opere rispetto a quanto previsto nel Progetto Definitivo, sono state introdotte alcune modifiche, finalizzate alla risoluzione di aspetti di dettaglio non affrontati nella precedente fase progettuale e all'ottimizzazione della fase di realizzazione dell'opera.

Tra le modifiche introdotte, nel seguito si richiama quella con effetti sull'impermeabilizzazione. Il Progetto Esecutivo prevede infatti

- la realizzazione di un cuneo di rinfianco in materiale selezionato a tergo della nuova banchina di conterminazione; ciò consente la posa continua del telo di impermeabilizzazione in HDPE che racchiude la colmata, a garanzia dell'effettiva conterminazione ambientale.
- le vasche sono state totalmente impermeabilizzate con l'uso di geomembrana e geotessile. In tal modo si evita di porre in opera la rete di sottocapping, che il progetto definitivo prevedeva di inserire al posto di un'impermeabilizzazione totale delle vasche ed al fine di intercettare le sovrappressioni che si generano nel riempimento durante la fase di costruzione del capping o delle extradune/dune;

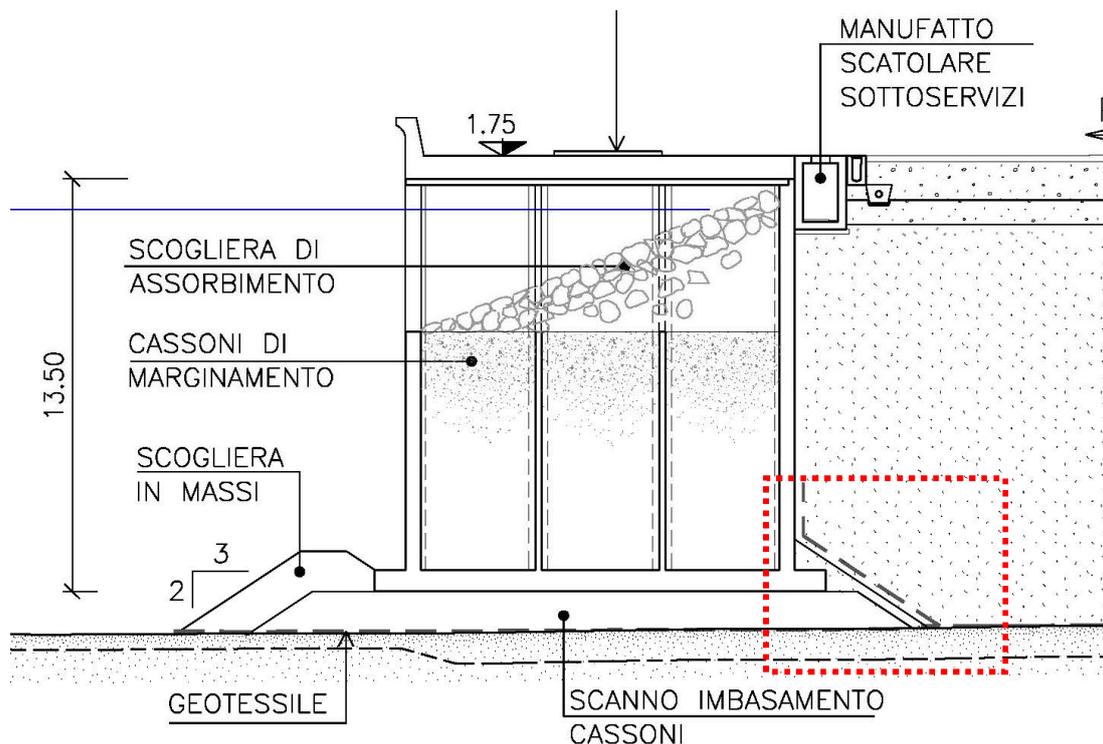


Figura 4-13. Sezione tipologica cassone con posa geomembrana Progetto Definitivo

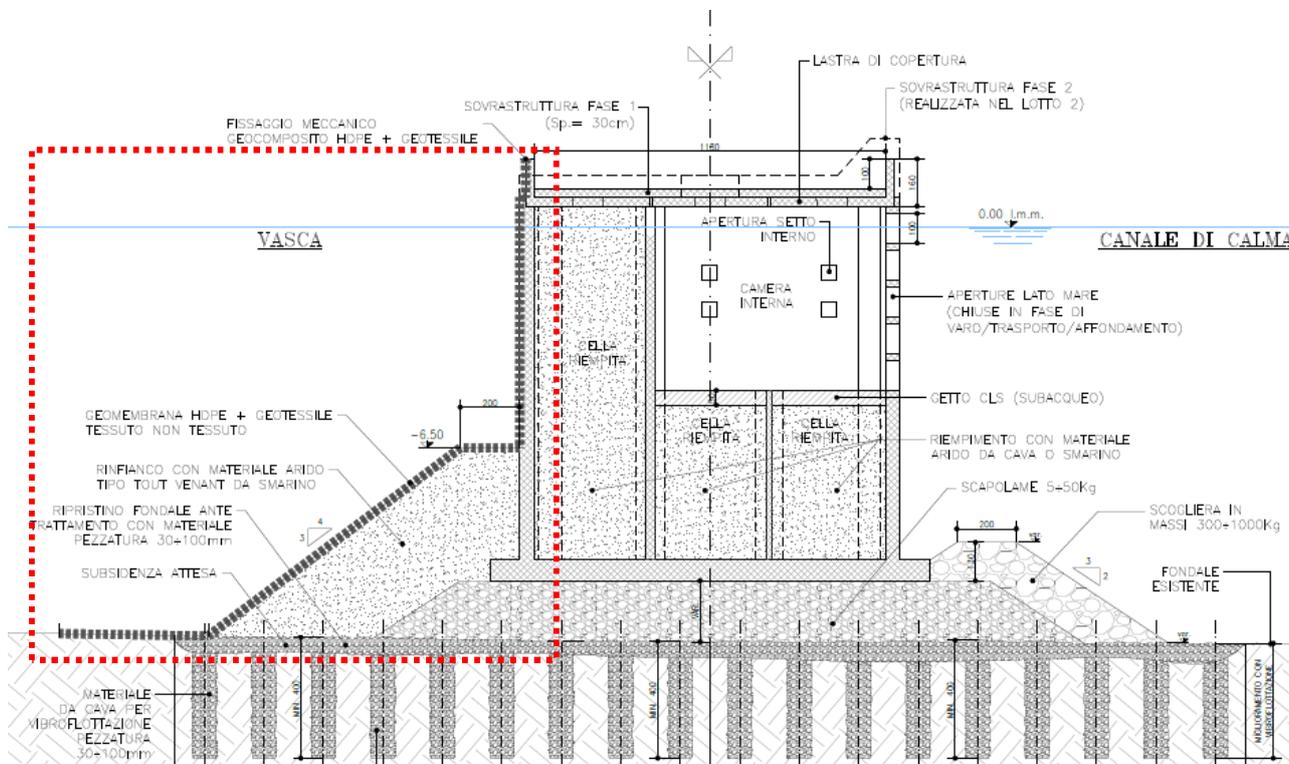


Figura 4-14. Sezione tipologica cassone con rinfianco e posa geomembrana Progetto Esecutivo

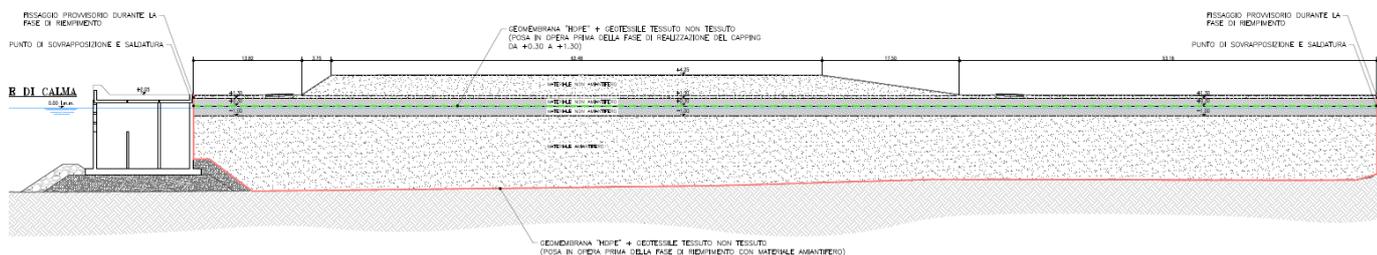


Figura 4-15. Sezione tipologica con individuazione della posa in opera della geomembrana HDPE + geotessile tessuto non tessuto

4.4 FASI REALIZZATIVE

La realizzazione dell'opera sarà interessata da lavorazioni che si sviluppano in serie. Nel seguito si riporta una descrizione sintetica delle singole fasi.

La Fase 1 prevede il consolidamento del fondale al di sotto dell'ombro dello scanno di imbasamento attraverso la tecnica della vibroflottazione con colonne di circa 4m su maglia 2 x 2m.

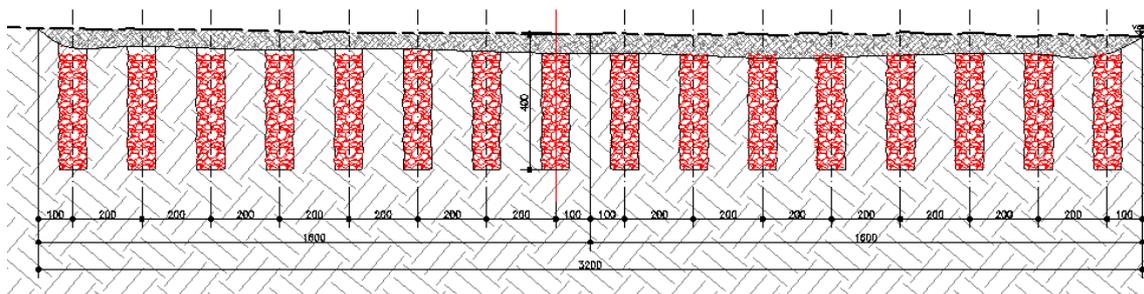


Figura 4-16. Fase 1: Vibroflottazione

Successivamente (Fase 2) si prevede una ricarica di circa 50cm del fondale, per compensare il cedimento subito con la vibroflottazione.

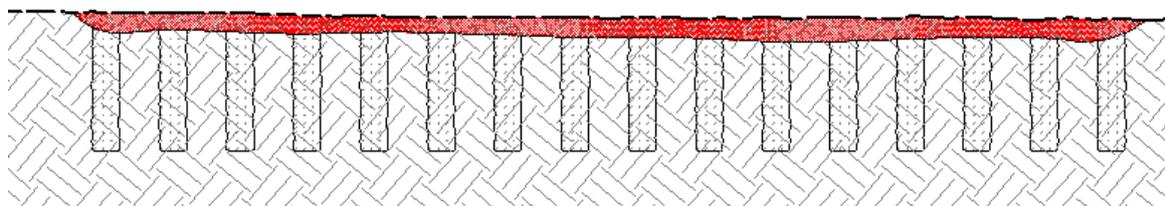


Figura 4-17. Fase 2: Ricarica fondale

Si procede quindi alla messa in opera dello scapolame dello scanno con una rimonta di 30 cm in più rispetto alla sagoma finale (Fase 3). La maggiore geometria si rende necessaria per compensare i cedimenti che l'opera avrà in fase di realizzazione e durante il riempimento della retrostante cassa di colmata.

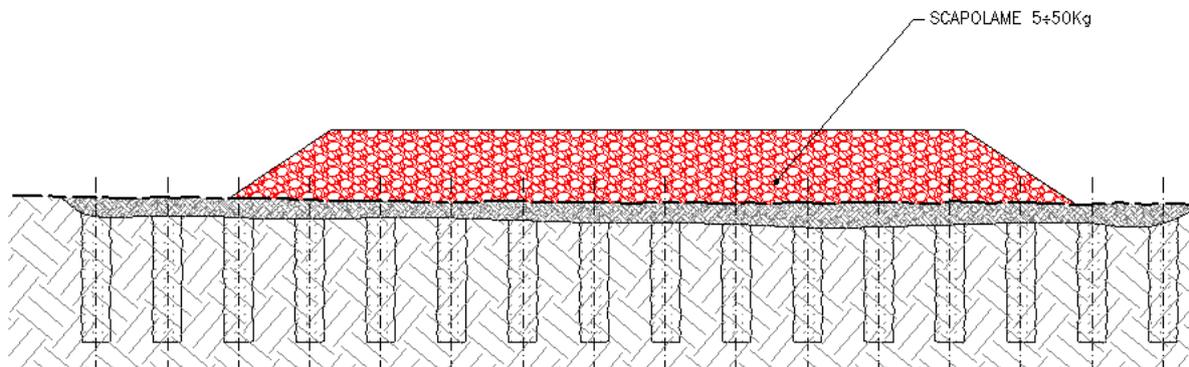


Figura 4-18. Fase 3: Posa in opera dello scapolame

A valle della Fase 3, si procede con il trasporto e l'affondamento dei cassoni cellulari e la messa in opera dei giunti tubolari tra cassone e cassone (Fase 4).

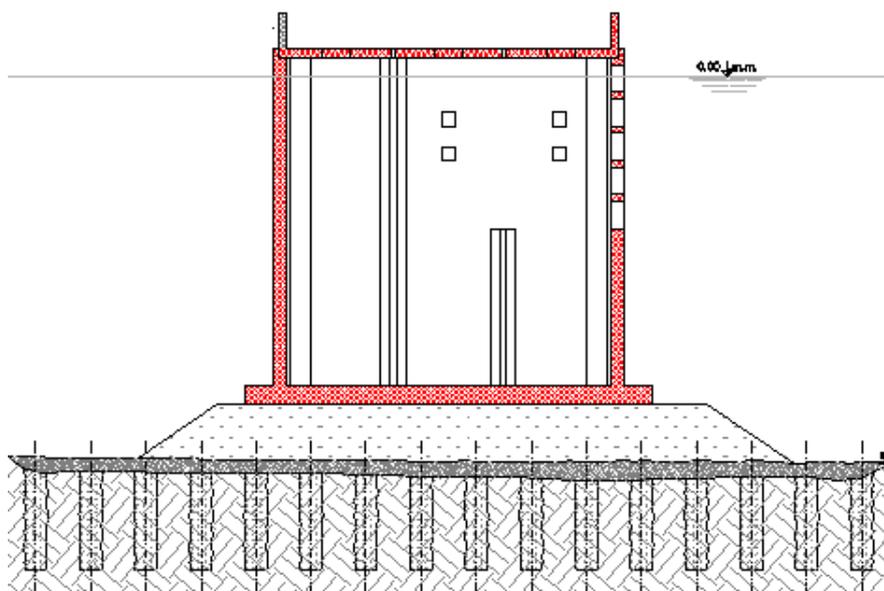


Figura 4-19. Fase 4: Trasporto e affondamento cassone cellulare

Una volta che il cassone cellulare è posizionato si procede con il riempimento delle celle interne. Successivamente vengono aperte le forometrie predisposte sulle pareti esterne del cassone, al fine di consentire sia il funzionamento idraulico del cassone sia l'interconnessione con le tubazioni di scarico.

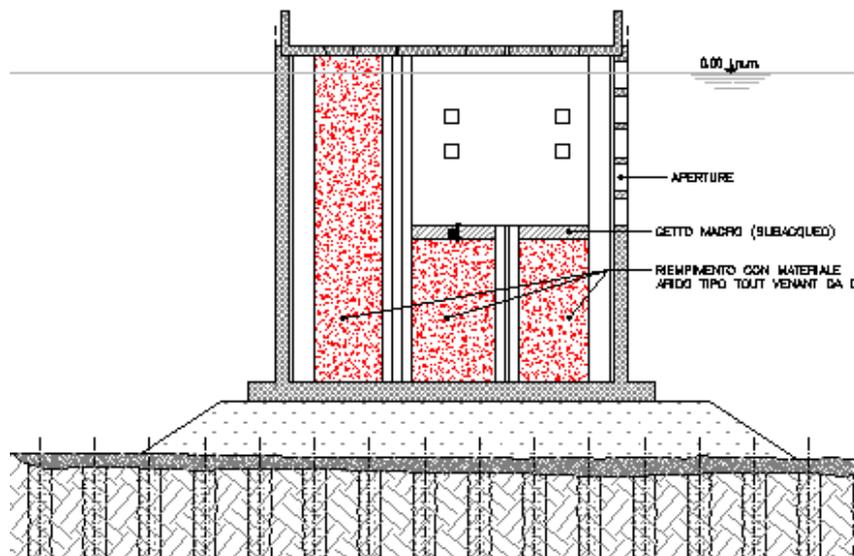


Figura 4-20. Fase 5: Riempimento celle del cassone

Completate le operazioni di riempimento del cassone cellulare, si procede con la realizzazione di una porzione della sovrastruttura (identificata come getto di prima fase - Fase 6), volta a garantire durante la fase di costruzione una pista di cantiere lungo le opere di conterminazione. Tale opera dovrà essere giuntata in corrispondenza dei giunti dei cassoni cellulari. Contestualmente si dovrà provvedere all'inniezione dei giunti tubolari predisposti nella Fase 4 tra i cassoni.

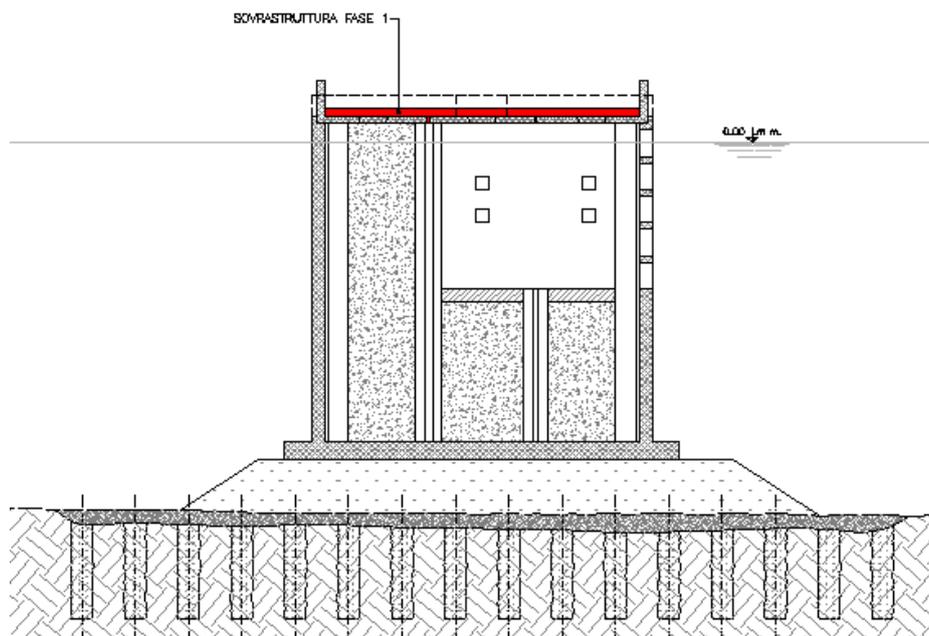


Figura 4-21. Fase 6: Realizzazione getto prima fase sovrastruttura

A tergo del cassone si provvede quindi alla realizzazione del rinfianco con la stesa di una geomembrana HDPE e geotessile tessuto non tessuto di protezione (Fase 7).

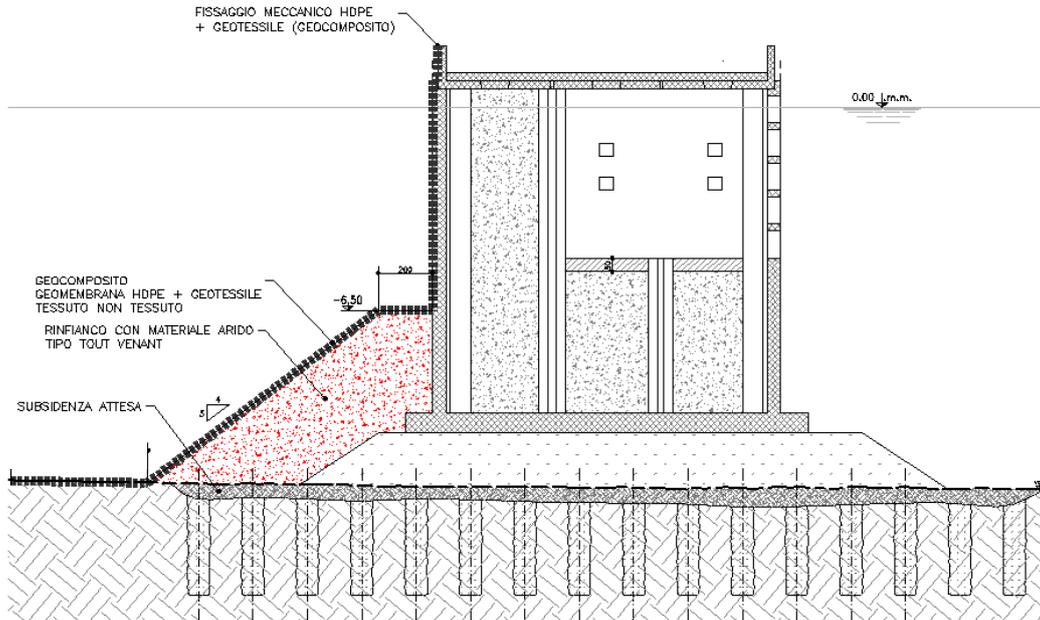


Figura 4-22. Fase 7: Messa in opera del rinfianco e posa del geocomposito a tergo

Completate le operazioni di riempimento e scontati i cedimenti, si provvede alla riprofilatura dello scanno e alla messa in opera di una scogliera di protezione in massi naturali (Fase 8).

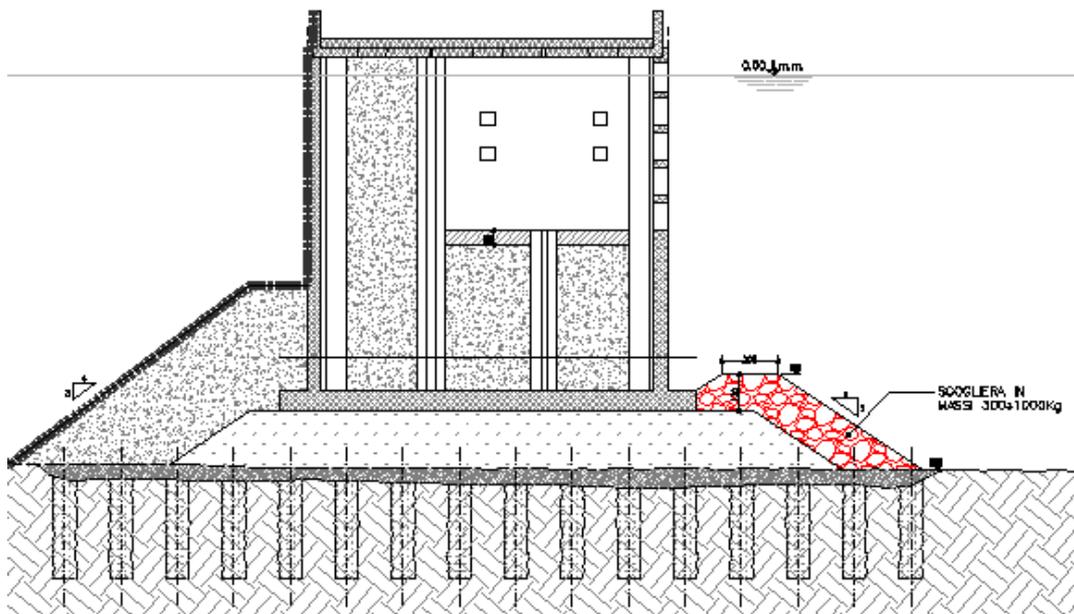


Figura 4-23. Fase 8: Messa in opera scogliera