

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

Documentazione Integrativa ai sensi della Legge n. 58 del 26.05.2023

EUROLINK S.C.p.A.

WEBUILD ITALIA S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA</p>  <p>Dott. Ing. M. Orlandini Ordine Ingegneri Roma n° 14340</p>	<p>PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Coordinamento progetto Collegamenti a terra - Progetto Ambientale</p>  <p>Opera di attraversamento</p>  <p>Opere in sotterraneo</p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Amministratore Delegato Dott. F. di Pietro</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Direttore Tecnico Dott. Ing. Valerio Mele</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Amministratore Delegato Dott. P. Ciucci</p>
--	--	---	--	--

<p><i>Unità Funzionale</i> GENERALE</p> <p><i>Tipo di sistema</i> AMBIENTE</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> GENERALE</p> <p><i>Titolo del documento</i> PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR120/17</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">AMR0976</div>
---	--

CODICE	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">X</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">T</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">T</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D</div> </div>
--------	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	30/09/2023	EMISSIONE FINALE	RENIERO	SANDRUCCI	ORLANDINI
B	15/11/2023	EMISSIONE PER AGGIORNAMENTO	RENIERO	SANDRUCCI	ORLANDINI
C	20/01/2024	EMISSIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA	RENIERO	SANDRUCCI	ORLANDINI
D	22/02/2024	REVISIONE	RENIERO	SANDRUCCI	ORLANDINI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

INDICE

1	INTRODUZIONE	10
1.1	Riferimenti normativi	11
1.2	Definizioni	12
1.3	Ambito e obiettivi	13
2	DESCRIZIONE SINTETICA DELLE OPERE DI PROGETTO	15
2.1	Quadro sinottico delle principali opere	15
2.2	Opera di attraversamento	15
2.3	Opere lato Sicilia	18
2.3.1	Collegamenti stradali	18
2.3.2	Collegamenti ferroviari	18
2.4	Opere lato Calabria	19
2.4.1	Il progetto di competenza RFI della prevista linea ferroviaria AV/AC Napoli-Reggio Calabria (definita "Fascio Bolano")	19
2.4.2	Collegamenti stradali	19
2.4.3	Collegamenti ferroviari	20
2.5	Opere di riqualificazione dei litorali con interventi di ripascimento	21
3	INQUADRAMENTO DEI SITI DI PRODUZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO	25
3.1	Inquadramento territoriale	25
3.2	Inquadramento urbanistico	26
3.3	Inquadramento geologico	26
3.3.1	Calabria - Tracciato autostradale e ferroviario	26
3.3.2	Sicilia - Tracciato autostradale	27
3.3.3	Sicilia - Tracciato ferroviario	28
3.4	Inquadramento idrogeologico	30
3.4.1	Calabria - Tracciato autostradale e ferroviario	30
3.4.2	Sicilia - Tracciato autostradale e ferroviario	31
3.5	Caratteristiche geomeccaniche	33
3.5.1	Calabria - Tracciato autostradale e ferroviario	33
3.5.2	Sicilia - Tracciato autostradale e ferroviario	37
4	TECNICHE DI SCAVO	40
4.1	Scavo di sbancamento a sezione aperta	40
4.1.1	Modalità di scavo	40

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

4.1.2	Prodotti utilizzati.....	41
4.2	Scavo di diaframmi.....	41
4.2.1	Modalità di scavo	42
4.2.1.1	Piani di lavoro e cordoli guida.....	42
4.2.1.2	La stabilizzazione dello scavo	42
4.2.1.3	Preparazione dei fanghi bentonitici e controlli in fase di esecuzione.....	43
4.2.1.4	Fasi realizzative con benna mordente	45
4.2.2	Prodotti utilizzati.....	48
4.3	Scavo in sotterraneo in tradizionale senza preconsolidamento	49
4.3.1	Modalità di scavo	49
4.3.2	Prodotti utilizzati.....	49
4.4	Scavo in sotterraneo in tradizionale con pre-consolidamento al fronte	49
4.4.1	Modalità di scavo	49
4.4.2	Tecnologie di preconsolidamento e Prodotti utilizzati	50
4.4.2.1	Jet grouting	50
4.4.2.2	Infilaggi	51
4.4.2.3	Consolidamento del fronte con micro jet armato in avanzamento.....	51
4.4.2.4	Attrezzature di perforazione e iniezione.....	51
4.5	Scavo in sotterraneo con sistemi meccanizzati con frese scudate TBM	51
4.5.1	Modalità di scavo	51
4.5.2	Prodotti Utilizzati	54
4.5.2.1	Condizionamento del suolo.....	54
4.5.2.2	Schiume/polimeri.....	54
4.5.2.3	Altri materiali	55
4.6	Scavi di gallerie artificiali.....	55
4.6.1	Modalità di scavo	55
4.6.2	Prodotti Utilizzati	56
4.7	Interventi di consolidamento con tecniche di jet grouting	56
4.7.1	Modalità di gestione della miscela.....	57
4.8	Operazioni di normale pratica industriale.....	57
4.8.1	Cenni normativi.....	57
4.8.2	Trattamenti specifici previsti dal progetto.....	58
5	SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE	60

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

5.1	Premessa	60
5.2	Aree di cantiere.....	60
5.3	Descrizione del sistema di cantierizzazione	63
5.3.1	Cantieri logistici (CB/SB)	63
5.3.2	Cantieri operativi (CI/SI, SIPM, SS).....	63
5.3.3	Aree di lavorazione inerti per ripascimenti	66
6	CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO	67
6.1	Indagini ambientali del progetto definitivo	67
6.1.1	Generalità.....	67
6.1.2	Modalità di campionamento e analisi.....	67
6.1.3	Esiti delle indagini sulle terre e rocce da scavo.....	69
6.1.4	Indagini preliminari e propedeutiche alla riqualifica del litorale con ripascimento	69
6.2	Indagini ambientali di progetto esecutivo	73
6.2.1	Indagini da effettuare.....	73
6.2.1.1	Tabella di sintesi delle indagini integrative di progetto esecutivo	77
6.2.2	Indagini da effettuare per il ripascimento	77
6.2.3	Aspetti geotecnici, chimico/ambientali ed ecotossicologici del condizionamento per lo scavo meccanizzato delle gallerie	79
6.2.3.1	Generalità	79
6.2.3.2	Attività sperimentali geotecniche	80
6.2.3.3	Attività sperimentali di carattere chimico ed eco-tossicologico	81
6.2.3.4	Risultati attesi.....	82
6.3	Indagini ambientali in corso d'opera	82
6.3.1	Modalità di caratterizzazione ambientale.....	82
6.3.2	Modalità e frequenza di indagine	83
6.3.3	Campionamento sul fronte di avanzamento degli scavi delle gallerie.....	83
6.3.4	Campionamento su cumuli di materiale depositato in aree di caratterizzazione.....	84
6.3.5	Modalità di realizzazione dei campioni per analisi chimiche.....	84
6.3.6	Analisi fisico-chimiche di caratterizzazione ambientale dei MDS da gestire in qualità di sottoprodotto.....	85
6.3.7	Matrici materiali di riporto.....	86
6.3.8	Verifica della biodegradazione degli agenti condizionati.....	87
6.3.9	Verifica sui materiali per il ripascimento.....	87

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

7	BILANCIO DEI MATERIALI.....	88
7.1	Quadro dei materiali di scavo prodotti.....	88
7.2	Tipologia e caratteristiche dei flussi di materiali di scavo	91
7.3	Fabbisogni dell'opera.....	92
7.4	Riutilizzo finale interno all'opera	96
7.4.1	Criteri di utilizzo	96
7.4.2	Rinterri, rilevati e riempimenti	97
7.4.2.1	Gallerie Artificiali.....	97
7.4.2.2	Opere d'arte all'esterno.....	97
7.4.2.3	Riempimenti per opere di riambientalizzazione e ripristino aree di cantiere	98
7.4.2.4	Aree verdi connesse all'opera	98
7.4.3	Impiego in processi produttivi in sostituzione di materiali di cava	99
7.4.4	Impianti per la produzione degli inerti	99
7.4.5	Impianti per la lavorazione degli inerti per il ripascimento delle sabbie	100
7.4.5.1	Campo industriale SI7 – Impianto IL1	100
7.4.5.2	Campo industriale SI8 – Impianto IL2.....	101
7.5	Utilizzo finale esterno all'opera.....	102
7.5.1	Ripascimenti protetti da barriere di presidio soffolte	102
7.5.2	Recupero ambientale e morfologico.....	104
7.6	Matrice origini/destinazioni.....	104
8	SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO	106
8.1	Ubicazione dei siti di deposito intermedio	106
8.1.1	Sicilia.....	106
8.1.1.1	Area di lavorazione AL1	106
8.1.1.2	Area di lavorazione AL2.....	107
8.1.1.3	Area di lavorazione AL3.....	107
8.1.2	Calabria.....	108
8.1.2.1	Deposito temporaneo all'interno del recupero ambientale CRA3 Calabria	108
8.1.2.2	Deposito temporaneo all'interno del recupero ambientale CRA4 Calabria	109
8.1.2.3	Deposito temporaneo all'interno del recupero ambientale CRA5 Calabria	110
8.2	Quantitativo di materiale abbancabile nei siti di deposito intermedio	111
8.3	Approfondimenti da effettuare in progetto esecutivo.....	111
9	SITI DI DESTINAZIONE FINALE	111

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

9.1	Ubicazione dei siti di recupero ambientale.....	111
9.2	SRA4 Sicilia recupero ambientale venetico.....	112
9.3	SRA5 Sicilia recupero ambientale torre grotta.....	113
9.4	SRA6 Sicilia recupero ambientale Valdina 1	114
9.5	SRA7 Sicilia recupero ambientale Valdina 2	115
9.6	SRA8 – SRA8BIS – SRA8 TER Sicilia recupero ambientale Valdina 2.....	116
9.7	SRA9 – SRA10 Sicilia recupero ambientale Valdina 1.....	117
9.8	CRA3 Calabria recupero ambientale	117
9.9	CRA4 Calabria recupero ambientale	118
9.10	CRA5 Calabria recupero ambientale	119
9.11	Volumi dei siti di destinazione finale	119
10	GESTIONE E TRACCIABILITA' DEL MATERIALE DI SCAVO.....	120
10.1	Aspetti generali	120
10.2	Piano delle Percorrenze.....	122
10.3	Obblighi degli esecutori	123
10.3.1	Documenti di trasporto	123
10.3.2	Dichiarazione di avvenuto utilizzo	123
11	MATERIALI DI SCAVO GESTITI COME RIFIUTI	124
11.1	Aspetti Generali.....	124
11.2	Buone pratiche per la gestione dello stoccaggio dei rifiuti.....	125
11.3	Trasporto dei rifiuti a recupero/smaltimento	125
11.4	Registrazione e documentazione inerente lo smaltimento e il recupero.....	126
11.5	Materiali gestiti come rifiuti nell'opera	126
11.6	Smaltimento dei rifiuti dei siti di scarica appositamente progettati.....	127
11.6.1	SRAS	128
11.6.2	SRAS1	128
11.6.3	SRAS2	129
11.6.4	CRAS.....	129
12	VALIDITA' DEL PIANO DI UTILIZZO.....	131
13	ALLEGATO 1: Sintesi analisi eseguite	133
14	ALLEGATO 2: Possibili prodotti utilizzati in fase di scavo	138
15	ALLEGATO 3: “Attività di Ricerca sull’impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile”, redatto da GEEG, startup di “La Sapienza” Università	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

di Roma.” - Report 1 ottobre 2020 141

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

**PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO
AI SENSI DEL DPR120/17
(Fase di riavvio L.58/2023)**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>22/02/2024</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	D	22/02/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
D	22/02/2024						

1 INTRODUZIONE

Il presente documento denominato “*Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi del DPR 120/17*” riguarda l’aggiornamento delle considerazioni sulla gestione delle terre e rocce da scavo rispetto a quanto contenuto nell’elaborato “*Disciplinare terre e rocce da scavo*” (CZV0007_F0) del “Progetto definitivo – Alternative ai siti di deposito” del maggio 2012.

La fase istruttoria, che si era sviluppata in seguito alla pubblicazione dello Studio di Impatto Ambientale e del Progetto Definitivo, aveva condotto la Commissione VIA ad avanzare richieste di nuove valutazioni rispetto ad alcune scelte di fondo connesse alla fase di costruzione dell’opera, con particolare riferimento ai siti di deposito delle terre e rocce da scavo e alla progettazione del loro recupero ambientale.

Nell’elaborato “*Disciplinare terre e rocce da scavo*” pertanto veniva sviluppata una revisione ed organizzazione dell’intera cantierizzazione (siti e aree operative associate) in relazione alla gestione e trasporto del materiale, mirata su nuove e più articolate modalità di utilizzo dei materiali. Le varianti riguardavano non solo la citata identificazione di nuove aree di deposito, con conseguente abbandono delle precedenti, ma la modalità stessa dell’impiego dei materiali che includeva anche il ripascimento lungo un tratto di costa tirrenica.

Tuttavia, a seguito del Parere delle CT-VA n. 1185 del 21.03.2013 (Sezioni 5.2.6 e 5.3.2) e (Sezioni 7.3.1 e 8), permanevano delle situazioni di parziale esaustività e di non esaustività relativamente alla gestione delle materie.

Pur considerato che nell’ambito della “*Relazione del progettista*” vengono indicate le modalità risolutive delle criticità sopra esposte, da completare nella successiva fase di progettazione esecutiva, si è ritenuto opportuno redigere, in questa specifica fase di riavvio delle attività di programmazione e progettazione dell’opera, il presente “*Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi del DPR120/17*”, con la finalità di delineare gli indirizzi operativi finalizzati alla gestione delle terre e rocce da Scavo in fase esecutiva.

In questa fase, in particolare, si è ritenuto di procedere alla redazione di un Piano di Utilizzo che riporti le modalità di acquisizione di dati di natura geognostica ed ambientale di entità e natura compatibili con la successiva fase di progettazione esecutiva. In particolare, ci si riferisce alle indagini per la caratterizzazione chimica dai materiali di scavo da impiegare per i ripascimenti da eseguirsi ai sensi del sopravvenuto Decreto Ministeriale n. 173 del 15 luglio 2016 nonché al protocollo metodologico da utilizzare nella preparazione degli elutriati nell’esecuzione dei saggi biologici sui sedimenti marini costieri da movimentare descritto nel Manuale ISPRA 2017.

Il presente Piano è **conforme alle disposizioni legislative vigenti del DPR120/17**, sulla gestione delle terre e rocce da scavo.

Inoltre, nel testo del Parere della CT-VA n. 1185 si faceva riferimento all’attribuzione della qualifica di sottoprodotto ai materiali provenienti da scavo meccanizzato con fresa EPB. Per questi materiali, l’applicazione del regime di sottoprodotto richiede che siano svolte tutte le indagini necessarie per dimostrare la coerenza dei processi di maturazione dei fanghi ai fini della biodegradabilità dei tensioattivi utilizzati al fine di escludere una contaminazione del sito di utilizzo. Secondo la Commissione “*Tale problematica può trovare soluzione presentando un Piano di utilizzo ai sensi del D.M. 161/2012 e seguendo le indagini sopra indicate e a condizione che siano rispettati i limiti di CSC riferiti alla colonna A della tabella 1 dell’allegato V titolo 5 parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., in quanto aree a destinazione urbanistica verde pubblico e residenziale.*”

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Le indagini di biodegradabilità richieste dalla CT-VA, verranno eseguite sul materiale di scavo meccanizzato per dimostrare che esso può essere considerato sottoprodotto/non contaminato. I dettagli delle indagini previste e dei protocolli da porre in atto sono riportati al §6.2.3, cui si rimanda.

Ciò premesso, gli obiettivi del presente documento sono quelli di fornire un quadro organico delle previsioni progettuali relative alla gestione delle terre e rocce da scavo, di descrivere le diverse tecniche di scavo in relazione alle modalità di esecuzione ed ai prodotti utilizzati, di confermare il sistema della cantierizzazione comprensivo dei siti di deposito intermedio e di destinazione finale proposto nel progetto 2012, di definire le modalità di caratterizzazione nelle varie fasi alla luce della normativa ad oggi vigente, di confermare il bilancio dei materiali di scavo descrivendo il riutilizzo finale interno all'opera o in siti e/o processi all'opera stessa.

1.1 Riferimenti normativi

Le terre di scavo, di perforazione e/o di scotico del suolo possono essere inquadrate e gestite in un doppio regime:

- regime di non rifiuto, applicabile a terre e rocce di scavo non provenienti da siti oggetto di bonifica e facente riferimento a quanto previsto dal DPR120/17;
- regime di rifiuto, facente riferimento a quanto previsto dalla Parte IV, D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., D.M. 05/02/1998 come integrato da D.M. n. 186/2006.

Il presente Piano è conforme alle disposizioni legislative vigenti dettate al DPR 120/17.

Il DPR 120/17 stabilisce che possano essere considerati come sottoprodotti le terre e rocce da scavo sottoposte a trattamenti secondo la normale pratica industriale e riutilizzate anche in altro ciclo produttivo.

Nella seguente Tabella 1-1 si riporta l'elenco dei principali riferimenti normativi utilizzati per l'elaborazione del presente documento.

Tabella 1-1. Elenco normativa di riferimento

Norma	Denominazione
DPR 13 giugno 2017, n.120	Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164
Legge 24 marzo 2012, n. 27	"Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1: Misure urgenti in materia di concorrenza, liberalizzazioni e infrastrutture (G.U. del 24 marzo 2012, n. 71)"
Decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2 coordinato con la Legge di conversione 24 marzo 2012, n. 28 (in riferimento all'interpretazione autentica dell'art. 185 del D.Lgs. 152/2006)	"Misure straordinarie e urgenti in materia ambientale". (GU n. 71 del 24-3-2012)
L. 28.01.2009, n.2	"Conversione in legge, con modificazioni, del D.L.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Norma	Denominazione
	29.11.2008, n.185, recante misure urgenti per il sostegno a famiglie, lavoro, occupazione e impresa e per ridisegnare in funzione anti crisi il quadro strategico nazionale"
D.Lgs. 03 aprile 2006, n.152	"Testo Unico ambientale" e s.m.i.
Circolare del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio n° 5205 del 15 luglio 2005	"Indicazioni per l'operatività nel settore edile, stradale, ambientale ai sensi del Decreto Ministeriale i sensi del D.M. 8 maggio 2003, n. 203"
D.M. del 05 aprile 2006, n.186	Regolamento recante le modifiche da apportare al D.M. Ambiente del 05 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificata di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D.Lgs 5 febbraio 1997 n.22"
D.M. 05.02.1998	"Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli art. 31 e 33 del D.L. 05.02.1997, n.22"

1.2 Definizioni

Sono valide le seguenti definizioni, di cui all'art.2 del DPR 120/17:

- **«lavori»:** comprendono le attività di costruzione, scavo, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro e manutenzione di opere;
- **«suolo»:** lo strato più superficiale della crosta terrestre situato tra il substrato roccioso e la superficie. Il suolo è costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi, comprese le matrici materiali di riporto ai sensi dell'articolo 3, comma 1, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28;
- **«terre e rocce da scavo»:** il suolo escavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, tra le quali:
 - scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee);
 - perforazione, trivellazione, palificazione, consolidamento; opere infrastrutturali (gallerie, strade);
 - rimozione e livellamento di opere in terra.

Le terre e rocce da scavo possono contenere anche i seguenti materiali: calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per scavo, purché le terre e rocce contenenti tali materiali non presentino concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per la specifica destinazione d'uso;

- **«autorità competente»:** l'autorità che autorizza la realizzazione dell'opera nel cui ambito sono generate le terre e rocce da scavo e, nel caso di opere soggette a procedimenti di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale, l'autorità competente di cui all'articolo 5, comma 1, lettera o), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;
- **«dichiarazione di avvenuto utilizzo»:** la dichiarazione con la quale il proponente o l'esecutore o il produttore attesta, ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

dicembre 2000, n. 445, l'avvenuto utilizzo delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti in conformità al piano di utilizzo o alla dichiarazione di cui all'articolo 21;

- «**piano di utilizzo**»: il documento nel quale il proponente attesta, ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, il rispetto delle condizioni e dei requisiti previsti dall'articolo 184-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e dall'articolo 4 del presente regolamento, ai fini dell'utilizzo come sottoprodotti delle terre e rocce da scavo generate in cantieri di grandi dimensioni;
- «**caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo**»: attività svolta per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale delle terre e rocce da scavo in conformità a quanto stabilito dal presente regolamento;
- «**sito**»: l'area o porzione di territorio, geograficamente definita e determinata, intesa nelle diverse matrici ambientali (suolo, materiali di riporto, sottosuolo ed acque sotterranee) e comprensiva delle eventuali strutture edilizie e impiantistiche presenti (d.lgs. 152/06, art.240, comma a);
- «**sito di produzione**»: il sito in cui sono generate le terre e rocce da scavo;
- «**sito di destinazione**»: il sito, come indicato dal piano di utilizzo o nella dichiarazione di cui all'articolo 21, in cui le terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotto sono utilizzate;
- «**sito di deposito intermedio**»: il sito in cui le terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotto sono temporaneamente depositate in attesa del loro utilizzo finale e che soddisfa i requisiti di cui all'articolo 5;
- «**normale pratica industriale**»: costituiscono un trattamento di normale pratica industriale quelle operazioni, anche condotte non singolarmente, alle quali possono essere sottoposte le terre e rocce da scavo, finalizzate al miglioramento delle loro caratteristiche merceologiche per renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace. Fermo il rispetto dei requisiti previsti per i sottoprodotti e dei requisiti di qualità ambientale, il trattamento di normale pratica industriale garantisce l'utilizzo delle terre e rocce da scavo conformemente ai criteri tecnici stabiliti dal progetto. L'allegato 3 elenca alcune delle operazioni più comunemente effettuate, che rientrano tra le operazioni di normale pratica industriale (ad ogni buon conto si reputa necessario fare riferimento anche a quanto contenuto nelle "Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" approvate con Delibera n 54/2019 del SNPA, ndr);
- «**proponente**»: il soggetto che presenta il piano di utilizzo;
- «**esecutore**»: il soggetto che attua il piano di utilizzo ai sensi dell'articolo 17;
- «**produttore**»: il soggetto la cui attività materiale produce le terre e rocce da scavo e che predispone e trasmette la dichiarazione di cui all'articolo 21;
- «**ciclo produttivo di destinazione**»: il processo produttivo nel quale le terre e rocce da scavo sono utilizzate come sottoprodotti in sostituzione del materiale di cava;
- «**sito oggetto di bonifica**»: sito nel quale sono state attivate le procedure di cui al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
- «**opera**»: il risultato di un insieme di lavori che di per sé espliciti una funzione economica o tecnica. Le opere comprendono sia quelle che sono il risultato di un insieme di lavori edilizi o di genio civile, sia quelle di difesa e di presidio ambientale e di ingegneria naturalistica.

1.3 Ambito e obiettivi

Si ritiene opportuno specificare che ambito del presente piano di utilizzo delle terre da scavo sono:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- la distinzione, alla luce della normativa applicabile, delle terre e rocce da scavo inquadrabili come sottoprodotto, da quelle che è invece necessario assoggettare alla normativa sui rifiuti, con particolare riferimento alla parte IV del D. Lgs. 152/2006;
- le modalità di **gestione delle terre e rocce da scavo** precedentemente qualificate come sottoprodotti.

Viene riportata nel presente documento (cfr. §11) anche la trattazione delle modalità di gestione dei materiali che in fase di caratterizzazione si vengono a classificare come rifiuti o di quelli per cui non sono completamente rispettati i requisiti dei sottoprodotti fissati dall'Art. 4 del DPR 120/2017.

In generale, nel rispetto dei principi generali della normativa in materia ambientale, l'obiettivo che sarà perseguito è il massimo riutilizzo interno o esterno dei materiali da scavo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

2 DESCRIZIONE SINTETICA DELLE OPERE DI PROGETTO

2.1 Quadro sinottico delle principali opere

Le opere che rientrano nel Progetto Definitivo 2012 sono le seguenti:

- il **Ponte** costituito da:
 - impalcato e relativo sistema di sospensione,
 - torre lato Sicilia, e relativo cantiere, in località Ganzirri;
 - torre lato Calabria, e relativo cantiere, in località Cannitello;
 - blocco di fondazione lato Sicilia, e relativo cantiere, in località Ganzirri alto;
 - blocco di fondazione lato Calabria, e relativo cantiere, in località Piaie;
- i **collegamenti lato Calabria**, finalizzati alla connessione del Ponte con l'autostrada A2 "Salerno - Reggio Calabria" e con la linea ferroviaria Tirrenica "Rosarno – Reggio Calabria" (è prevista la predisposizione della connessione con il futuro collegamento AC/AV), costituiti da:
 - viadotto di accesso al Ponte, stradale e ferroviario;
 - nuovo svincolo di collegamento alla autostrada A2;
 - viabilità di servizio e di emergenza;
 - cantieri di servizio e relativa viabilità, cave e siti di deposito e recupero ambientale.
- i **collegamenti lato Sicilia**, finalizzati alla connessione del Ponte con il sistema autostradale regionale e con le linee ferroviarie Messina – Catania e la linea Messina – Palermo costituiti da:
 - viadotto di accesso al Ponte, stradale e ferroviario (viadotto Pantano);
 - collegamento al sistema Autostradale Regionale, per il tratto dal Ponte allo svincolo Annunziata;
 - collegamento ferroviario alla nuova Stazione di Messina, comprensivo di tre fermate metropolitane (Papardo, Annunziata, Europa e posto di Manutenzione FF.SS);
 - viabilità di servizio e di emergenza;
 - cantieri di servizio e relativa viabilità, cave e siti di deposito e recupero ambientale.
- i **ripascimenti in Sicilia**
 - tratti interessati al ripascimento della costa e alla formazione di barriere soffolte compresi fra i comuni di Villafranca Tirrenica e Monforte
 - viabilità di servizio e di emergenza;
 - cantieri di servizio e relativa viabilità, pontile, siti di deposito e recupero ambientale.

2.2 Opera di attraversamento

L'attraversamento stabile sullo Stretto di Messina è stato progettato secondo lo schema del ponte sospeso, con vita utile di almeno 200 anni.

Il progetto definitivo è contraddistinto dalle seguenti principali caratteristiche dimensionali:

- una lunghezza della campata centrale di 3.300 metri, a fronte di 3.666 metri di lunghezza complessiva comprensiva delle campate laterali;
- 60,4 metri larghezza dell'impalcato;
- 399 metri di altezza delle torri;
- 2 coppie di cavi per il sistema di sospensione, aventi 5.320 metri di lunghezza complessiva e 1,26 metri di diametro e blocchi d'ancoraggio pari a 533.000 m³;
- 65 metri di altezza di canale navigabile centrale per il transito di grandi navi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024



Figura 2-1 Simulazione prospettica del ponte dalla costa del versante Calabria in direzione della Sicilia, con evidenza della conformazione dell'impalcato

La sezione del ponte è contraddistinta da 6 corsie stradali, 3 per ciascun senso di marcia (veloce, normale, emergenza) e 2 binari ferroviari e marciapiedi laterali, per una capacità dell'infrastruttura pari a 6.000 veicoli/ora e 200 treni/giorno.



Figura 2-2 La sezione del nuovo ponte sospeso, esternamente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

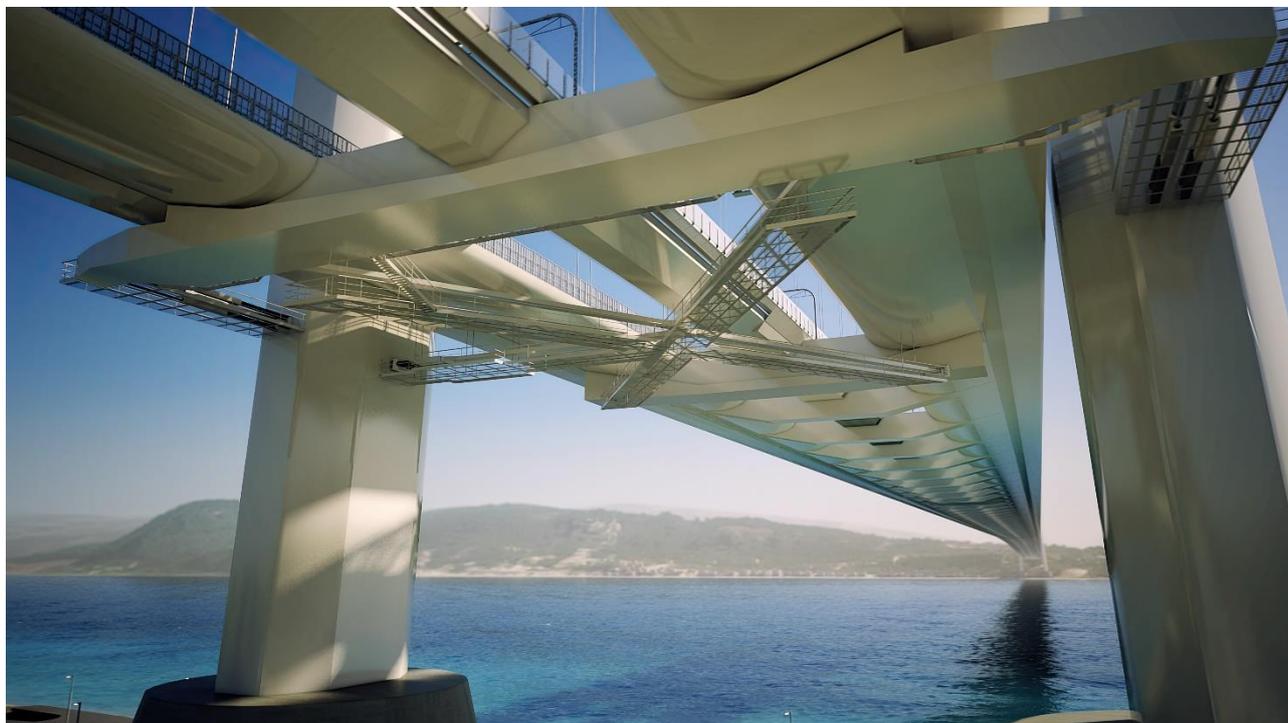


Figura 2-3 Vista dal basso dell'impalcato in corrispondenza della torre con evidenza dei percorsi per l'ispezione e la manutenzione degli elementi strutturali

Il ponte è stato progettato con una resistenza al sisma pari a 7,1 magnitudo della scala Richter, con un impalcato aerodinamico di “terza generazione”, stabile fino a velocità del vento di 270 km/h.



Figura 2-4 Simulazione fotografica del ponte (sullo sfondo la Sicilia)

Nel progetto sono, altresì, comprese le opere di raccordo stradale e ferroviario sui versanti calabrese e siciliano (per complessivi 20,3 km di collegamenti stradali e 20,2 km di collegamenti ferroviari), in massima parte in galleria, per assicurare il collegamento del ponte al nuovo tracciato dell'autostrada Salerno-Reggio Calabria ed alla prevista linea ferroviaria AV/AC Napoli-Reggio Calabria, da un lato, e alle tratte autostradali Messina-Catania e Messina-Palermo, nonché alla prevista nuova stazione ferroviaria di Messina, dall'altro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Il Progetto Definitivo dei collegamenti stradali e ferroviari sui versanti Calabria e Sicilia ha sviluppato ed approfondito i contenuti del Progetto Preliminare, adeguandone la conformazione plano-altimetrica ad un quadro complesso ed articolato di istanze, riconducibili prioritariamente:

- alle molteplici richieste esplicitate dagli Enti territoriali;
- alle disposizioni normative intervenute in materia di funzionalità e geometria dei tracciati stradali, di sicurezza per l'esercizio delle gallerie sia stradali sia ferroviarie, di norme tecniche per le costruzioni;
- agli adeguamenti progettuali imposti dalle condizioni sitospecifiche riscontrate, nella fase di approfondimento progettuale insito con il livello definitivo, nel contesto fisico, ambientale, paesaggistico e storico-culturale di riferimento.

2.3 Opere lato Sicilia

2.3.1 Collegamenti stradali

Il tracciato autostradale ha una lunghezza complessiva di circa 11,3 km di cui il 70% in galleria, il 6% su viadotti e il rimanente all'aperto.

L'inizio dell'intervento è identificabile nel viadotto Pantano, di lunghezza 438 m, il quale si sviluppa in corrispondenza dell'asse della Torre nord dell'Opera di Attraversamento. Superato il viadotto Pantano, il tracciato prosegue con un andamento curvilineo fino ad arrivare all'imbocco della galleria Faro Superiore di lunghezza 3370 m circa. Poco prima dell'imbocco della galleria è ubicata l'area di esazione, composta da 11 porte.

Da questo punto in poi l'infrastruttura è caratterizzata da una successione di tratti in galleria e viadotti. All'uscita della galleria Faro Superiore verranno realizzati lo svincolo autostradale Curcuraci, il quale collega la rete autostradale che arriva dal Ponte con la viabilità locale e il viadotto Curcuraci che unisce le gallerie Faro Superiore e Balena.

Oltre lo svincolo, il tracciato entra nella galleria Balena, la cui lunghezza è pari a 1200 m circa e termina in corrispondenza del viadotto Pace, lungo 60 m.

Dopo il viadotto Pace, il tracciato si mantiene in sotterraneo attraverso la galleria Le Fosse di lunghezza 2.700m circa, la quale termina in corrispondenza dello svincolo Annunziata. Il viadotto Annunziata è lungo 15m circa, e permette di raggiungere l'imbocco della galleria Annunziata (ex Serrazzo) lunga 500 m circa.

Alle progr. Km 10+377 (dir Messina) e prog. Km 10+295 (dir RC), prima della galleria è posto il limite d'intervento.

2.3.2 Collegamenti ferroviari

Il tracciato ha inizio dalla torre dell'Opera di Attraversamento lato Messina da cui, dopo un breve tratto in rettilineo, è inserita una curva policentrica situata nel Viadotto Pantano. L'infrastruttura ferroviaria si separa dall'autostrada all'altezza dell'imbocco della galleria S. Agata, lunga 3800m circa e termina in corrispondenza del Posto di Manutenzione, il quale è attrezzato per il ricovero dei carrelli ferroviari destinati alle attività manutentive relative sia agli impianti tecnologici che all'armamento. Inoltre è dotato di binari ed aree destinate al ricovero di treni che necessitano di interventi di rinnovo e spazi e di spazi adeguati per lo stoccaggio di materiali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024	

La posizione del posto di manutenzione, tra le gallerie S. Agata e S. Cecilia, ha permesso di allocare le funzioni di emergenza e soccorso.

A valle del Posto di Manutenzione sarà realizzata la galleria S. Cecilia, lunga 11500 m circa, che termina in località Contesse.

Lungo il tracciato ferroviario verranno realizzate tre stazioni metropolitane:

- Stazione Papardo prog. km 3+374.5517
- Stazione Annunziata prog. km 9+429.329
- Stazione Europa prog. km 13+768.382

L'intervento termina per il lato Messina al km 18+105.741 e per il lato Catania al Km 18+222.233.

2.4 Opere lato Calabria

2.4.1 Il progetto di competenza RFI della prevista linea ferroviaria AV/AC Napoli-Reggio Calabria (definita "Fascio Bolano")

Nel PD il sistema ferroviario viene ridimensionato con il venir meno della linea AV/AC per cui il Fascio Bolano risulta strategico per le connessioni tra la linea esistente e il Ponte.

Tale progetto rientra nelle competenze di RFI, e il Progetto preliminare con annesso Studio di Impatto Ambientale è stato sottoposto a Procedura di valutazione di Impatto Ambientale, che si è conclusa con parere positivo condizionato all'evoluzione del Progetto del Ponte.

Nella presente valutazione le implicazioni ambientali del Fascio Bolano non sono state oggetto di approfondimenti, rimandandole a quanto sviluppato da RFI.

2.4.2 Collegamenti stradali

Il progetto delle nuove infrastrutture si integra completamente con il sistema autostradale esistente (A3 SA-RC) in quanto affronta in parte l'adeguamento in corso di avanzamento su altri lotti della Salerno Reggio, in parte prevede un nuovo assetto con spostamento ed interrimento del tratto di autostrada in cui sarà insediato il Centro direzionale.

La nuova rete autostradale viene divisa in:

- 1 *sistema principale di uscita*, costituito dal ramo A (dalla struttura terminale del Ponte all'autostrada A3 in direzione Nord) e dal ramo B (dalla struttura terminale del Ponte all'autostrada A3 in direzione Reggio Calabria);
- 2 *sistema principale di accesso*, costituito dal ramo C (dall'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria in direzione Sud fino alla struttura terminale del Ponte) e dal ramo D (dall'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria in direzione Nord fino alla connessione con il ramo C);
- 3 *sistema di collegamento al Centro Direzionale*, che permette il collegamento alle aree destinate ai servizi generali, alla gestione ed alla manutenzione del Ponte;
- 4 *sistema di servizio ed emergenza*, che permette il movimento dei veicoli addetti alla manutenzione ordinaria e straordinaria, e la gestione del traffico in condizione di emergenza (chiusura di una carreggiata del Ponte o di blocchi in altri punti della rete per una gestione complessiva della sicurezza e dell'emergenza).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Il **ramo A** inizia dall'Opera di Attraversamento, in corrispondenza dell'asse Torre e termina sulla carreggiata direzione nord dell'autostrada A3. Arrivando dal Ponte, lungo l'asse A, si percorre il viadotto di accesso lungo 40 m e dopo un tratto in trincea, si imbecca la galleria naturale Piale, la quale ha uno sviluppo di circa 1820 m.

Il **ramo B** inizia con un'uscita a destra dal ramo A, in direzione Reggio Calabria e termina sulla carreggiata direzione Reggio Calabria prevista nel progetto del lotto di adeguamento della A3. Il ramo B, dopo il medesimo tratto in trincea del ramo A, imbecca la galleria naturale Pian di Lastrico in direzione sud. Dopo il tratto in galleria, la rampa si inserisce sul vecchio tracciato della A3 in corrispondenza del viadotto Campanella, che viene rifatto per realizzare la confluenza con la rampa L proveniente dal Centro Direzionale. Con l'immissione della rampa L termina il ramo B.

Il **ramo C**, di estesa pari a circa 2.8 km, rappresenta il collegamento principale da nord in direzione del Ponte. Esso si distacca dalla nuova carreggiata sud dell'autostrada A3 e termina sull'Opera di Attraversamento in corrispondenza dell'asse Torre.

Lungo il tratto in affiancamento alla A3 (Ramo C) sono presenti le seguenti opere d'arte:

- Viadotto Gibia, tre campate per 143 metri complessivi
- Viadotto Latticogna, unica campata 66 metri
- Viadotto Prestianni, unica campata 30 metri
- Viadotto Piria, avente sviluppo di 100 metri
- Viadotto Zagarella 1, unica campata 40 metri, che supera la depressione del Torrente Zagarella
- Viadotto Zagarella 2, unica campata 40 metri, che supera la depressione del Torrente Zagarella
- Galleria Minasi, con sviluppo di circa 730 metri
- Viadotto di accesso, con sviluppo di 40 metri.

Il ramo D serve il traffico diretto al Ponte proveniente da Reggio Calabria. Esso si distacca dalla variante A3, in direzione nord, e termina sul ramo C in prossimità del Ponte. Lungo il ramo D verrà realizzato il viadotto Immacolato, lungo 56m.

Inoltre, verrà realizzato un collegamento al Centro Direzionale in prossimità della località Cannitello.

I limiti di intervento del progetto sono:

- l'asse A termina al km 2+890.18
- l'asse B termina al km 1+171.60
- l'asse C termina al km 3+448.68
- l'asse D termina al km 2+979.40

2.4.3 Collegamenti ferroviari

La ferrovia esistente interessata dall'intervento in progetto sul versante calabrese è la tratta della linea Tirrenica Rosarno-Reggio Calabria, tutta a doppio binario.

L'attuale presenza, nella Legge Obiettivo, di entrambi gli interventi (Ponte sullo Stretto e A.C. Salerno-Reggio Calabria) ha condotto alla determinazione di considerare congiuntamente le due nuove infrastrutture, con conseguente semplificazione del sistema complessivo dei collegamenti.

Tale configurazione prevede che sul tratto terminale della linea A.C. venga inserito un collegamento al fine di consentire l'innesto al Ponte.

A sua volta l'innesto sulla linea A.C. della ferrovia proveniente dal Ponte è previsto con una diramazione che permetta sia la direzione Salerno che Reggio Calabria.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Il tracciato piano altimetrico della ferrovia si sviluppa quasi totalmente in galleria ed in prossimità del Ponte è condizionato dall'inviluppo degli svincoli stradali (anch'essi in galleria), la cui vicinanza si è ulteriormente accentuata a seguito della nuova soluzione di viabilità individuata che, ai fini di limitare l'impatto ambientale, prevede una maggiore estesa in galleria per i collegamenti viari ed una compattazione di tutto il complesso infrastrutturale.

Il progetto prevede per la sicurezza delle gallerie ferroviarie, due canne separate a semplice binario anziché una a doppio binario, ottemperando alle più recenti prescrizioni di RFI.

Per la progettazione del tracciato è stato adottato, come da richiesta della società Ponte sullo Stretto di Messina, una pendenza max. compensata del 15 ‰.

Ciò premesso, il collegamento ferroviario nel versante Calabria, prevede a partire dalla struttura terminale del Ponte:

- un breve tratto allo scoperto comprendente un cavallotto in carpenteria metallica di circa 60 ml di luce contenente il giunto di dilatazione ed appoggiato ad una struttura di sostegno in cemento armato,
- un impalcato in carpenteria metallica di circa 40 ml di luce,
- un successivo tratto all'aperto confinato dai muri di contenimento della piattaforma ferroviaria e diviso dai diaframmi di sostegno delle due rampe laterali autostradali da una viabilità di collegamento fra il triage ed il piazzale antistante la galleria artificiale. In tale tratto sono posizionate le comunicazioni pari/dispari occorrenti per la banalizzazione dei binari.

Alla progressiva 0+420 ml circa è previsto l'imbocco della galleria artificiale che è traslato in avanti rispetto al progetto preliminare, in conseguenza dell'innalzamento della livelletta del ponte, passando dalla progressiva 348 alla progressiva 420 ml circa.

È stato previsto inoltre in corrispondenza dell'imbocco della galleria artificiale un piazzale per le operazioni di soccorso, nonché apposite rampe di collegamento con un triage adiacente alla linea.

La lunghezza complessiva della linea ferroviaria risulta pari a circa 2200 ml a partire dall'asse della pila del Ponte verso Reggio Calabria. Mentre lato Salerno il limite di competenza dell'intervento è di soli 500 ml dopo il bivio di uscita per il ramo 5, il ramo 6 prosegue per 366 ml circa dopo il bivio d'uscita.

2.5 Opere di riqualificazione dei litorali con interventi di ripascimento

Per la sistemazione dei materiali di risulta provenienti da alcune opere previste nel progetto del collegamento stabile del Ponte di Messina, considerati come terre e rocce da scavo, a seguito di una prima istruttoria da parte della Commissione di Valutazione di Impatto Ambientale, è stata verificata e proposta la soluzione di realizzare degli interventi di ripascimento da effettuare lungo un tratto idoneo della linea di sviluppo costiero della Provincia di Messina.

Acquisiti gli elaborati relativi agli "Studi propedeutici relativi alla possibilità di impiego dei materiali di scavo per il ripascimento delle coste e analisi del rischio idraulico dei bacini interessati dalle opere previste nel Progetto definitivo del Collegamento stabile dello stretto di Messina sul versante Sicilia" a cura del prof. Ing. E. Foti, Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale della Università di Catania, e da sopralluoghi effettuati sui siti di interesse, è stata individuata come area idonea da sottoporre a ripascimento, il tratto di litorale compreso tra i comuni di Monforte San Giorgio e Saponara che si sviluppa sulla costa tirrenica della provincia di Messina.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Tale tratto di litorale è, allo stato attuale, interessato da varie opere di difesa costiera dal mare realizzate negli ultimi decenni in modo non omogeneo, fortemente impattanti dal punto di vista paesaggistico e non funzionali dal punto di vista della difesa costiera in assenza di una programmazione territoriale sovracomunale.

Gli interventi realizzati hanno degradato dal punto di vista ambientale l'intera zona prospiciente il mare comprendente anche la fascia di territorio a ridosso della spiaggia che risulta fortemente antropizzata.

L'intervento previsto in questa sede ha una forte connotazione di riqualificazione del tratto di costa interessato dalle opere di ripascimento che, come emerge dagli studi effettuati e da quanto riportato nel PAI Sicilia, risulta a tutt'oggi, interessato da fenomeni di arretramento della linea di costa.

Si sottolinea inoltre che tale tratto di litorale, essendo attualmente poco fruibile per la balneazione e per altri scopi, risulta essere soggetto ad uno stato di abbandono che comporta lo svilupparsi di aree di discariche abusive e il proliferare di interventi di cementificazione ingiustificata e/o abusiva che, di conseguenza, risulta soggetta a contestazioni.

Un'alta percentuale del perimetro di questa fascia costiera è soggetta ad erosione.

Lo sfruttamento del territorio a ridosso della fascia del litorale è principalmente industriale e urbano.

L'unità costiera in esame è costituita prevalentemente da spiagge basse intervallate da segmenti rocciosi. Il tratto di costa identificato e prescelto, che comprende le aree costiere che si sviluppano nei territori che vanno dal comune di Monforte San Giorgio a Saponara, risulta essere idoneo all'intervento proposto anche in ragione della non assoggettazione a vincoli particolari ed indicato, inoltre, dalla programmazione regionale e locale come sito su cui risulta necessario intervenire per ridurre il rischio di erosione presente e per effettuare una riqualificazione ambientale.

Il tratto interessato dagli interventi di ripascimento è interamente sabbioso (con riferimento a quanto indicato all'elaborato del progetto definitivo 2012, CZV0007_F0).

I sedimenti di spiaggia sono costituiti da sabbie medio-grosse e ghiaie ed in generale le granulometrie tendono a diminuire andando verso Est.

Ad Est della Fiumara di Niceto, nel territorio di Monforte san Giorgio, la spiaggia ha beneficiato della protezione delle barriere emerse di massi parallelepipedi oggi completamente insabbiate dinanzi all'abitato di Scala di Torregrotta. Procedendo ad Est, la spiaggia presenta alcuni pennelli di vecchia data largamente sopravanzati dalla linea di riva. Oltre il Torrente Cucuzzaro, sulla spiaggia del Comune di Spadafora si incontra un lungo pennello, con notevole accumulo di sabbia, che viene utilizzato per l'ormeggio di una flottiglia di piccole barche da pesca. Da qui la spiaggia si raccorda rapidamente alla prima parte di una serie di sei barriere emerse oblique di massi parallelepipedi in via di riempimento. Più avanti, il tipo di difesa cambia in una serie di pennelli ravvicinati in massi parallelepipedi che vedono la profondità di spiaggia aumentare procedendo verso levante, fino alla foce del Torrente Tonnarazza. Da qui in poi la spiaggia si riduce un'altra volta dinanzi il tratto di passeggiata a mare e le difese intanto ridiventano barriere emerse.

Il progetto prevede di realizzare delle barriere soffolte a protezione dell'intervento di ripascimento, da realizzare con il materiale di risulta delle opere del collegamento stabile dello stretto di Messina. Come sopra accennato, il tratto di litorale in oggetto, risulta interessato da fenomeni di erosione che nel Piano per l'assetto Idrogeologico [PAI] redatto dalla Regione Siciliana, vengono indicate come zone con livello di rischio R3 ed R4.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Si precisa, ad ulteriore conferma della esigenza palesata a livello locale della scelta della presente soluzione progettuale, atta alla riqualificazione del territorio ed alla riduzione del rischio idrogeologico, che nel Comune di Villafranca Tirrena (limitrofo ad est del Comune di Saponara) è già stato realizzato un intervento simile.

Inoltre, altri comuni interessati dall'intervento hanno già singolarmente avviato la progettazione di interventi simili per la riqualificazione della costa.

È opportuno sottolineare che, nell'area a ridosso della fascia costiera interessata dall'intervento di ripascimento insistono, ai fini della logistica di cantierizzazione, delle aree di cave dismesse già individuate nel presente progetto, che consentono lo smaltimento definitivo dei materiali di scarto provenienti dalle necessarie lavorazioni a cui sarà sottoposto il materiale grezzo proveniente dai siti di produzione ovvero saranno anche utilizzate come siti di stoccaggio provvisorio prima del definitivo utilizzo dei materiali lavorati.

Il progetto definitivo prevede la realizzazione di una barriera soffolta a protezione del litorale dalla foce del torrente Niceto alla foce del torrente Calvaruso, per uno sviluppo complessivo del tratto di costa di circa 11 Km, costituita in tre fasi attuative per uno sviluppo complessivo di 7950 m così suddiviso¹:

- 1^a fase attuativa – Comune di Spadafora - barriera soffolta avente uno sviluppo di circa 1800 m;
- 2^a fase attuativa – Comuni di Rometta e Saponara - barriera soffolta avente uno sviluppo di circa 2950 m suddivisa in due tratti di cui il primo di lunghezza pari a 400 m e il secondo di lunghezza pari a 2550 m ;
- 3^a fase attuativa – Comuni di Monforte San Giorgio – Torregrotta – Valdina - Venetico - barriera soffolta avente uno sviluppo di circa 3200 m suddivisa in due tratti di cui il primo di lunghezza pari a 1200 mm e il secondo di lunghezza pari a 2000 m;

La tipologia di opera di difesa costiera prescelta, a cresta bassa (soffolta), presenta il vantaggio di coniugare la protezione della linea di costa con la notevole riduzione dell'impatto ambientale e paesaggistico.

Inoltre, la barriera di presidio ha lo scopo di fissare l'altezza d'onda limite che attacca la spiaggia, provocando il frangimento delle onde di altezza maggiore.

In definitiva, il ricorso ad un ripascimento si presenta come una soluzione a basso costo di manutenzione purché protetto da un'opera di presidio.

La barriera soffolta è stata interrotta con la creazione di varchi in corrispondenza delle foci dei torrenti ricadenti nel tratto di costa in esame per evitare fenomeni di interrimento della foce e migliorare il ricambio idrico in prossimità delle stesse, non interferendo con i deflussi torrentizi.

L'opera soffolta di presidio, attestata su fondali compresi tra -4.0 m e -5.5 m sotto il l.m.m. ad una distanza di circa 150÷200 m dalla linea di riva, è costituita da tratti alternati in scogli naturali e geocontenitori di grosse dimensioni riempiti di sabbia proveniente dalla vagliatura del materiale di seconda scelta proveniente dai siti di produzione e lavorato nel sito SI8.

¹ Si precisa che l'elaborato CZR1158 effettua uno studio/ricognizione su aree di più ampio respiro rispetto al progetto e che coinvolgono nell'intervento di ripascimento 12 comuni, anziché quelli indicati per le 3 fasi e coinvolti per i ripascimenti di progetto. L'intervento di ripascimento considerato nel Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi del DPR 120/17, è sviluppato infatti in 7 Comuni (il tratto di litorale compreso tra i comuni di Monforte San Giorgio e Saponara), come indicato dall'elaborato CZV1012_F0.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Oltre ai comuni sopra indicati, nella fase di PE, saranno presi in considerazione altri tratti di litorale dove potrebbe essere opportuno un intervento di ripascimento; si valuterà ad esempio l'opportunità di estenderlo anche al comune di Sant'Alessio Siculo (ME).

Si precisa tuttavia che allo stato delle conoscenze attuali, non è possibile statuire in via definitiva la perseguibilità tecnico-autorizzativa degli interventi di ripascimento previsti in quanto, come peraltro richiesto dalla Commissione Ministeriale, si rende necessaria una nuova campagna di indagini e rilievi completi di mappatura aggiornata delle biocenosi costiere rilevanti (ivi compresa la presenza di Posidonia oceanica) da effettuarsi nella successiva fase di progettazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

3 INQUADRAMENTO DEI SITI DI PRODUZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO

3.1 Inquadramento territoriale

L'area interessata dall'attraversamento stabile nel territorio messinese si presenta come una porzione di territorio ad elevata complessità dove, ai frammenti degli originari caratteri paesaggistico-ambientali (laghi di Ganzirri, Capo Peloro, ecc...) con problemi di recupero e conservazione, si sommano importanti tradizioni culturali (pesca del pesce spada, miti legati allo Stretto, ecc...), che spingono verso un utilizzo turistico-culturale di questo territorio, oltre alla funzione più a lungo consolidata nel tempo di area balneare ad uso prevalente degli abitanti del centro urbano.

Inoltre, per effetto della presenza di consistenti insediamenti terziario direzionali, l'area si presenta come una parte funzionalmente rilevante dell'intero sistema territoriale messinese e per alcuni aspetti dell'intera area dello Stretto, luogo, dunque, di una serie complessa ed articolata di politiche di sviluppo ed assetto economico e territoriale.

Sul versante Calabria, la struttura insediativa dell'area attraversata dal progetto è rappresentata da un sistema territoriale caratterizzato da un lato da una morfologia molto acclive che ha orientato lo sviluppo essenzialmente lungo la fascia costiera. Gli ambiti territoriali direttamente interessati dalle opere ricadono nei comuni di Villa S. Giovanni, coinvolgendo direttamente le località Piale e Cannitello, e secondariamente Campo Calabro, entrambi nella Provincia di Reggio Calabria.

Il sistema urbano centrale è rappresentato da Reggio Calabria che costituisce uno dei due principali sistemi antropizzati della Regione con una fascia costiera di circa 30 km che ospita l'80% della popolazione di tutto il complesso urbano.

L'intervento in progetto si inserisce ed integra l'esistente sistema autostradale nazionale che per gran parte è da tempo oggetto di complesse opere di adeguamento ed ammodernamento.

Di seguito si riporta l'inquadramento territoriale di sito di produzione.

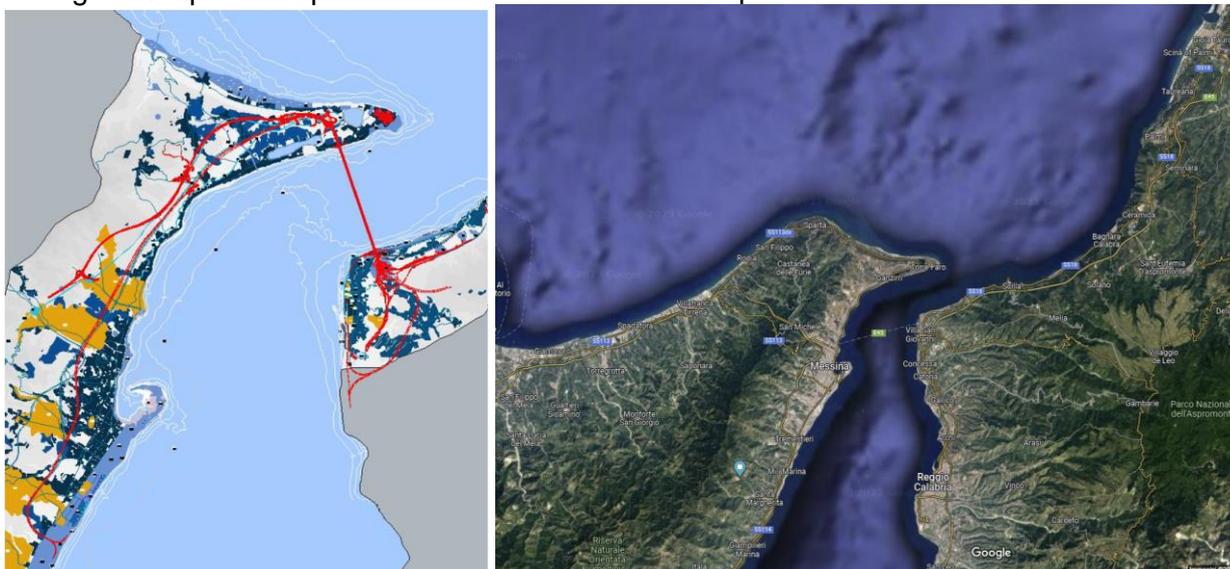


Figura 3-1 Scenario di riferimento - da relazione paesaggistica e inquadramento delle opere su Google maps

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

3.2 Inquadramento urbanistico

Nello Studio di Impatto Ambientale sviluppato per la presente fase di riavvio del progetto è stato sviluppato l'aggiornamento del "Quadro di Riferimento Programmatico" (QR Programmatico) rispetto a quanto contenuto nell'elaborato "Quadro di riferimento programmatico – Sicilia-Calabria - Relazione" relativo al "Progetto definitivo – Alternative ai siti di deposito" del maggio 2012.

Nello SIA, pur precisando che l'adeguamento è risultato necessario principalmente per verificare come il quadro pianificatorio si sia evoluto rispetto alla Quadro Programmatico individuato nel 2012, si evidenzia che la prima prescrizione dell'allegato A alla Delibera CIPE 66 del 2003 è la seguente:

"Premesso che l'approvazione del progetto preliminare comporta la localizzazione urbanistica e la conseguente variazione degli strumenti urbanistici, il progetto definitivo dovrà essere sviluppato in modo che, ferma la predetta localizzazione, si pervenga alla massima possibile compatibilità con le strategie ed i piani di sviluppo con i quali è destinato ad interagire."

Nell'ambito del Parere della CT-VA-n. 1185 del 15/03/2013, la prescrizione risulta ottemperata.

Pertanto, l'obiettivo privilegiato dell'analisi di cui al presente quadro è verificare l'evoluzione intercorsa del quadro pianificatorio con l'obiettivo di individuare, ove pertinenti, condizioni specifiche che possano definire ulteriori modalità ed elementi di interazione tra l'opera e i piani nel frattempo approvati, fermo restando il quadro di compatibilità già acclarato con l'ottemperanza alla prescrizione n.1 di cui al Parere della CT-VA-n. 1185 del 15/03/2013.

Ciò premesso, si richiamano i pregressi autorizzativi meglio esplicitati nella *Relazione del progettista* e nello *Studio di Impatto Ambientale*, ovvero la delibera del CIPE 1° agosto 2003, n. 66, con cui è stato approvato il progetto preliminare dell'opera e di cui si riporta il testo conclusivo:

- 1 Ai sensi e per gli effetti dell'art. 3 del decreto legislativo n. 190/2002 e della legge n. 1158/1971, come modificata ed integrata dal decreto legislativo n. 114/2003, è approvato, con le prescrizioni proposte dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti nell'allegato che forma parte integrante della presente delibera, il progetto preliminare del "Ponte sullo Stretto di Messina".
- 2 Il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti provvederà ad assicurare, per conto di questo Comitato, la conservazione dei documenti componenti il progetto preliminare dell'intervento "Ponte sullo Stretto di Messina" approvato con la presente delibera. Il medesimo Ministero provvederà altresì a verificare che il progetto definitivo concernente l'intervento di cui sopra sia conforme alle prescrizioni riportate nell'allegato di cui al punto precedente.

Per gli approfondimenti relativi all'inquadramento urbanistico si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale (cod. elab. AMR0971 - Capitolo 2).

3.3 Inquadramento geologico

3.3.1 Calabria - Tracciato autostradale e ferroviario

L'assetto geologico - strutturale che è stato ricostruito per il settore calabrese dell'opera a livello di progettazione definitiva, ricalca, nelle linee generali, quanto delineato a livello di progettazione preliminare.

Entrando in maggior dettaglio, alcune attribuzioni formazionali in area di interesse per il presente progetto hanno subito, a parità di litologie riconosciute, delle modifiche. Ci si riferisce in particolare ad alcuni affioramenti di breccie cementate presenti in prossimità di Cannitello che nel progetto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

preliminare erano attribuite al Conglomerato di Pezzo e che nella attuale cartografia sono invece attribuite ad una facies basale delle Calcareni di San Corrado.

All'apparenza, si riscontrano, invece, più significative differenze tra progetto preliminare e progetto definitivo nella disposizione spaziale degli elementi tettonici, prevalentemente sul tratto costiero. Se si considera, tuttavia, che tali elementi tettonici sono in gran parte posizionati non sulla base di chiare evidenze di terreno quanto piuttosto sulla miglior soluzione alle dislocazioni ipotizzate sulla base di correlazioni di sondaggio, è evidente che, disponendo per il progetto definitivo di un significativo numero di verticali di indagine in più, la soluzione interpretativa geometrica possa discostarsi.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione geologica generale (cod. elaborato CG0800PRGDCSBC6G000000001) ed annessi profili geologici.

3.3.2 Sicilia - Tracciato autostradale

Dalle progressive km 0,690 dir. Messina e dir. Reggio, sino all'imbocco della galleria Faro Superiore, progressiva km 2,216 dir. Messina e progressiva km 2,171 dir Reggio, l'autostrada procede in trincea con sbancamenti che interessano principalmente la formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina.

Sulla formazione affiorano, a tratti, depositi terrazzati poligenici ed eterogranulari, alcuni principalmente limoso - argillosi, altri con prevalente componente sabbioso-ghiaiosa. Gli spessori in questo caso variano da qualche metro a non più di 4-6 metri.

Gli sbancamenti interesseranno anche depositi terrazzati con caratteristiche granulometriche differenti, in cui prevale la componente sabbiosa con ghiaia in matrice limoso - argillosa, riconoscibile in parete per la forte colorazione rossastra. Gli spessori in questo orizzonte superano in qualche caso i 10 metri.

Entrambi i terreni potrebbero essere utilizzati per la copertura delle scarpate ove sarà messa a giorno la formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina, difficile da inerbire. La formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina, estesamente affiorante da Capo Peloro alla Fiumara dell'Annunziata, presenta ottime esposizioni nella Fiumara Pace, dove infatti dagli anni 60 è iniziato lo sfruttamento alle falde del Monte Balena per l'estrazione di materiali da utilizzare nella confezione di calcestruzzo, creando un arretramento notevole che permette di osservare fronti di scavo di notevole altezza. Si tratta di un'alternanza di strati da decimetri a metrici, clinostratificati, con pendenze medie di 10°-20° ed immersione generale verso l'asse dello Stretto. All'interno della formazione si rinvencono, a varie profondità e cartografabili in affioramento, degli orizzonti clastici debolmente cementati, identificabili anche nei sondaggi, dal tipico colore grigio chiaro. Il grado della cementazione aumenta nell'area di Ganzirri.

Dall'imbocco della galleria Faro Superiore, dal km 2,216 dir. Messina e sino al km 5,481 le coperture hanno potenza variabile e comunque limitata. Nella direzione Reggio si riscontra la medesima problematica tra il km 2,171 sino al km 5,414.

Dall'imbocco galleria Balena, sino alla progressiva km.6,041 dir. Messina, e km 5,936 dir. Reggio, basse coperture in materiale sabbioso-ghiaioso.

Uscita galleria Balena, progressiva km 7,109 dir. Reggio, presenza di materiale mobilizzato dalle attività di cava.

Imbocco galleria le Fosse, progressiva km 7,350 dir. Messina e progressiva km 7.315 dir. Reggio, gli strati della formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina immergono decisamente verso gli

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

imbocchi ed al loro interno, con buona probabilità, si troveranno strati spessi qualche metro, debolmente cementati.

Dalle progressive km 7,580 dir. Messina e km 7,589 dir. Reggio si incontrerà presumibilmente la formazione tortoniano-messiniana (Formazione di S. PierNiceto). Il cambiamento litologico avverrà verosimilmente intorno alle progressive km 8,300-8,500.

Non è da escludere però che nel tratto della galleria le Fosse, tra Fiumara Pace sino alla parte alta della Fiumara dell'Annunziata (edifici universitari), si rinverranno la successione sabbioso-argillosa e/o i calcari evaporitici.

La litofacies conglomeratica della Formazione di S. Pier Niceto poggia, nell'area di studio, direttamente sul cristallino peloritano. È costituita da clasti poligenici ed eterometrici, prevalentemente metamorfici di medio ed alto grado, immersi in abbondante matrice sabbiosa. I clasti hanno dimensioni variabili da pochi cm fino a un massimo di 60-70 cm e mostrano un buon indice di arrotondamento.

Trattandosi di depositi in massa ad opera di flussi gravitativi l'assetto è caotico e a tratti prevalgono arenarie debolmente cementate con elementi cristallini minuti.

In considerazione della variabilità di facies che la formazione di S. Pier Niceto presenta, e di una insufficienza di dati, è da supporre che dalla progressiva km 8,300 - 8,500 sino alla progressiva km 9,300 si potrebbe passare in maniera brusca o gradualmente dentro orizzonti prevalentemente arenacei ed a intervalli sabbioso-argillosi ed argilloso-sabbiosi. Il passaggio latero-verticale a facies litologiche differenti può avvenire con contatto netto, o sfumato con la presenza di tutte le tessiture intermedie, pertanto non è possibile effettuare correlazioni di dettaglio in tal senso.

Nella canna in direzione Reggio, dopo un primo tratto nella formazione arenaceo-conglomeratica, al km 9,825 si avrà una formazione assai irregolare e discontinua, caratterizzata da numerose variazioni di facies: da calcari travertinosi o concrezionati a calcari bianchi farinosi e a breccie calcaree.

La canna direzione Messina interessa per tutto il tratto la formazione arenaceo-conglomeratica tortoniano-messiniana di S. Pier Niceto precedentemente descritta, solo negli ultimi 30-40 metri incontra materiali detritici antropici.

All'imbocco della galleria Serrazzo in direzione Reggio si incontrerà un limitato intervallo di calcare vacuolare con abbondante presenza di lenti di argille della Formazione di S. Pier Niceto, sino al km 10,427, da questo punto si entra decisamente nelle argille gessose. Si passerà poi dal Km 10,427 alla Formazione di S. Pier Niceto in facies argilloso-siltosa con sottili intercalazioni di argille sabbiose e siltose, debolmente marnose, e con livelli di peliti brune, verdastre. Alla progressiva km 10,638 si incontrerà un altro disturbo tettonico.

L'ingresso della galleria in dir. Messina interessa un'area interamente coperta da coltri detritiche. Dalla progressiva km 10,367 si entra decisamente nelle argille gessose sino alla progressiva km 10,564. Proseguendo, in contatto per faglia, si entra nella formazione di S. Pier Niceto in facies argilloso-siltosa; con un altro disturbo tettonico, alla progressiva km 10,697 vengono lambite le argille gessose, e si prosegue poi nella formazione tortoniano-messiniana in facies argillosa.

3.3.3 Sicilia - Tracciato ferroviario

Il tracciato ferroviario, sia nella canna pari che dispari, interesserà una molteplicità di formazioni geologiche. Le cavità in sotterraneo interesseranno sia ammassi rocciosi (metamorfici) che termini

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

plastici. I termini interessati dalla escavazione delle gallerie andranno da litologie competenti, ma caratterizzate da grande variabilità composizionale e strutturale (metamorfite), a litologie costituite da materiali altamente compressibili come i livelli di torba.

L'inizio della galleria è previsto al km 1,115 per il binario dispari e al km 1,121 per il binario pari. Da queste progressive si entra nella formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina. Le caratteristiche tessiturali e strutturali che si incontreranno, in generale, all'attraversamento di questa formazione è ben rappresentato negli affioramenti lungo le fiumare Papardo, Curcuraci e Pace.

Si tratta di un'alternanza di strati clinoforni da decimetrici a metrici con pendenze medie di 10°-30° e con direzione generale verso lo Ionio, in appoggio discordante su diversi termini del substrato e del basamento. Questi depositi clastici si sono sviluppati durante le fasi di surrezione dell'area. In effetti essi sono riferibili a sistemi fluviali indipendenti, a volte coalescenti, con rapporti di letto e sviluppo verticale differenti a seconda delle diverse condizioni locali in cui essi si sono accresciuti. Tuttavia, i dati disponibili non sono sufficienti a stabilire se gli apparati sommersi siano duplicati tettonici, ribassati da faglie normali, di quelli affioranti a terra o piuttosto sistemi deposizionali più recenti incastrati a quota inferiore.

La formazione, tra Ganzirri e Pace, è caratterizzata dalla presenza, a diverse altezze stratigrafiche, di lenti discontinue, spesse da 10 cm a circa 6 m, di conglomerato di colore grigiastro da debolmente a mediamente cementato.

In generale si nota un aumento del grado di cementazione spostandosi da Sud a Nord; in località Granatari oltre all'aumento della cementazione diminuisce il diametro dei clasti, sino ad assumere tessitura microconglomeratica.

Proseguendo nel tracciato tra km 7,463 binario dispari e km 7,520 binario pari, e collegando gli affioramenti della formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina verso la Fiumara Pace si passerà con buona probabilità alla successione evaporitica, attraversando dall'alto in basso Trubi, Arenazolo e Calcare evaporitico brecciato.

In queste località la formazione è caratterizzata da calcari marnosi e marne biancastre, con una frazione sabbiosa crescente verso i livelli sommitali, in strati di 10-30 cm talora fino a mezzo metro, intensamente fratturati.

Proseguendo, tra la progressiva km 7,710 binario dispari al km 7,800 binario pari, si entra nella formazione Arenazzolo.

L'unità, non affiorante lungo i tracciati, o di spessore talmente esiguo da non essere cartografabile, è prevalentemente costituita da sabbie giallo-brune di composizione arcocosa, scarsamente cementate.

In successione si passa al calcare evaporitico, costituito da brecce di calcare microcristallino di colore bianco-grigiastro, talora con intercalazioni di laminite carbonatiche. La tessitura varia da massiva a laminare; generalmente si presenta brecciato e pulverulento, tipicamente vacuolare per processi di dissoluzione.

A sud della città di Messina, il calcare evaporitico affiora in livelli continui con spessore fino a 60 m. Al km 11,383 con passaggio eteropico si entra nella facies conglomeratica della Formazione di S. Pier Niceto. In questo settore aumenta la probabilità di incontrare livelli prettamente torbosi.

Tra il Torrente Trapani e il Torrente Bocchetta alla progressiva km 11,580 si entra nelle arenarie e conglomerati della Formazione di S. Pier Niceto. Il cavo con ragionevole certezza sino alla

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

progressiva km13,156 si svilupperà in questa formazione; da qui in contatto per faglia si passa dalla Formazione di S. Pier Niceto all'Unità tettonica dell'Aspromonte.

Il basamento metamorfico affiora tra la Fiumara Portalegni ed il Santo. In questo settore i litotipi presenti sono caratterizzati da:

- gneiss occhiadini affioranti da Fiumara Ciccica a Marotta Superiore, e subordinati paragneiss presenti tra Contrada Castagna e S. Michele, in sinistra dell'alto corso della Fiumara di S. Leone.
- plutoniti tardo-varisico costituite da masse, per lo più leucocratiche, e da una fitta rete di filoni acidi.
- metamafiti, potenti fino a 20 m, sono presenti nei pressi di Dinnamare e a Fiumara Tracanalì (ad ovest di Dinnamare). Anfiboliti e gneiss anfibolici sono stati osservati a Camaro e a Cumia Superiore. Le metamafiti presentano tessitura massiva o listata, grana media, e una struttura da granoblastica a nematoblastica con rapporti quantitativi variabili di orneblenda, plagioclasio, quarzo e biotite.
- marmi, in corpi di limitata estensione, affiorano a Camaro, Cumia e a S. Lucia (in destra della Fiumara di S. Filippo), intercalati a paragneiss e micascisti o associati ad anfiboliti. Tali litotipi sono massivi, grigio-chiari a grana media e tessitura saccaroide, caratterizzati mesoscopicamente dalla presenza di biotite±granati±quarzo±feldspati±muscovite.

Alla progressiva km 13,665 si entra nelle alluvioni con spessori che raggiungono i 40 metri e poi nel basamento cristallino che interesserà il cavo sino alla progressiva km 14,768. Proseguendo al km 15,430 sino al km 15,850 si attraversa una zona di spessa copertura alluvionale. Al km 17,288 dal conglomerato tortoniano si rientra nella formazione delle Ghaie e sabbie di Messina sino all'uscita della galleria S. Lucia.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione geologica generale (cod. elaborato CG0800PRGDSSBC6G00000001A) ed annessi profili geologici.

3.4 Inquadramento idrogeologico

3.4.1 Calabria - Tracciato autostradale e ferroviario

I tracciati stradali delle rampe di collegamento al Ponte interessano prevalentemente i depositi alluvionali recenti e terrazzati ed il complesso ghiaioso-sabbioso pleistocenico, spesso sottostante ai primi, il quale localmente raggiunge spessori consistenti. Nella zona settentrionale dell'area, tra Punta Pezzo e Cannitello sono anche interessati termini più profondi della successione stratigrafica, rappresentati principalmente dal complesso conglomeratico-sabbioso miocenico (conglomerato di Pezzo).

Analizzando il tracciato di ogni singola struttura di collegamento si osserva che tutte e quattro le rampe principali (A, B, C, D) nella zona settentrionale prossima al Ponte interessano condizioni geologiche e strutturali particolarmente complesse dove si hanno anche rapporti tra le opere e i corpi idrici contenuti negli acquiferi.

La rampa A interessa inizialmente i depositi conglomeratico-sabbiosi miocenici prima dell'imbocco in galleria e quindi si sviluppa all'interno degli stessi depositi dove viene presumibilmente intercettata una zona satura tra il Km 1,00 ed il Km 1,200. In base ai dati disponibili la piezometrica si pone ad una quota tra 70 e 90 m s.l.m. e pertanto procedendo in tale tratto la galleria sarebbe soggetta ad un carico idraulico variabile fino ad un massimo di 20 m circa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Tra le progressive Km 700 e Km 900 l'intercettazione di presumibili condizioni strutturali, lungo le quali si può avere una maggiore veicolazione delle acque di infiltrazione, potrebbe determinare venute d'acqua non trascurabili durante lo scavo.

Il tracciato della rampa B si sviluppa in galleria, analogamente alla rampa A, interessando tra le progressive Km 0,350 e Km 0,800 le stesse condizioni stratigrafico-strutturali descritte nel caso precedente. Nel tratto più meridionale, in base ai pochi dati disponibili, si può ipotizzare che la piezometrica venga intercettata dalla galleria ad una quota tra 60 e 70 m s.l.m., in corrispondenza del passaggio dalla zona collinare alla piana costiera, dove presumibilmente la variazione morfologica è determinata da un sistema di linee tettoniche.

Il tratto in galleria della rampa C interessa per un lungo tratto il complesso conglomerato miocenico, tra le progressive 0,600 e 0,850, intercettando verosimilmente la falda ivi contenuta la cui piezometrica si pone ad una quota variabile tra 80 m e 100 m s.l.m.. Pertanto, in relazione alla quota della galleria, variabile tra 70 m e 80 m s.l.m., lo scavo procederebbe in zona satura.

Il tracciato della rampa D, sviluppandosi prevalentemente in galleria, presenta le stesse problematiche delle altre opere viarie. Il tratto tra le progressive 0,500 m e 0,800 m interessa la falda dei conglomerati miocenici, con la piezometrica a quota variabile tra 80 m e 100 m s.l.m. Poiché la galleria si sviluppa a quota di circa 60-70 m s.l.m., essa procede in tale tratto in zona satura.

Relativamente alle infrastrutture ferroviarie, utilizzando pochi punti d'acqua localizzati in prossimità dei tracciati, si è verificata la presenza della piezometrica limitatamente ai primi 800 m circa dall'inizio dei tracciati dei rami 1 e 2. Pertanto, in relazione alla quota della galleria lo scavo procederebbe in parte in zona satura, dove potrebbero aversi manifestazioni idriche tipo stillicidio o anche venute diffuse, pur tenendo conto del tipo di acquifero interessato, caratterizzato da permeabilità medio-bassa principalmente nella parte più superficiale. Nell'attraversamento di alcune discontinuità tettoniche le manifestazioni possono presentarsi di tipo concentrato puntuale.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione idrogeologica generale (cod. elaborato CG0800PRGDCSBC6G00000003A) ed annessi profili.

3.4.2 Sicilia - Tracciato autostradale e ferroviario

Le risorse idriche sotterranee dell'area in esame sono in gran parte utilizzate per scopi idropotabili mediante pozzi comunali sparsi nel territorio e per scopi domestici, aziendali e agricoli mediante pozzi privati. L'incidenza dei prelievi a fronte della ricarica media annua, stimata per le singole idrostrutture, comporta situazioni di precario equilibrio anche negli acquiferi più produttivi. In presenza di tali condizioni l'esecuzione delle opere viarie in progetto può determinare modifiche sostanziali nell'idrodinamica degli acquiferi, inducendo forme di degrado quantitativo delle risorse idriche sotterranee.

Il tratto iniziale dei collegamenti ferroviari e stradali al Ponte, costituito dal viadotto Pantano, si svolge nell'area di Capo Peloro, tra i due bacini naturali denominati Pantano grande e Pantano piccolo. Questi costituiscono un sistema idrologico caratterizzato da acque salmastre in quanto comunicanti con il mare e fra loro mediante canali in parte artificiali ed in parte naturali.

Il maggiore fra i due bacini riceve contributi di acqua dolce dagli acquiferi sabbioso-ghiaioso e alluvionale che determinano variazioni di salinità e di temperatura delle acque in base alle condizioni meteorologiche nel corso dell'anno. La qualità delle acque risente degli effetti dell'antropizzazione diffusa lungo le sponde e nell'entroterra, principalmente per gli scarichi provenienti dall'abitato di Ganzirri e dalle attività presenti nel circondario.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Il bacino di dimensioni minori, localizzato all'estremità del promontorio, riceve un minor contributo di acqua dolce dai depositi recenti. La presenza anche qui di insediamenti abitativi lungo le sponde comporta effetti di degrado della qualità delle acque.

La superficie piezometrica negli acquiferi dei depositi recenti e delle ghiaie e sabbie di Messina si pone a quote variabili fra 0,5 m nella zona prossima alla costa e 3,0 - 4,0 m s.l.m. nella zona più interna. Essa rimane sempre a quota inferiore a quella delle opere in progetto.

Superato il viadotto Pantano il tracciato ferroviario interessa fino al Km 7,100 esclusivamente l'acquifero ghiaioso-sabbioso pleistocenico con locali coperture di depositi alluvionali. La superficie piezometrica, indicativa della falda di base, si pone poco al di sopra del livello del mare, ossia a quota variabile da circa 0,5 m s.l.m. ad un massimo di 5 m s.l.m., molto al di sotto della quota del piano galleria.

Dal Km 7,100 al Km 8,400 il tracciato ferroviario si può presumere che si abbiano condizioni analoghe a quelle del tratto precedente. Dal Km 8,400 al Km 11,00 si evidenziano accentuate variazioni dei valori della piezometria, ricollegabili a condizioni stratigrafiche e strutturali, in parte riscontrabili dai pochi affioramenti di terreni marnoso - calcarei (Trubi) in punti localizzati a bassa quota, in parte da alcuni sondaggi che attraversano i terreni marnosi attestandosi nel calcare brecciato. La superficie piezometrica si pone a qualche metro s.l.m. in prossimità della costa, elevandosi fino ad un massimo di circa 50-75 m s.l.m. sulle colline, nel tratto dal Km 9,400 al Km 9,600. Mentre a ridosso della costa il valore della piezometria è da riferire ai depositi ghiaioso - sabbiosi pleistocenici, nelle ampie vallate delle fiumare Annunziata e San Leone la piezometria è riferibile ai depositi alluvionali di fondo valle, dove la falda è sostenuta da sedimenti in parte pliocenici ed in parte miocenici scarsamente permeabili verosimilmente interessati da dislocazioni tettoniche che comportano una frequente variabilità. Alle quote maggiori la piezometria ricostruita si pone ad una quota variabile da 25 a 50 m, interessando quindi in parte il tracciato ferroviario con un carico idraulico significativo particolarmente nell'attraversamento della fiumara dell'Annunziata.

Dal Km 11,00 al Km 13,200 si può desumere che una falda di modesta produttività possa essere contenuta nei depositi alluvionali delle valli minori e nei sedimenti sabbioso miocenici sottostanti. Dal Km 13,200 al Km 15,00 la superficie piezometrica si pone ad una quota massima di 5 m s.l.m. all'interno dell'acquifero alluvionale estesamente affiorante in tutta la fascia costiera. Ritenendo costante il valore del gradiente idraulico verso monte la galleria in questo tratto non interesserebbe la zona satura dell'acquifero alluvionale, restando al di sopra di essa di quasi 10 m.

Dal Km 15,00 al Km 16,00 circa la piezometria ricostruita si pone ad una quota di 40 m s.l.m. in corrispondenza del tratto di galleria in attraversamento della fiumara Gazzi, mentre a valle, lungo la fascia costiera, si mantiene ad una quota variabile da circa 1 m s.l.m. ad un massimo di 5 m s.l.m. La sensibile variazione di quota si verifica allo sbocco della valle nella zona pianeggiante costiera, probabilmente a causa del sistema di strutture tettoniche, orientate analogamente a quelle della zona precedente, le quali sollevano i sedimenti conglomeratici-sabbiosi miocenici.

Dal Km 16,00 alla fine del tracciato le condizioni sopra descritte sono verosimilmente analoghe per quanto riguarda il restante tratto di galleria.

Il tracciato stradale, analogamente al tracciato ferroviario, interessa inizialmente l'acquifero ghiaioso - sabbioso pleistocenico con locali coperture di depositi alluvionali e tali condizioni restano immutate fino al Km 10 circa. La superficie piezometrica ricostruita per il tratto di tracciato fino al Km 6,500, dove si pone a quote variabili tra 3 e 5 m s.l.m., ossia molto al di sotto della quota delle gallerie Faro superiore e Balena. Dal Km 6,500 al Km 9 circa la completa assenza di dati di livello idrico non ha

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

consentito la ricostruzione della piezometrica. Dal Km 9 al Km 10,300, corrispondente all'attraversamento della valle della fiumara Annunziata la piezometrica ricostruita per la zona poco più a valle del tracciato può interessare il tratto terminale della galleria naturale le Fosse ed il tratto iniziale della galleria Annunziata. La quota piezometrica può ritenersi posizionata a circa 160 m s.l.m., riferendosi all'acquifero alluvionale e a quello dei depositi ghiaioso - sabbiosi poggianti sui sedimenti conglomeratici e argilloso - marnosi miocenici, affioranti sui fianchi meridionali del ramo principale della fiumara Annunziata.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione idrogeologica generale (cod. elaborato CG0800PRGDSBC6G000000003A) ed annessi profili.

3.5 Caratteristiche geomeccaniche

3.5.1 Calabria - Tracciato autostradale e ferroviario

Dal punto di vista dei criteri di caratterizzazione geotecnica sono state distinte tre tipologie di materiale:

- materiali a grana grossa più o meno cementati (sabbie e ghiaie più o meno limose);
- materiali a grana fine (limi e argille più o meno sabbioso-ghiaiose);
- rocce (arenarie, siltiti, calcari marnosi, marne calcaree, marne e argilliti).

CONGLOMERATO DI PEZZO

Il conglomerato di Pezzo, di età tortoniana, è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose. Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato. Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili. Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere.

PLUTONITI

Le metamorfiti affioranti nel settore settentrionale sono costituite da paragneiss che lateralmente tendono a passare a micascisti biotitici attraversando petrofacies intermedie. Tali litotipi si presentano di colore grigio, a grana media-fina e tessitura da massiva a foliata. Le rocce cristalline granitoidi del settore centro-meridionale sono, invece, costituiti da leucogranodioriti a due miche e graniti-monzograniti. All'interno dei graniti è stato localmente riscontrato un sensibile grado di alterazione idrotermale che conferisce alla roccia un aspetto brecciato, a luoghi con colorazione biancastra e farinosa al tatto.

SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

I materiali in oggetto sono granulometricamente descritti come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

DEPOSITI TERRAZZATI MARINI

Sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

coesive con cementazione da debole ad assente. L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene mediosuperiore.

DEPOSITI COSTIERI DI SPIAGGIA

Tali depositi sono distribuiti entro 200 m dall'attuale linea di costa. Sono costituiti da sabbie con ciottoli di composizione prevalentemente quarzoso-feldspatica a cui si intercalano livelli o lenti di argille limose e di torbe.

TRUBI

Sono caratterizzati da marne, marne argillose e marne siltose di colore bianco-giallastro, a frattura concoide, localmente con abbondanti livelli sabbiosi fini di colore grigio chiaro.

I Trubi poggiano sul Conglomerato di Pezzo con interposizione alla base di un orizzonte di circa 1,5 metri di sabbie giallastre e presentano al tetto, ed in contatto trasgressivo, un orizzonte calcarenitico. Lo spessore massimo in affioramento è stato valutato nell'ordine di 20m. Tale variabilità di spessori è da connettersi in prima istanza all'articolazione in alti e bassi della superficie morfologica sulla quale essi si sarebbero depositi al di sopra del Conglomerato di Pezzo. Di particolare rilievo è l'ispessimento della formazione nel settore posto a sud della zona dell'ancoraggio nella quale i Trubi raggiungono spessore massimo.

DEPOSITI ALLUVIONALI

Si tratta prevalentemente di depositi sabbioso-ghiaiosi olocenici di fondo alveo. L'incisione operata dai corsi d'acqua determina la diretta sovrapposizione di tali depositi sul substrato cristallino-metamorfico. Gli spessori massimi dedotti da affioramento e sondaggi non è superiore alla decina di metri.

DEPOSITI DI VERSANTE

Sono depositi detritici olocenici alimentati da processi di degradazione e trasporto dovuto sia alle acque di dilavamento che alla gravità ed accumulati, in genere, alla base dei versanti. Affiora come un deposito di sabbie di colore rossastro da medie a grossolane, solo subordinatamente fini, con rare intercalazioni di livelli di ghiaiosi o limosi.

CALCARENITI DI SAN CORRADO E FORMAZIONE LE MASSE

Si tratta di calcareniti e calciruditi clastiche e bioclastiche, da moderatamente cementate a cementate, con stratificazione incrociata. Sono presenti orizzonti di sabbie giallastre, grossolane, addensate e laminate, a luoghi di qualche metro di spessore.

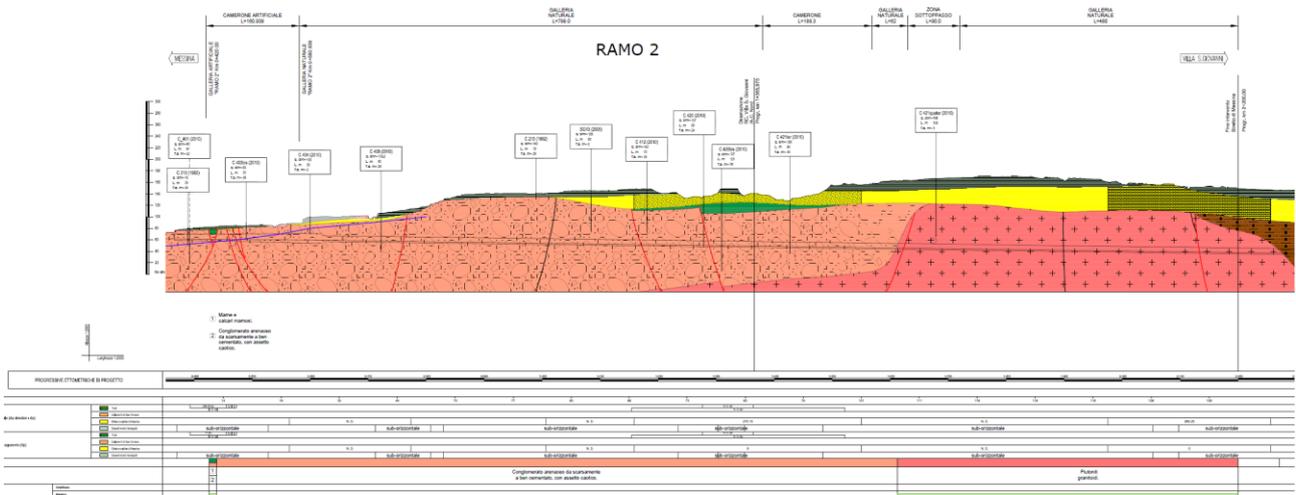
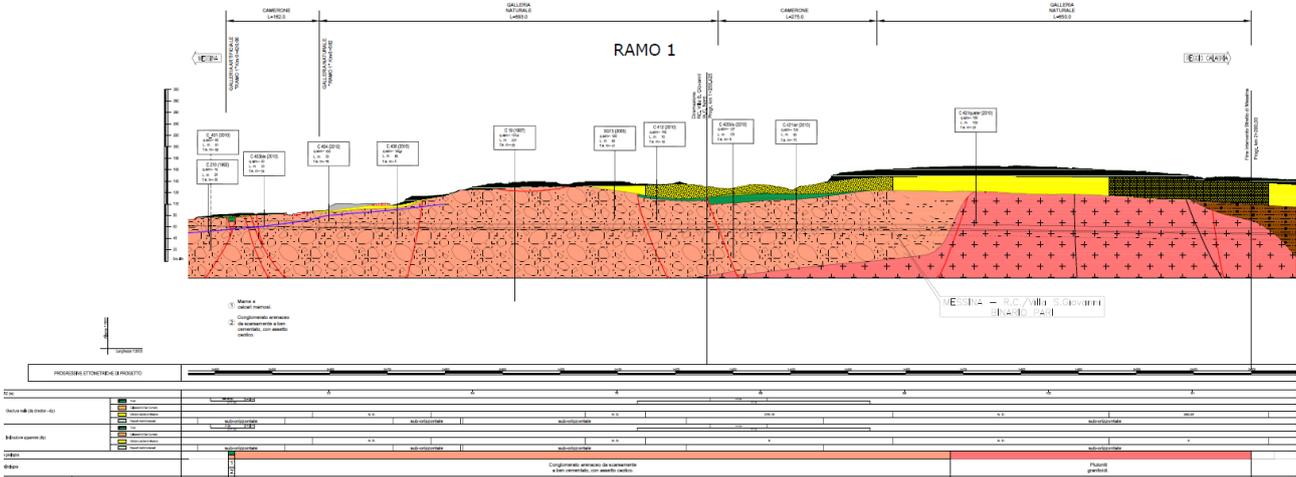
Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione geotecnica generale (cod. elaborato CG0800PRBDCSBC8G000000001A).

Successivamente si riporta un estratto esemplificativo delle sezioni geomeccaniche sviluppate per le opere ferroviarie, che vedono per la maggior parte dei tracciati la presenza di conglomerati arenacei e plutoniti.

**PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA
SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17
(Fase di riavvio L.58/2023)**

Codice documento
AMR0976_r03.docx

Rev Data
D 22/02/2024



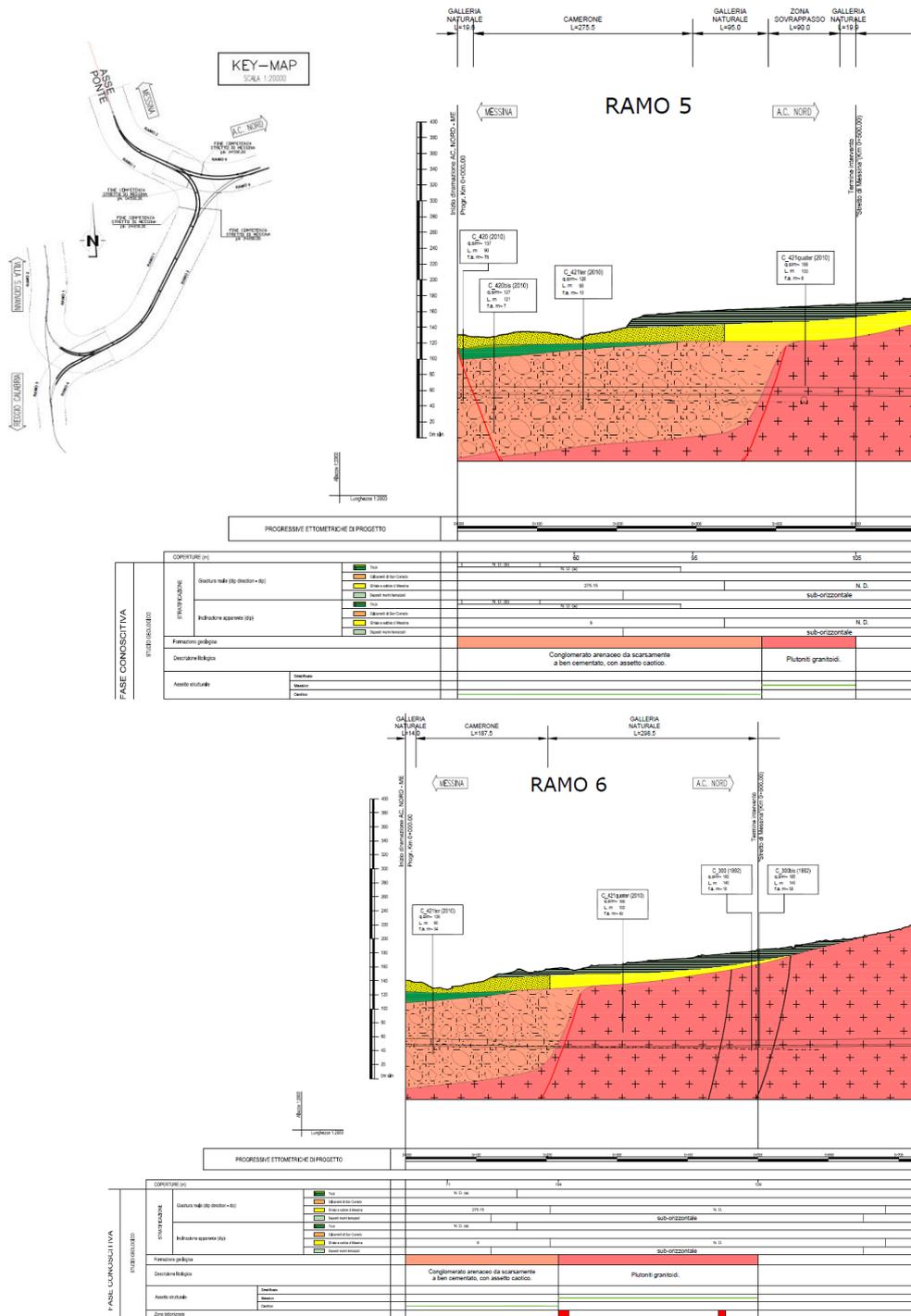


Figura 3-2 Estratti dalle tavole CF0033_F0÷CF0036F0 che riportano le litologie delle gallerie ferroviarie in Calabria

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Viene riportato di seguito l'elenco delle principali formazioni geologiche e la loro "distribuzione" lungo i tracciati, definita in base alle indagini effettuate in fase di Progetto definitivo:

Conglomerato di Pezzo	59%
Plutoniti	31%
Sabbie e Ghiaie di Messina	6%
Depositi terrazzati marini	3%
Depositi costieri di spiaggia	<1%
Trubi	<1%
Depositi di versante	<1%
Depositi alluvionali	<1%
Calcareniti di S.Corrado	<1%
Formazione di Le Masse	<1%

Figura 3-3 Distribuzione litologica in base alle indagini eseguite lato Calabria

3.5.2 Sicilia - Tracciato autostradale e ferroviario

Dal punto di vista dei criteri di caratterizzazione geotecnica sono state distinte tre tipologie di materiale:

- materiali a grana grossa più o meno cementate (sabbie e ghiaie più o meno limose);
- materiali a grana fine (limi e argille più o meno sabbioso-ghiaiose);
- rocce (arenarie, siltiti, calcari marnosi, marne calcaree, marne e argilliti).

In questa sede per terreni incoerenti a grana grossa si intendono quei materiali caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) generalmente inferiori a 30-35%.

SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

I materiali in oggetto sono granulometricamente descritti come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane. Frequentemente si rilevano strati di ghiaie cementate come si evidenzia nei rilievi effettuati nelle aree di imbocco delle gallerie ferroviarie S. Agata, S. Cecilia, e stradali Faro, Balena e Le Fosse.

FORMAZIONE DEL SAN PIER NICETO

Tale formazione è costituita essenzialmente da due facies distinte, una basale conglomeratica ed arenacea e l'altra superiore di natura prevalentemente argillosa. Alla base il conglomerato è costituito da grossi ciottoli poligenici arrotondati e ghiaie di colore marrone-avana in una matrice arenacea rossastra con sabbia sempre più fine man mano che ci si sposta verso l'alto. Nella parte superiore assume l'aspetto di un ammasso roccioso che affiora estesamente in banchi.

SERIE GESSOSO- SOLFIFERA

Si tratta delle evaporiti relative alla crisi di salinità che ha interessato il Bacino Mediterraneo durante il Messiniano. La litofacies evaporitica è caratterizzata da gessi e argille gessose, prevalentemente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

alla base della successione, e da calcari brecciati e vacuolari affioranti discontinuamente. L'appoggio della formazione è sempre sulle varie litofacies della Formazione di S. Pier Niceto.

DEPOSITI COSTIERI

Il deposito alluvionale e costiero è caratterizzato da ghiaie e da sabbie a grana da media a grossolana. Si tratta dei litotipi localizzabili nella prima tratta del tracciato, da 0 a 0+600 Km circa e che, in base all'analisi dei sondaggi e anche di quanto interpretato nel progetto preliminare si spinge fino a 40m di profondità ed anche oltre, risultando comunque difficile l'esatta individuazione del passaggio con le sottostanti Sabbie e Ghiaie di Messina granulometricamente simili. L'età dei depositi è Olocene.

DEPOSITI ALLUVIONALI

Sono costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, giallastre o brune a clasti prevalentemente arrotondati di diametro da 2 a 30 cm, clasti sostenuti o a supporto di matrice argilloso-sabbiosa, alternate a rari sottili livelli di sabbie argillose rossastre; sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-terrosa. L'età dei depositi alluvionali terrazzati è Pleistocene medio-superiore. I depositi alluvionali recenti sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaie a supporto di matrice terroso-argillosa, talora terrazzati, localizzati in aree più elevate rispetto agli alvei fluviali attuali. La componente ruditica è rappresentata da ciottoli poligenici, prevalentemente cristallini, da spigolosi a subarrotondati di diametro tra 1 e 10 cm, mediamente di 4-5 cm. L'età dei depositi alluvionali recenti è l'Olocene.

METAMORFITI

Nell'area in oggetto l'Unità dell'Aspromonte è caratterizzata da un Complesso metamorfico intruso da un Complesso plutonico. Metamorfiti e plutoniti sono interessate da una tettonica responsabile di effetti da cataclastici e milonitici. La porzione geometricamente inferiore dell'unità è costituita da paragneiss biotitici passanti a micascisti, localmente associati a corpi di gneiss occhiadini e metagraniti, con intercalazioni di anfiboliti, quarziti e marmi.

TRUBI

Si tratta di calcari marnosi e marne calcaree color bianco-crema. Gli affioramenti più estesi si ritrovano sul lato tirrenico, dove raggiungono spessori massimi di circa 40 m. In queste località la formazione è caratterizzata da calcari marnosi e marne biancastre, con una frazione sabbiosa crescente verso i livelli sommitali, in strati di 10-30 cm talora fino a mezzo metro, intensamente fratturati. Localmente alla base è presente un livello conglomeratico a clasti metamorfici, in matrice sabbiosa.

DEPOSITI DI VERSANTE

Il deposito di versante è costituito da materiali incoerenti ed eterometrici di varia litologia, spigolosi e localmente a grossi blocchi, accumulati essenzialmente per gravità alla base di versanti più o meno acclivi, o legati a processi di alterazione esogena di particolare significato. Lo spessore può raggiungere i 10 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

CALCARENITI DI SAN CORRADO

Si tratta di un'alternanza di strati calcarenitici friabili e sabbie grossolane di colore giallo bruno, ad abbondante fauna rappresentata da bivalvi, gasteropodi, brachiopodi, scafopodi, echinidi, balani e coralli.

ARENAZZOLO

È costituito da un conglomerato di colore grigiastro, matrice sostenuto, costituito da elementi eterometrici prevalentemente metamorfici, affiorante in Sicilia centrale.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione geotecnica generale (cod. elaborato CG0800PRBDSSBC8G000000001).

Viene riportato di seguito l'elenco delle principali formazioni geologiche e la loro "distribuzione" lungo i tracciati, definita in base alle indagini effettuate in fase di Progetto definitivo:

Sabbie e Ghiaie di Messina	(72% stradale, 44% ferroviario)
San Pier Niceto (conglomeratica/sabbiosa ed argillosa)	(16% stradale, 21% ferroviario)
Serie gessoso – solfifera (calcarei brecciatati e facies argillosa)	(3% stradale, 13% ferroviario)
Depositi alluvionali e costieri	(8% stradale, 10% ferroviario)
Metamorfiti	(7% ferroviario)
Trubi	(3% ferroviario)
Depositi di versante	(<1%)
Calcareniti di San Corrado ed Arenazzolo	(<1%)

Figura 3-4 Distribuzione litologica in base alle indagini eseguite lato Sicilia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

4 TECNICHE DI SCAVO

Per la realizzazione dell'Opera verranno utilizzate tecniche di scavo in funzione delle formazioni geologiche da attraversare e delle indicazioni progettuali.

Posto che le attività di scavo, per le attrezzature adottate, le tipologie di avanzamento ed i materiali (sostanze e preparati) impiegati, potrebbero alterare le caratteristiche merceologiche del materiale, si procederà con la sistematica caratterizzazione delle terre di scavo per definirne le modalità di gestione.

Per quanto attiene agli scavi si distinguono le seguenti principali tipologie di opere:

- scavi all'aperto, blocchi di ancoraggio, fondazioni torri e fermate di metropolitane in stazione;
- gallerie naturali autostradali e ferroviarie con scavo tradizionale;
- gallerie naturali a singolo binario con scavo meccanizzato;
- gallerie artificiali.

Tali infrastrutture sono realizzate in terreni con caratteristiche geologiche e geotecniche non favorevoli per cui si rende necessario il ricorso alle più avanzate tecnologie di preconsolidamento del suolo per consentire l'esecuzione degli scavi in condizioni di stabilità e conseguente sicurezza per gli operatori.

Le tecniche di preconsolidamento principalmente impiegate sono il jet grouting, i diaframmi e pali in calcestruzzo, gli infilaggi, le chiodature e le tirantature dei fronti di scavo.

I materiali che si originano dagli scavi per la realizzazione delle suddette opere si possono pertanto raggruppare nelle seguenti tipologie:

- Terre e rocce provenienti dagli scavi all'aperto incluso lo scotico;
- Terre e rocce provenienti dagli scavi in sotterraneo eseguiti in tradizionale;
- Terre e rocce provenienti da scavi meccanizzati in sotterraneo eseguiti con TBM;
- Materiali derivanti da scavi di opere di consolidamento (diaframmi, jet grouting);
- Materiali fini derivanti dal processo di classificazione e lavaggio degli inerti per calcestruzzi e delle sabbie per il ripascimento;
- Reflui da trattamento delle acque di lavaggio e da filtropresse ovvero fanghi;
- Materiali provenienti da demolizioni di manufatti (macerie).

Di seguito si descrivono i materiali da scavo generati da alcune particolari tipologie di scavo.

4.1 Scavo di sbancamento a sezione aperta

4.1.1 Modalità di scavo

Nei tratti in cui l'opera in progetto si sviluppa su terreni sciolti o poco addensati si prevede il ricorso a metodologie ed attrezzature di scavo convenzionali che, operando in assenza di additivi, non alterano le caratteristiche chimico fisiche del materiale movimentato.

Le principali attrezzature utilizzate per tali metodologie di scavo sono le seguenti:

- apripista;
- escavatore idraulico a braccio rovescio;
- escavatore idraulico a braccio frontale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

I materiali provenienti dagli scavi all'aperto possono essere distinti in funzione delle loro caratteristiche agronomiche in:

- 1 terreno vegetale (corrispondente al primo strato di terreno, risultante dalle operazioni di scotico in aree agricole, fino ad una profondità massima di circa 30÷50 cm);
- 2 terreno sterile derivante dagli scavi all'aperto (approfondimento e scavo di sbancamento per la bonifica del piano di posa, sbancamento per la realizzazione di trincee e gallerie artificiali).

Per gli scavi di scotico saranno utilizzati mezzi dotati di lame e/o benna che a più passaggi asportano gli strati di materiale (suolo) accantonandolo in apposite aree dedicate per il successivo reimpiego per il rivestimento di scarpate o il ripristino delle aree interessate dai cantieri.

Per gli scavi di sbancamento per la bonifica del piano di posa, trincee e gallerie artificiali saranno invece usati prevalentemente escavatori meccanici. In funzione della tipologia di scavo da eseguire, della profondità e della quantità di materiale da scavare, all'escavatore potrà essere affiancata una pala caricatrice che provvederà a caricare i mezzi di trasporto utilizzati per lo spostamento del materiale scavato all'interno del cantiere o verso l'esterno.

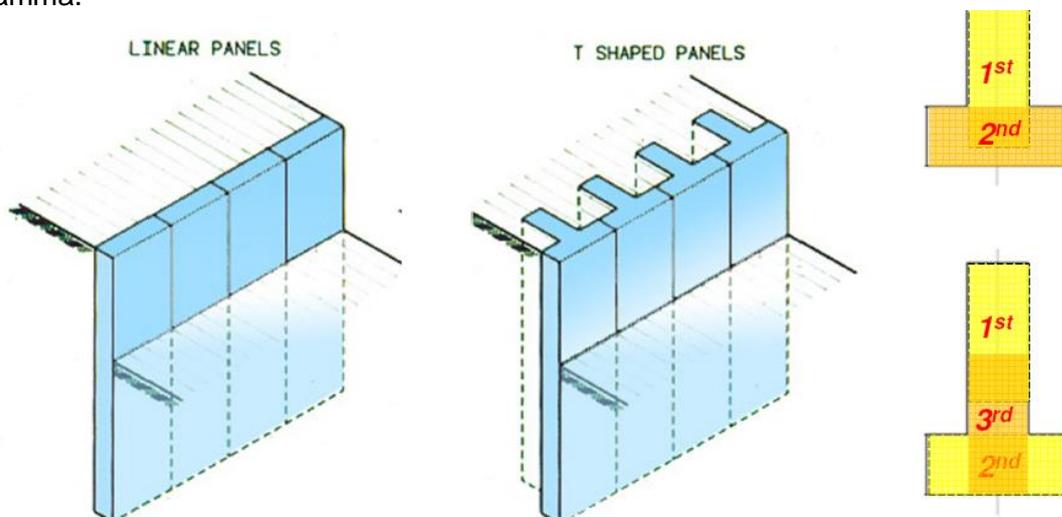
4.1.2 Prodotti utilizzati

In questa tipologia lo scavo avviene con mezzi meccanici tradizionali, e non comporta l'utilizzo di prodotti.

4.2 Scavo di diaframmi

Il diaframma è un elemento di paratia o di fondazione, generalmente di sezione rettangolare, realizzato dalla superficie asportando e sostituendo il terreno con un conglomerato cementizio armato. Lo scavo ed il getto sono di solito eseguiti per elementi singoli (pannelli), le cui dimensioni corrispondono alle dimensioni nominali dell'utensile di scavo, o ad un suo multiplo, gettati monoliticamente.

I giunti di un diaframma sono costituiti dalle superfici di contatto tra i singoli pannelli costituenti il diaframma.



Di seguito si descrivono le principali fasi realizzative.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

4.2.1 Modalità di scavo

4.2.1.1 Piani di lavoro e cordoli guida

Le attrezzature di perforazione e di servizio operano da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento.

La quota dei piani di lavoro è posta almeno 1.0 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici della falda acquifera presente nel terreno e, in ogni caso, ad una quota tale che i mezzi di lavoro non danneggino le gabbie di armatura dei pannelli già eseguiti.

Gli assi longitudinali dei diaframmi sono materializzati mediante coppie di cordoli-guida (corree), paralleli e contrapposti ad una distanza netta pari allo spessore nominale del diaframma, di norma aumentato di 7 cm con riferimento ai capisaldi plano-altimetrici di progetto.

I cordoli hanno la funzione di guidare l'utensile di scavo, sostenere il terreno più superficiale e costituire un'adeguata vasca per le escursioni del livello del fango bentonitico durante l'introduzione dell'utensile di scavo.

4.2.1.2 La stabilizzazione dello scavo

In generale la stabilizzazione delle pareti di scavo è fatta con fanghi che possono essere polimerici o bentonitici. L'utilizzo della bentonite, più economico, è il più diffuso. La bentonite è una argilla che contiene minerali di montmorillonite o simili.

Il fango bentonitico è una soluzione acqua-bentonite al 5-6%, la densità della bentonite può essere incrementata con l'aggiunta di materiali inerti appropriati (deflocculanti o prodotti organici).

Si tratta di un fango colloidale, che sfrutta le proprietà tixotropiche della bentonite: la viscosità del fluido in movimento varia in funzione della velocità di filtrazione.

- Quando il fango è fermo, la viscosità è alta;
- Quando il fango è in movimento la viscosità del fango è bassa (il fango ha una consistenza fluida)

La stabilità dello scavo comporta due aspetti:

- la stabilità delle particelle di terreno sulla parete
- la stabilità globale della parete.

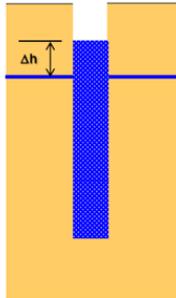
La sospensione bentonitica crea, sul bordo dello scavo, un film impermeabile (cake).

A tergo di questo cake, il fango bentonitico sviluppa una pressione di tipo idrostatico che costituisce pressione di confinamento efficace (al netto della pressione di falda nel terreno) che impedisce la rottura dell'elemento di terreno, alla scala elementare o del fronte di scavo alla scala macroscopica.

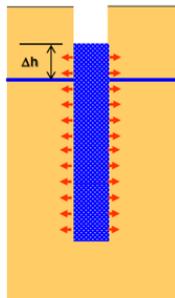
In caso di terreno a più grande granulometria, la bentonite penetra nel terreno creando uno strato gelatinoso che ha lo stesso risultato del cake. La tixotropia della bentonite (capacità di acquistare una certa rigidità a riposo) è la proprietà che permette la rapida realizzazione del cake o dello strato gelatinoso.

Appare chiaro che la stabilità dello scavo dipende in generale da proprietà del fluido di scavo, dal tirante idrico garantito durante le operazioni di scavo, dalla lunghezza dei pannelli e dal tempo in cui lo scavo resta aperto.

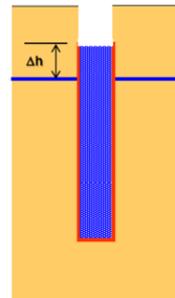
Di seguito si riportano le fasi che portano al sostegno dello scavo con fluido bentonitico.



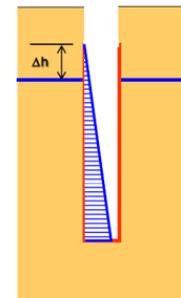
Durante lo scavo si immette nel foro il fango, **garantendo una quota del fango superiore a quella della falda circostante**



Per effetto della differenza di quota (Δh), si innesca un moto di **filtrazione del fango dal foro verso il terreno**



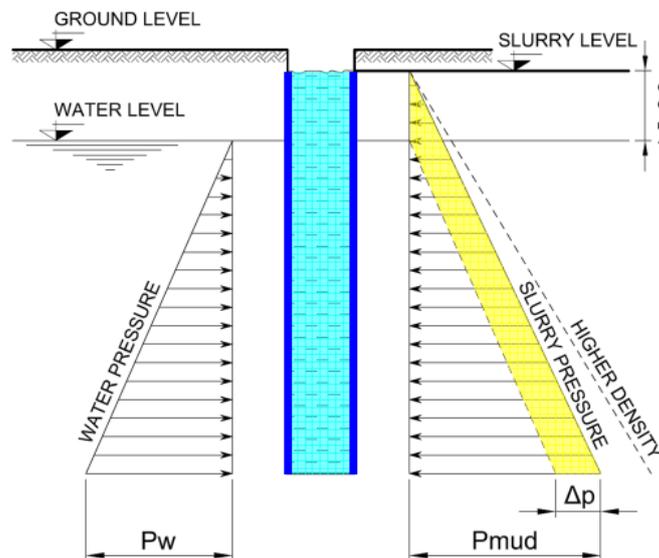
Le particelle di bentonite si depositano sulle pareti, fino a formare una **pellicola (cake) impermeabile**



Grazie alla presenza del cake, il fluido all'interno è in grado di esercitare una **pressione stabilizzante** di tipo idrostatico

Sintetizzando, l'azione stabilizzante del fango bentonitico è dovuta:

- alla formazione sulle pareti del cavo di una sottile membrana praticamente impermeabile: **cake**;
- alla **maggiore pressione che il fango esercita sulla membrana rispetto alla pressione dell'acqua interstiziale**; la differenza tra queste pressioni è, infatti, una tensione efficace agente sullo scheletro solido del terreno che produce l'effetto stabilizzante cercato.



$$\Delta p = P_{mud} - P_w > P_{soil}$$

4.2.1.3 Preparazione dei fanghi bentonitici e controlli in fase di esecuzione

La scelta del tipo di bentonite, certificato dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite sopra descritta in acqua chiara di cantiere, con eventuale impiego di additivi non flocculanti. Il dosaggio di bentonite, in peso, deve risultare di norma compreso fra il 4 ed il 7%.

Variazioni in più o in meno saranno stabilite, in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione.

L'impianto di preparazione del fango sarà costituito da:

- dosatori - mescolatori automatici (è ammesso, l'impiego di mud - hopper);
- silos di stoccaggio della bentonite in polvere;
- vasche di agitazione, maturazione e stoccaggio del fango fresco prodotto;
- relative pompe e circuito di alimentazione e di recupero fino agli scavi;
- vasche di recupero;
- dissabbiatori;
- vasca di raccolta della sabbia e di sedimentazione del fango non recuperabile.

Il fango viene ottenuto miscelando, fino ad ottenere una sospensione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua dolce di cantiere;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, etc.).

Dopo la miscelazione la sospensione verrà immessa nelle apposite vasche di "maturazione" del fango, nelle quali essa dovrà rimanere per un tempo adeguato, prima di essere impiegata nella perforazione. Di norma la maturazione richiede da 6 a 12 ore.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1,1 t/m³
- viscosità Marsh: compresa fra 30" e 60"
- temperatura: > 5° C
- pH: 9-11

Sul fango bentonitico saranno eseguite, con la frequenza e le modalità indicate sulla Specifica di Controllo Qualità, le prove di controllo atte a determinare i parametri di seguito specificati:

- caratteristiche della bentonite
- caratteristiche dell'acqua
- densità del fango bentonitico fresco
- densità, viscosità, temperatura e pH del fango bentonitico pronto per l'impiego
- caratteristiche del fango bentonitico nell'interno dello scavo, prima del getto

La norma EN 1538 propone controlli periodici durante l'esecuzione dei lavori sulla bentonite, in merito ai seguenti parametri (norma ENV 1538):

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<table border="1"> <tr> <td><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>22/02/2024</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	D	22/02/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
D	22/02/2024						

	Fango nuovo	Fango ricircolato	Prima del getto
Peso dell'unità di volume	<1.10 g/ml	<1.25 g/ml	<1.15 g/ml
Viscosità al Marsh	32-50 s	32-60 s	32-50 s
Valore di filtrazione	<30 ml	<50 ml	-
pH	7-11	7-12	-
Contenuto in sabbia	<3%	<6%	<4 %

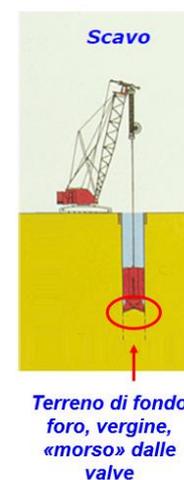
4.2.1.4 Fasi realizzative con benna mordente

Si descrivono di seguito le principali ovvero:

- scavo
- dissabbiamento
- inserimento della gabbia di ferro
- getto del calcestruzzo.

SCAVO

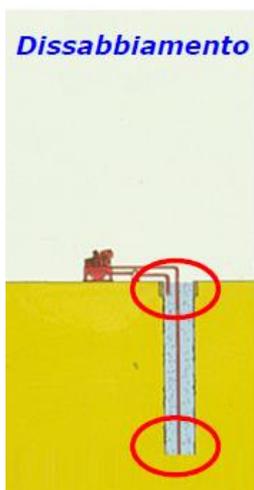
- la benna viene calata lentamente nello scavo, pieno di bentonite
- le valve vengono caricate: la benna, con le valve aperte, è infissa a fondo foro; le valve si infiggono nel terreno «vergine» (non miscelato con bentonite) a fondo foro e quindi vengono chiuse, «mordendo» il terreno
- la benna viene sollevata a velocità controllata per evitare un "effetto pistone" che potrebbe generare delle instabilità locali
- il terreno rimosso è quindi scaricato in superficie e successivamente la benna è calata nuovamente nel foro per procedere con lo scavo
- man mano che lo scavo è approfondito, si aggiunge fango bentonitico in modo da mantenere sempre costante il livello del fango all'interno del cavo



DISSABBIAMENTO

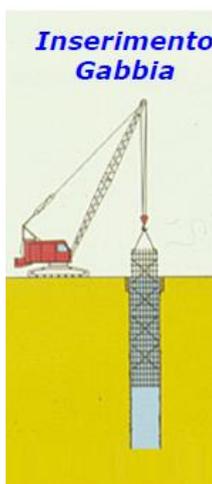
- Raggiunta la profondità di progetto, si procede con il dissabbiamento della bentonite: il fango bentonitico viene riciclato con un dissabbiatore, fino a raggiungere il contenuto di sabbia richiesto (solitamente $\leq 4\%$)
- Il fango sporco è pompato dal fondo dello scavo e immesso nel dissabbiatore, che separa le particelle di terreno in sospensione dal fluido.
- Il fluido rigenerato (fango fresco) viene reimpresso dalla sommità
- Il livello del fango dentro lo scavo è mantenuto costante aggiungendo (dalla sommità) fango fresco alla stessa velocità di quello estratto dal fondo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>22/02/2024</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	D	22/02/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
D	22/02/2024						



INSERIMENTO DELLA GABBIA IN FERRO

Conclusa la fase di rigenerazione del fluido, viene inserita l'armatura tramite gru



GETTO DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo viene immesso per gravità dal basso verso l'alto, tramite uno o più tubi convogliatori in acciaio, aventi un imbuto in sommità

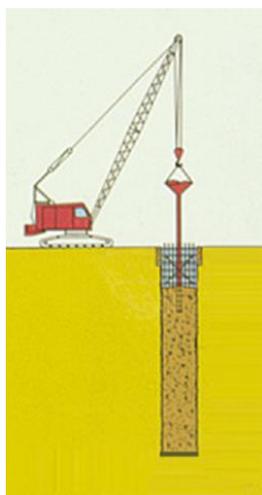
I tubi sono generalmente giuntati ogni 3 m e raggiungono il fondo dello scavo (sollevato dal fondo foro di circa 30 cm)

Tutte le procedure inerenti alla fase di getto sono finalizzate a evitare il più possibile la miscelazione tra calcestruzzo e fango, al fine di garantire la continuità strutturale del fusto del palo (senza inclusioni di fango o terreno all'interno del calcestruzzo).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.



Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5-0,6 mc, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di iniziare il getto si colloca un tappo formato da un involucro di carta riempito con vermiculite granulare o palline di polistirolo dentro il tubo getto, ancora vuoto, in prossimità del raccordo con la tramoggia, avente la funzione di separare il calcestruzzo dal fluido di perforazione evitando i potenziali fenomeni di dilavamento.

Durante le prime fasi di getto, il calcestruzzo riempie gradualmente il tubo convogliatore e spinge il tappo verso il basso.

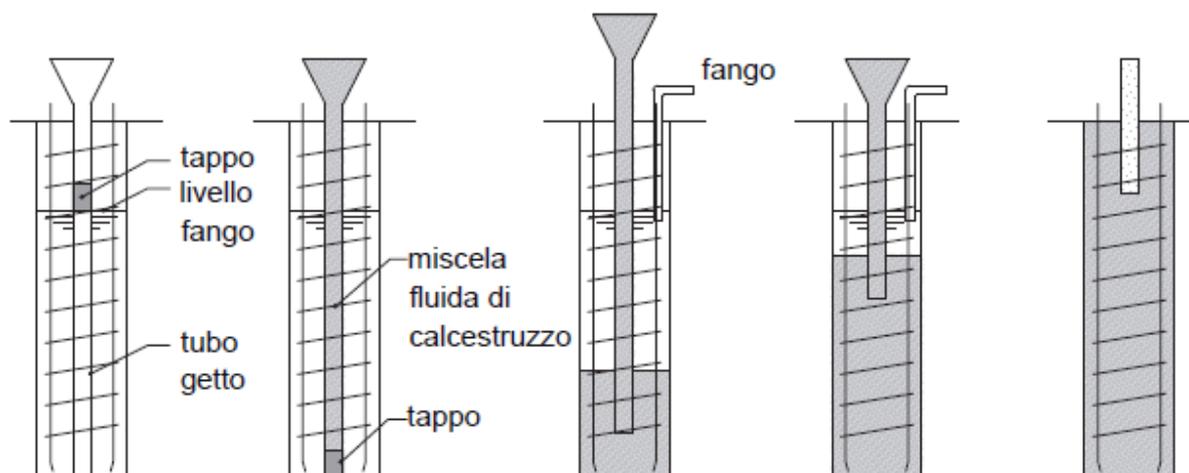
Quando il tappo raggiunge l'estremità inferiore del tubo, viene espulso e il calcestruzzo inizia a riempire lo spazio anulare tra il tubo-getto e le pareti del foro spingendo il fluido di perforazione verso l'alto.

Durante la prosecuzione del getto, il tubo viene via via estratto avendo cura che l'estremità inferiore del tubo rimanga immersa nel calcestruzzo fresco per almeno 2.5-3 m (non più di 6 m).

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura ed alle operazioni di pulizia.

Durante la risalita del calcestruzzo, il fango più leggero viene sollevato e recuperato in testa al foro.

Procedendo in questo modo, il calcestruzzo non può mescolarsi con il fango.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>22/02/2024</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	D	22/02/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
D	22/02/2024						

4.2.2 Prodotti utilizzati

La bentonite è una argilla montmorillonitica con spiccate caratteristiche colloidali che rigonfia in acqua fino ad occupare un volume superiore a quello del materiale secco creando gel tixotropici anche con rapporti bentonite-acqua molto bassi. Deriva dall'alterazione di ceneri vulcaniche e la sua capacità di rigonfiare in acqua è dovuta allo scambio ionico causato dalla presenza di cationi scambiabili negli strati reticolari della montmorillonite.

La bentonite è costituita da:

Tabella 4-1 componenti bentonite

Componenti	%
Bentonite	96 – 100% in peso
Carbonato di sodio	0 – 4 % in peso
Carbossimetilcellulosa	0 – 1 % in peso

Tabella 4-2 analisi chimica tipica della bentonite

Composizione	Bentonite tipo 1 %	Bentonite tipo 2 %
SiO ₂	58	56
Al ₂ O ₃	19	18,5
Fe ₂ O ₃	5	6,5
MgO	33,5	4
CaO	3	2,5
Na ₂ O+K ₂ O	3,2	3,5
TiO ₂	0,5	1
H ₂ O	7,5	7,5

Tabella 4-3 caratteristiche bentonite

Caratteristiche	Bentonite tipo 1	Bentonite tipo 2
Residui al vaglio da 1.000 maglie/cm ²	0,5 - 1	0,5 - 1
Tenore di umidità	11 – 13	11 - 13
Limite di liquidità	600 – 650	> 450
Viscosità Marsh 1500/1000 della sospensione al 6% in acqua distillata	55 – 60	< 40
Decantazione della sospensione al 6% in 24 h	0	0
Acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30 minuti primi alla pressione di 7 kg/cm ²	8 – 11 cm	11 – 14 cm
pH dell'acqua filtrata	9 – 9,5	9 – 9,5
Spessore del "cake" sul filtro della filtropressa	< 2,5 mm	< 2,5 mm

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Come detto in precedenza, per mantenere la stabilità dello scavo si usa generalmente un rapporto bentonite/acqua di circa 0.025 (25 kg di bentonite in 1000 l d'acqua) ad una temperatura dell'acqua e della miscela pronta all'uso sempre maggiore di 5°C.

Le caratteristiche reologiche principali del fango sono:

- densità
- viscosità
- tixotropia
- acqua libera

Il materiale residuo misto a bentonite viene riciclato all'interno.

4.3 Scavo in sotterraneo in tradizionale senza preconsolidamento

4.3.1 Modalità di scavo

Ancor oggi il metodo più diffuso per lo scavo delle gallerie in ammassi rocciosi, pur in presenza di moderne tecniche di scavo senza l'uso di esplosivo, è la perforazione e sparo.

Tale tipo di scavo consiste nell'esecuzione ciclica di diverse operazioni che permettono di avanzare lungo il tracciato, che si riportano di seguito:

- realizzazione al fronte di scavo di uno strato di spritz beton ai fini di garantire la sicurezza degli operatori;
- perforazione e carica della volata (si realizzano con un macchinario chiamato Jumbo, una serie di fori il cui posizionamento scaturisce a seguito di un preciso studio della volata e si riempiono di esplosivo. Sia la disposizione dei fori che la quantità d'esplosivo sono calibrati al fine di far cedere solo la porzione di roccia desiderata, non creare sovrascavi ed evitare la destabilizzazione del contorno del cavo);
- riduzione volumetrica del materiale con martellone idraulico demolitore montato sul braccio di un escavatore convenzionale e contestuale rimozione del materiale con l'ausilio di una pala per il carico e autocarri per il trasporto.

4.3.2 Prodotti utilizzati

Ai fini della sicurezza nel corso dell'avanzamento degli scavi viene impiegato del calcestruzzo proiettato (spritz-beton). Lo strato di spritz-beton presente a fine sfondo ha uno spessore medio di circa 4/5 cm ed assolve alla funzione di placcare gli eventuali rilasci di materiale. Ciò è utile ai fini della sicurezza delle maestranze impegnate per le successive lavorazioni.

4.4 Scavo in sotterraneo in tradizionale con pre-consolidamento al fronte

4.4.1 Modalità di scavo

Le indagini geognostiche preliminari, condotte nell'ambito del progetto definitivo 2011/2012 sul tracciato delle opere da realizzare, hanno fornito dati geologici e idrogeologici che determinano, in particolare, per le gallerie autostradali in Sicilia e Calabria e per quelle ferroviarie in Calabria, un quadro geomeccanico degli ammassi da attraversare caratterizzato da classi di scavo che richiedono una preventiva riqualificazione dei terreni.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Le gallerie saranno, pertanto, scavate con metodi di tipo tradizionale dopo aver effettuato, in via preliminare, le operazioni di consolidamento e stabilizzazione delle superfici al contorno del cavo.

Gli interventi di preconsolidamento verranno effettuati, in funzione delle coperture, dall'interno del cavo o dalla superficie. Tali interventi, nelle sezioni tipo indicate dal progettista consistono, principalmente, in trattamenti eseguiti in avanzamento al contorno del cavo e sul fronte di avanzamento. In particolare, i trattamenti al contorno sono:

- jet grouting armato con tubi autoperforanti in VTR (Sezioni tipo C)
- infilaggi metallici iniettati (Sezioni tipo B)
- drenaggi nelle tratte sotto falda (ove presente).

Gli interventi da realizzare sul fronte di scavo sono:

- microjet armato con tubi in VTR auto perforanti

Eseguiti gli scavi della calotta, secondo campi stabiliti dal progetto (con escavatori dotati di ripper o martello demolitore), si procederà alle operazioni di prerivestimento del cavo che consistono, principalmente, nella messa in opera di:

- Centine con passo pari al singolo avanzamento (generalmente 1m)
- Spritz beton fibro-rinforzato o armato con rete elettrosaldata sul contorno del cavo
- Spritz beton sul fronte alla fine del campo di scavo (generalmente di 9 m di lunghezza).

A distanza dal fronte definita dal progetto, in funzione della classe di scavo, verranno eseguite le operazioni di rivestimento definitivo costituite da:

- scavo e getto di arco rovescio e murette previa posa del sistema di drenaggio a tergo delle murette
- messa in opera del sistema di drenaggio di completamento in calotta composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo impermeabilizzante in PVC
- getto del rivestimento di calotta in moduli corrispondenti ai campi di avanzamento (9 m).

4.4.2 Tecnologie di preconsolidamento e Prodotti utilizzati

Come precedentemente riportato, per l'esecuzione delle gallerie in tradizionale, preliminarmente allo scavo, vengono eseguiti gli interventi di consolidamento sopra indicati che, per quanto attiene al condizionamento fisico/chimico delle terre, comportano l'impiego di miscele cementizie.

4.4.2.1 Jet grouting

Il jet grouting, che rappresenta il trattamento più impiegato nelle gallerie da scavare nei terreni incoerenti o debolmente coesivi, consiste nella formazione di fasce di terreno preconsolidate, ottenute per accostamento di colonne armate con tubi di acciaio, realizzate sul perimetro dello scavo e lanciate come marciavanti oltre il fronte di avanzamento, in modo da conferire stabilità al contorno.

Il trattamento consiste, schematicamente, nella esecuzione di fori (lunghezza indicativa 18 m), nell'inserimento di tubi di acciaio e nella miscelazione del terreno disgregato con una miscela cementizia iniettata ad alta pressione attraverso piccoli ugelli ricavati in specifici tubi di acciaio forati lungo la circonferenza.

Se necessario, si effettuano jetting di aria e acqua per ampliare la diffusione del trattamento con effetto di parziale sostituzione del terreno.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Le iniezioni di miscele di cemento (monofluido) sono variabili a seconda del tipo di sezioni con volumi dell'ordine di 200/300 l/min con velocità di ritorno dell'ordine di 25/50 cm/min, in funzione del diametro del foro e delle caratteristiche di permeabilità e coesività del terreno.

4.4.2.2 Infilaggi

Gli infilaggi sono previsti, generalmente, nei materiali fratturati, nei tratti con scarsa copertura ove possono verificarsi fenomeni di sfornellamento.

Il trattamento consiste nell'eseguire sul contorno del cavo una serie di fori ravvicinati, inclinati in sub-orizzontale di 4°/6°, lunghezza dell'ordine di 18 m. Nei fori vengono inseriti tubi in acciaio.

In modo da creare un ombrello conico protettivo, in avanzamento rispetto al fronte, al di sotto del quale si possano svolgere le operazioni di scavo e consolidamento secondo i campi di avanzamento previsti dal progetto.

4.4.2.3 Consolidamento del fronte con micro jet armato in avanzamento

Il trattamento, finalizzato alla prevenzione di fenomeni estrusivi del fronte, consiste nella esecuzione di perforazioni orizzontali e sub-orizzontali, eseguite con tubi auto perforanti in VTR di circa 100 mm di diametro, iniettati con monofluido con pressioni dell'ordine di 200/250 bar. Si creano, in tal modo, colonne in avanzamento, con diametri dell'ordine di 300 mm armate con gli stessi tubi utilizzati per la perforazione.

4.4.2.4 Attrezzature di perforazione e iniezione

Le attrezzature di perforazione (posizionatori), impiegate per i trattamenti menzionati, sono dotate di slitte di lunghezza adeguata (più di 24 m per perforazioni di 18 m), permettendo così di eseguire le perforazioni (in una sola fase), a rotazione con martelli a rotazione o rotopercolazione con martelli fondo foro.

Per le perforazioni dalla superficie, eseguite ove le coperture risultano limitate o nelle zone di imbocco delle gallerie, si impiegano carri perforatori (wagon drill) dotati di martelli alloggiati su slitte adatte a perforazioni verticali o sub-verticali.

Le miscele cementizie vengono confezionate in specifici impianti dotati di centraline di dosaggio dei componenti (cemento, additivi), di sistemi di miscelazione e di impianti di pompaggio in pressione, con eventuali stazioni di rilancio (con pompe booster) in funzione della distanza del fronte di avanzamento.

4.5 Scavo in sotterraneo con sistemi meccanizzati con frese scudate TBM

4.5.1 Modalità di scavo

Lo scavo della galleria naturale ferroviaria lato Sicilia verrà effettuato mediante scavo con frese scudate tipo EPB (scudi a pressione bilanciata).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

La tecnologia delle macchine tipo EPB permette di scavare gallerie in terreni con caratteristiche geologiche e idrogeologiche sfavorevoli ove, scavando con sistemi meccanizzati, si debbano affrontare le problematiche del tunneling in area urbana che, sinteticamente, consistono:

- nella limitazione dei cedimenti in superficie per la salvaguardia degli edifici civili
- nella sicurezza degli scavi in condizioni di ridotta copertura
- nello scavo sottofalda.

Per quanto detto risulta necessario il continuo controllo della pressione del terreno sul fronte al fine di garantire condizioni di stabilità del cavo.

Ciò è ottenuto, sinteticamente, attraverso:

- il corretto bilancio fra materiale scavato e materiale evacuato
- il controllo delle pressioni nella camera di scavo e nella coclea di scarico

in funzione delle caratteristiche del materiale quali: peso specifico, volume specifico, viscosità e permeabilità.

Le pressioni nelle due zone (camera e coclea) sono regolate attraverso il controllo della velocità di rotazione della testa, della velocità di avanzamento dei pistoni che spingono lo scudo e della velocità di estrazione della coclea.

Agendo su questi parametri si stabilizza la pressione nelle zone soggette a misurazioni secondo le predeterminate specifiche progettuali.

Per gestire i parametri in gioco è necessario condizionare il terreno attraverso l'azione di liquidi fluidificanti, ottenendo una omogeneizzazione del materiale scavato (che si trasforma in una "mousse") e determinando condizioni di fluidità e viscosità tali da consentire ai sensori installati di controllare le pressioni nella camera e nella coclea in modo da mantenere la stabilità del fronte.

Gli effetti prodotti dai fluidificanti consistono, inoltre, in una migliore plasticità del terreno, la riduzione dell'attrito interno e, quindi, del momento torcente e della potenza impegnata sulla testa di taglio.

Lo schema di lavoro è indicato nella figura seguente

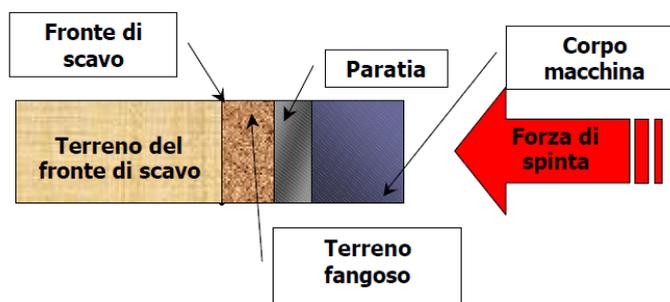


Figura 4-1 Schema di lavoro della TBM

A tergo dello scudo si procede all'immediato rivestimento delle pareti dello scavo.

Il rivestimento, costituito da anelli formati da conchi prefabbricati in calcestruzzo posati con uno specifico erettore, è, infatti, messo in opera nel tratto terminale dello scudo, chiamato "coda".

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Per conferire condizioni di stabilità del cavo nella parte rivestita, si eseguono iniezioni di intasamento, eseguite per mezzo di sistemi di pompaggio che utilizzano specifici canali ricavati nella stessa coda. I prodotti iniettati sono generalmente miscele di cemento o inerti granulari.

Per impedire che le miscele iniettate (con pressioni dell'ordine di quelle esercitate sul fronte di scavo) si disperdano nella corona anulare vuota che si forma fra scudo e anello di rivestimento, si riempiono con grasso le intercapedini presenti nella zona di contatto fra le spazzole della coda e i conci stessi come illustrato nella sezione schematica di uno scudo EPB rappresentata nella figura successiva.

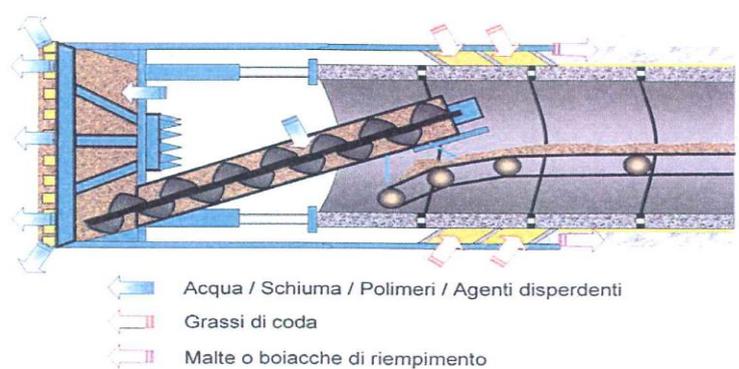


Figura 4-2 sezione schematica scudo meccanizzato EPB

Tali scudi possono operare in due modalità: in modo chiuso e in modo aperto, rispettivamente con impiego di liquidi fluidificanti o senza.

In base a quanto desunto dall'esame dei profili geomeccanici si prevede di adottare il sistema di avanzamento aperto nei tratti con maggiore copertura in ammassi coesivi, stabili a breve termine e la modalità chiusa nei tratti in materiali sciolti (sabbie e limi), incoerenti e con scarsa copertura.

In modalità aperta il materiale può essere estratto con un nastro che si posiziona in sostituzione della coclea.

La miscela fluidificante che genera le schiume è così composta

- aria compressa;
- acqua;
- tensioattivo.

Le schiume si distinguono per due fattori:

- FIR (fattore di espansione) che è il volume di schiuma che si ottiene dal volume unitario di acqua (acqua + tensioattivo), variabile tra 5 e 12;
- contenuto di tensioattivo che è la percentuale di prodotto all'interno dell'unità di volume d'acqua, variabile tra 2% e 4%.

Da quanto sopra si deduce che nella peggiore delle ipotesi si ha una diluizione massima di tensioattivo nel materiale pari a circa 6 kg per ogni m³ di materiale scavato, pari a circa lo 0,4%.

I tensioattivi attualmente reperibili sul commercio sono rapidamente biodegradabili e sono classificati, secondo la Normativa Tedesca, come di classe WGK1 (cioè "basso rischio per l'acqua"),

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

inoltre la stessa normativa conferma che una diluizione inferiore al 3% in massa di prodotti di classe WGK1 non provoca rischi per l'acqua.

La miscela schiumogena contiene inoltre un volume d'acqua variabile tra il 5% e il 15%. Nel caso in cui durante l'avanzamento dovesse aumentare il volume d'acqua, per esigenze operative o in zone in falda, peraltro non prevedibili in questo scavo, verranno utilizzati idonei agenti all'interno della coclea per ridurre la liquidità eccessiva del materiale scavato.

Il materiale viene quindi trasferito all'esterno della galleria su nastri trasportatori di tipo continuo e conferito direttamente al sito finale.

4.5.2 Prodotti Utilizzati

4.5.2.1 Condizionamento del suolo

Per sostenere il fronte di scavo la fresa EPB utilizza prodotti chimici che agevolano l'avanzamento stesso e l'estrusione del materiale. L'operazione di "Soil conditioning" definisce appunto questa tipologia di scavo con uso di additivi schiumogeni e/o di polimeri di varia natura in fase di avanzamento.

La scelta del prodotto varia in base alle caratteristiche del terreno in situ. Per evitare fenomeni di intasamento del materiale nelle finestre della testa di taglio o nella camera d'ammasso o, ancora, nella coclea di carico dello smarino sul nastro trasportatore si usano agenti disperdenti.

4.5.2.2 Schiume/polimeri

Il condizionamento del terreno mediante schiume e/o polimeri tensioattivi è necessario per la riuscita degli scavi, poiché la stabilità del fronte ed il contenimento del volume perso in fase di avanzamento è affidato alla messa in opera di adeguate azioni di confinamento in camera di scavo.

Tali materiali servono appunto a favorire la stabilizzazione del fronte lungo l'avanzamento, accrescere la capacità di deformazione plastica del terreno, ridurre l'attrito interno e del momento torcente della testa da taglio.

La dose utilizzata per lo scavo è la seguente:

- per ogni mc di materiale di scavo si iniettano circa 1.100 l di schiuma;
- la schiuma è composta da 30/31 di aria e da 1/31 di saponata (35.2 l di acqua + 0.8 l di tensioattivo)

Le principali caratteristiche del prodotto sono così riassumibili:

- NON nocivo per ingestione
- NON irritante
- NON sensibilizzante
- Buone proprietà di biodegradazione
- NON pericoloso per l'ambiente
- NON pericoloso per l'ambiente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

In progetto esecutivo verranno effettuate delle specifiche indagini sulle caratteristiche del materiale condizionato, come previste al §6.2.2; sulla base di tali verifiche verranno poi scelti gli additivi più idonei.

In allegato sono riportate le schede dei prodotti che erano stati identificati dal progetto definitivo.

4.5.2.3 Altri materiali

Si farà altresì uso di malte di varia natura, da valutare in corso d'opera, intorno allo scudo e/o per ricomprimere il terreno al contorno del profilo di scavo.

Per la lubrificazione degli organi meccanici si prevede l'impiego di grassi specifici.

In generale la scelta del prodotto o la loro combinazione, i parametri di applicazione del prodotto, tasso di espansione della schiuma e metodo di avanzamento dipendono dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno scavato esempio con terreni sabbiosi con presenza di fini nell'aggregato minerale EPBM a camera piena ossia con accumulo dello smarino all'interno della camera e coesione dovuta all'azione dei prodotti chimici precedentemente descritti. In presenza di forti quantità d'acqua, scavi sotto falda, si aggiungeranno additivi poiché la sola aria non è in grado di contenere l'acqua di percolazione al fronte.

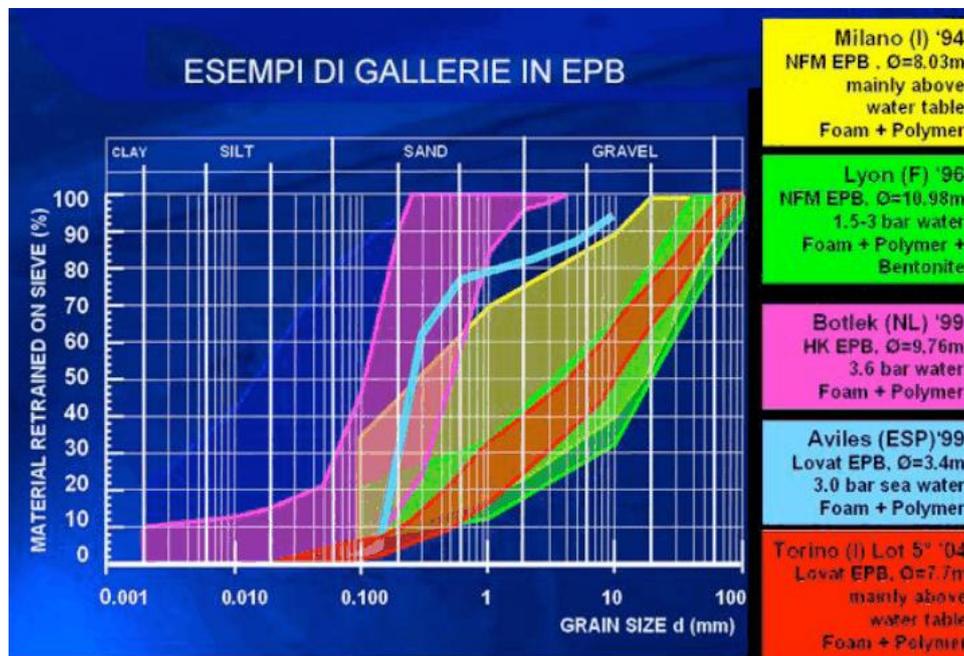


Figura 4-3 Combinazioni di additivi in funzione del substrato da scavare

4.6 Scavi di gallerie artificiali

4.6.1 Modalità di scavo

Nel progetto sono presenti gallerie artificiali che possono essere realizzate secondo le metodologie di seguito indicate:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- artificiali di imbocco galleria realizzati mediante preconsolidamento del contorno (come in precedenza descritto) seguito da scavi e rivestimento in opera;
- artificiali realizzati con tecnologia top-down (a sezione scatolare) che prevedono un primo scavo di superficie, la realizzazione del solettone di copertura, che consente un rapido ritombamento della galleria, e quindi il ripristino delle attività di superficie.

Per le artificiali di tipo top-down le attività possono dividersi schematicamente nelle seguenti fasi:

- 1 fase: scavo fino alla quota di imposta dei diaframmi
- 2 fase: realizzazione dei diaframmi
- 3 fase: copertura e ritombamento su solettone
- 4 fase: scavo sotto copertura

Dopo la copertura si procede con lo scavo all'interno della galleria artificiale fino a raggiungere la quota di imposta del solettone di fondazione.

4.6.2 Prodotti Utilizzati

Lo scavo fino alla quota di imposta dei diaframmi (1° fase) e lo scavo sotto copertura (4° fase) viene eseguito con escavatore e quindi senza l'utilizzo di prodotti specifici.

Lo scavo per la realizzazione dei diaframmi (2° fase) viene eseguito con l'uso di fanghi bentonitici o polimeri, come descritto al paragrafo 4.2.

Le attività di copertura e ritombamento su solettone non prevede scavi bensì reinterri.

4.7 Interventi di consolidamento con tecniche di jet grouting

Successivamente alla realizzazione dei diaframmi, per lo scavo delle fondazioni delle Torri e dei blocchi di ancoraggio, vengono eseguiti i trattamenti di jet grouting per l'esecuzione del tappo di fondo e del contorno delle fondazioni.

Il jet grouting rappresenta il trattamento più impiegato nei terreni incoerenti o debolmente coesivi, consiste nella formazione di fasce di terreno preconsolidate, ottenute per accostamento di colonne armate con tubi di acciaio, realizzate sul perimetro dello scavo e lanciate come marciavanti oltre il fronte di avanzamento, in modo da conferire stabilità al contorno.

Il trattamento consiste, schematicamente, nella esecuzione di fori (lunghezza indicativa 18 m), nell'inserimento di tubi di acciaio e nella miscelazione del terreno disgregato con una miscela cementizia iniettata ad alta pressione attraverso piccoli ugelli ricavati in specifici tubi di acciaio forati lungo la circonferenza.

Se necessario, si effettuano jetting di aria e acqua per ampliare la diffusione del trattamento con effetto di parziale sostituzione del terreno.

Le iniezioni di miscele di cemento (monofluido) sono variabili a seconda del tipo di sezioni con volumi dell'ordine di 200/300 l/min con velocità di ritorno dell'ordine di 25/50 cm/min, in funzione del diametro del foro e delle caratteristiche di permeabilità e coesività del terreno.

Anche per lo scavo del tampone di fondo in corrispondenza delle torri (lato Calabria e Sicilia), della struttura terminale (lato Sicilia), delle fondazioni del viadotto Pantano e del Blocco di ancoraggio (lato Sicilia), si utilizzerà la tecnica del jet grouting.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

4.7.1 Modalità di gestione della miscela

Il progetto definitivo prevede che la miscela utilizzata per lo scavo con jet grouting, composta da cemento acqua e sabba fine, venga raccolta al contorno della zona di lavoro e convogliata in una vasca per poi essere trasferita in uno specifico impianto di trattamento. L'impianto di trattamento previsto dal progetto è costituito da un sistema meccanico composta da una speciale coclea che separa meccanicamente, senza l'utilizzo di alcun additivo chimico, la parte grossolana dalla miscela di acqua cementizia e fini.

Pertanto, il progetto definitivo distingueva tra:

- 1 graniglia che viene successivamente lavata e quindi gestita come sottoprodotto;
- 2 miscela di acqua e fine che viene convogliata direttamente ad un impianto che traduce il materiale in "pani palabili" anch'essi gestiti come sottoprodotti in quanto il processo consiste nella sola separazione meccanica, senza l'utilizzo di alcun additivo chimico, della parte solida dal residuo liquido (l'acqua) che invece viene riciclato per operazioni industriali;
- 3 residuo da chiariflocculazione poiché l'impianto viene periodicamente lavata con acqua in pressione e si ricava una miscela cementizia che viene gestita come rifiuto.

In sintesi, dal refluo composto da terra, acqua e cemento si ricavano:

- attraverso estrazione con coclea: materiali granulari classificabili come sottoprodotto e reimpiegati all'interno dell'opera per la realizzazione dei rilevati;
- attraverso la filtropressatura (senza additivazione chimica): fini in pani palabili da trasferire come sottoprodotto in sito di recupero ambientale;
- dal processo di chiariflocculazione delle acque reflue di circolazione e di lavaggio delle tele della filtropressa: fanghi classificabili come **rifiuti non pericolosi** da conferire nelle discariche appositamente progettate.

Data la sopraggiunta emanazione delle "Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo", approvate dal Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (SNPA) con delibera n. 54 del 9 maggio 2019², il progetto esecutivo identificherà le corrette modalità di gestione dei rifiuti derivanti dagli scavi effettuati con tecnica di jet grouting, che eventualmente possano far rientrare, dopo il trattamento debitamente autorizzato, i materiali trattati e idonei (come mps) nel bilancio complessivo dell'intervento.

4.8 Operazioni di normale pratica industriale

4.8.1 Cenni normativi

Al fine di migliorare le caratteristiche merceologiche dei materiali di scavo e renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace, si prevede il ricorso per i trattamenti classificabili come sottoprodotto, a trattamenti di normale pratica industriale così come definiti dall'Allegato 3 del D.P.R. 120/2017.

In proposito va precisato che il DPR 120/17 all'art. 2, comma 1, lettera o) riporta la definizione di «**normale pratica industriale**»: *costituiscono un trattamento di normale pratica industriale quelle operazioni, anche condotte non singolarmente, alle quali possono essere sottoposte le terre e rocce da scavo, finalizzate al miglioramento delle loro caratteristiche merceologiche per renderne l'utilizzo*

² Il documento citato non ha valore normativo, ma può costituire un punto di riferimento interpretativo nella gestione delle terre e rocce da scavo provenienti dall'attività di costruzione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		Codice documento AMR0976_r03.docx	Rev D	Data 22/02/2024

maggiormente produttivo e tecnicamente efficace. Fermo il rispetto dei requisiti previsti per i sottoprodotti e dei requisiti di qualità ambientale, il trattamento di normale pratica industriale garantisce l'utilizzo delle terre e rocce da scavo conformemente ai criteri tecnici stabiliti dal progetto. L'allegato 3 elenca alcune delle operazioni più comunemente effettuate, che rientrano tra le operazioni di normale pratica industriale”

Come è noto, l’attuale formulazione dell’allegato 3 differisce da quella del medesimo allegato al DM 161/12 con particolare riferimento all’elencazione delle operazioni più comunemente effettuate. Nello specifico il testo dell’Allegato riporta:

“Tra le operazioni più comunemente effettuate che rientrano nella normale pratica industriale, sono comprese le seguenti:

- *la selezione granulometrica delle terre e rocce da scavo, con l'eventuale eliminazione degli elementi/materiali antropici;*
- *la riduzione volumetrica mediante macinazione;*
- *la stesa al suolo per consentire l'asciugatura e la maturazione delle terre e rocce da scavo al fine di conferire alle stesse migliori caratteristiche di movimentazione, l'umidità ottimale e favorire l'eventuale biodegradazione naturale degli additivi utilizzati per consentire le operazioni di scavo.*

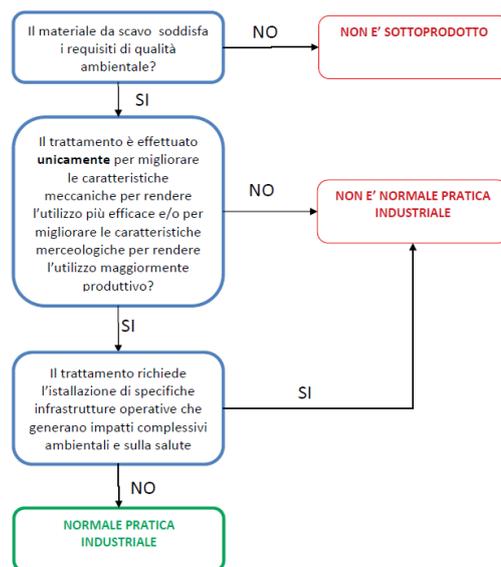
Mantengono la caratteristica di sottoprodotto le terre e rocce da scavo anche qualora contengano la presenza di pezzature eterogenee di natura antropica non inquinante, purché rispondente ai requisiti tecnici/prestazionali per l'utilizzo delle terre nelle costruzioni.”

In materia sono intervenute recentemente le “Linea guida sull’applicazione della disciplina per l’utilizzo delle terre e rocce da scavo”, approvate dal Sistema nazionale per la protezione dell’ambiente (SNPA), con delibera n. 54 del 9 maggio 2019.

Nella Delibera 54/2019 si precisa che il materiale **deve soddisfare a priori** i requisiti di qualità ambientale per essere considerato sottoprodotto, detta operazione può essere considerata una normale pratica industriale.

L’applicazione dello schema decisionale sull’applicabilità in termini generali dei trattamenti di “normale pratica industriale” è tale solo se le terre e rocce in questione hanno tutti i requisiti indicati dal DPR 120/2017 per essere considerati sottoprodotti, prima del trattamento stesso.

Se, invece, i materiali non hanno i requisiti prima del trattamento di NPI, quest’ultimo deve essere considerato **attività di trattamento rifiuti** e conseguentemente il materiale non potrà più essere qualificato sottoprodotto anche nel caso in cui dopo la lavorazione (a seguito della diluizione) rientri nei limiti che lo ricondurrebbero a sottoprodotto.



4.8.2 Trattamenti specifici previsti dal progetto

Nel caso specifico le operazioni che potranno essere effettuate sui sottoprodotti gestiti internamente o esternamente all’appalto e sui materiali che si prevede di riutilizzare sono:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- la **selezione granulometrica** del materiale da scavo mediante vagliatura, per tutti i materiali provenienti dagli scavi da reimpiegare internamente (in stessa o in altra wbs) per la realizzazione di rilevati/rinterri/riempimenti;
- la **riduzione volumetrica** mediante macinazione, per tutti i materiali provenienti dagli scavi delle opere in sotterraneo da reimpiegare internamente (in stessa o in altra wbs) per la realizzazione di rilevati/rinterri/riempimenti;
- la **stesa al suolo** per i materiali provenienti dallo scavo delle gallerie dove è previsto lo scavo meccanizzato. Tale pratica consentirà la maturazione del materiale da scavo al fine di conferire allo stesso migliori caratteristiche di movimentazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

5 SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE

5.1 Premessa

Il Progetto Definitivo, oltre a risultare un'evoluzione progettuale del Progetto Preliminare del 2003 e il recepimento delle prescrizioni della Delibera CIPE 66/2003 è stato, come noto, sottoposto ad una nuova procedura VIA nel 2011 in considerazione delle varianti, di tracciato e tipologiche, relative ad alcune componenti infrastrutturali di tipo viario e ferroviario.

La cantierizzazione, intesa come l'intero sistema delle aree operative, delle viabilità di cantiere e delle aree utilizzate per la gestione delle terre e rocce da scavo è stata di conseguenza sostanzialmente ridisegnata in sede di progettazione definitiva, alla luce delle varianti sopra citate.

Le richieste di integrazione da parte della Commissione VIA, successive alla pubblicazione del 2011, modifica nuovamente in modo significativo lo scenario della cantierizzazione a partire, in questo caso, non da varianti di assetto infrastrutturale ma da modifiche di scenario dei siti di deposito.

Per l'esecuzione dei lavori di una Commessa così complessa e articolata, il progetto della cantierizzazione si suddivide idealmente in sei aree principali distinte per tipologia di attività:

- infrastrutture e sovrastrutture del Ponte sospeso sul versante siciliano;
- infrastrutture e sovrastrutture del Ponte e opere stradali e ferroviarie in Calabria;
- opere ferroviarie in Sicilia;
- opere autostradali che insistono nell'area Curcuraci - Pace - Annunziata in Sicilia;
- stazioni di Metropolitana.
- ripascimento delle coste

I cantieri previsti per la costruzione dell'opera di attraversamento e dei suoi collegamenti stradali e ferroviari si dividono nelle seguenti categorie:

- cantiere logistico,
- cantiere operativo;
- sito remoto;
- area intermodale;
- pontili;
- siti per la lavorazione degli inerti;
- depositi definitivi dei materiali di scavo;
- itinerari.

I criteri con cui sono stati localizzati i cantieri in corrispondenza del tracciato, sono condizionati da esigenze tecniche (in prossimità degli imbocchi per le tratte in galleria, e, per le altre tratte, in vicinanza delle opere d'arte di maggiore impegno da realizzare) opportunamente mediate da esigenze ambientali con particolare attenzione alle caratteristiche di accessibilità, alla lontananza da aree ad alta intensità abitativa, alla possibilità di collegamenti ai depositi dei materiali di scavo e ai siti di produzione di inerti e calcestruzzi attraverso la viabilità principale extra-urbana o a nuove viabilità compatibili con la pianificazione urbanistica.

5.2 Aree di cantiere

Lo scenario del progetto 2012 prevede l'ubicazione di n. 25 aree di cantiere lungo i tracciati stradali e ferroviari distinti in:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- cantiere logistico (n. 5 per la Sicilia e n. 1 per la Calabria);
- cantieri operativi (n. 12 per la Sicilia e n. 1 per la Calabria);
- pontili (n. 3 per la Sicilia e n. 1 per la Calabria);
- siti di recupero ambientale (n. 7 in Sicilia e n. 3 in Calabria);
- aree di ripascimento (n. 3 in Sicilia);
- discarica di rifiuti speciali non pericolosi (n. 3 in Sicilia e n. 1 in Calabria);
- aree di lavorazione (n. 3 in Sicilia);
- impianto di produzione (n. 1 per la Calabria);
- impianto di betonaggio (n 3 per la Sicilia e n 1 in Calabria).

Ogni area di cantiere è identificata da un acronimo funzionale:

- cantieri operativi: SI (Sicilia Industriali), SS (Sicilia Stazioni metropolitane) e CI (Calabria Industriali);
- cantieri logistici: SB (Sicilia Campo Base) e CB (Calabria Campo Base);
- pontili: SP (Sicilia Pontile) e CP (Calabria Pontile);
- siti di recuperi ambientali: SRA (Sicilia Recuperi Ambientali) e CRA (Calabria Recuperi Ambientali);
- aree di ripascimento: RP (Ripascimento);
- discarica di rifiuti speciali non pericolosi: SRASn (Sicilia discarica) e CRAS (Calabria discarica);
- aree di lavorazione: AL (Aree di lavorazione);
- aree a disposizione: SAD (Sicilia Area a Disposizione) e CAD (Calabria Area a Disposizione);
- impianto di produzione inerti: SCn (Sicilia Cave di prestito) e IF (impianto di classificazione);

Ogni acronimo è numerato da 1 ad n. e seguito dal toponimo della località.

I cantieri previsti per la costruzione dell'opera di attraversamento e dei suoi collegamenti stradali e ferroviari si dividono pertanto nelle seguenti categorie:

- cantiere logistici;
- cantiere operativi;
- aree di lavorazione;
- aree di deposito;
- aree di ripascimento;
- aree per smaltimento rifiuti (discariche).

Nell'ambito della cantierizzazione sono state definite una serie di aree la cui dislocazione tiene conto della particolare orografia del territorio in cui è inserita l'Opera e del contesto fortemente antropizzato, degli ingenti volumi da movimentare nell'ottica di minimizzare le percorrenze dei mezzi di cantiere e quindi l'impatto ambientale da questi generato.

Si è cercato di evitare depositi di materiale all'interno dell'area urbana e ridurre i conseguenti impatti dovuti all'ulteriore movimentazione di materiale.

La logica seguita è quella di allocare detti materiali da scavo il più vicino possibile al luogo in cui verranno riutilizzati allo scopo di minimizzare l'impatto dei trasporti sulle strade e sulle località presenti nel territorio interessato dall'Opera.

Per decongestionare i cantieri di lavoro sul fronte siciliano è stato previsto di trasportare parte dei materiali di risulta dal sito di produzione alle aree di riutilizzo definitivo attraverso il trasporto via mare.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

	CALABRIA	SICILIA
cantieri operativi	CI1 Cannitello CC1 Campo Calabro	SI1 Ganzirri SI2 Faro superiore SI3 Curcuraci SI4 Pace SI5 Annunziata SI6 Contesse SI7 Villafranca SI8 Saponara SIPM Posto di manutenzione SS1 Papardo SS2 Annunziata SS3 Europa
cantieri logistici	CB1 S. Trada	SB1 Ganzirri SB2 Magnolia SB3 Contesse SB4 Annunziata SB5 Villafranca
pontili	CP1 Cannitello	SP1 Ganzirri 1 SP2 Ganzirri 2 SP3 Villafranca
siti di recupero ambientale	CRA3 Petto a Limbadi CRA4 Marro a Terranova Sappo Minulio CRA5 Foresta a Varapodio	SRA4 Venetico 1 SRA5 Torregrotta SRA6 Valdina 1 SRA7 Valdina 2 SRA8 Villafranca SRA8 bis Villafranca SRA 8 ter Saponara SRA9 Venetico 2 SRA10 Venetico 3
aree di ripascimento		Monforte San Giorgio Torregrotta Valdina Venetico Spadafora Rometta Saponara
discariche	CRAS Discarica Bizzola	SRAS Discarica Pace SRAS 1 Discarica Venetico SRAS 2 Discarica Valdina
aree di lavorazione		AL1 Curcuraci AL2 Pace AL 3 Faro Superiore
Impianti di produzione inerti		SC1 – Curcuraci SC2 - Magnolia SC3 – Catanese Sud

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

I cantieri interessati dalla produzione di terre e rocce da scavo sono quelli operativi.

Ogni cantiere avrà uno spazio dedicato per il deposito del materiale sia quello destinato al recupero ambientale delle aree sia quello che verrà utilizzato lungo il tracciato (inerti e rilevati).

In ogni caso, i cumuli di sottoprodotti saranno identificati nelle aree di pertinenza dello stoccaggio dei materiali, non costituendo zone di deposito temporaneo/stoccaggio provvisorio dei rifiuti.

5.3 Descrizione del sistema di cantierizzazione

5.3.1 Cantieri logistici (CB/SB)

I cantieri logistici costituiscono veri e propri villaggi, concepiti in modo tale da essere pressoché indipendenti dalle strutture socioeconomiche locali. La loro organizzazione è tale per dare alloggio al personale e fornire supporto logistico alle attività per la direzione e la gestione tecnico-amministrativa dei cantieri.

I campi, ubicati in vicinanza dei campi operativi o in posizione baricentrica quando risultano a servizio di più cantieri operativi, sono collocati in aree accessibili alla viabilità esistente e collegati ai campi operativi di pertinenza.

Queste aree sono dotate di prefabbricati ad uso dormitorio, mense, uffici attrezzati per le attività direzionali del Contraente Generale e/o delle imprese affidatarie, degli organi direzionali e di controllo quali, principalmente, Direzione Lavori, Alta Sorveglianza, Guardia di Finanza e DIA.

Sono inoltre previsti locali per guardiania, la ricreazione e le attrezzature per la gestione del Pronto Soccorso e delle emergenze.

5.3.2 Cantieri operativi (CI/SI, SIPM, SS)

I cantieri operativi sono aree attrezzate per fornire supporto alle attività produttive e comprendono strutture, impianti e aree di deposito di materiali. In funzione delle caratteristiche delle opere e degli spazi esistenti comprendono un'area con funzioni logistiche e tecniche.

Sono ubicati in corrispondenza dell'imbocco delle gallerie di linea e in prossimità delle opere d'arte di maggiore impegno (gallerie artificiali, viadotti, svincoli, etc.).

Per i tratti in galleria l'ubicazione dei cantieri operativi è condizionata dalla posizione degli imbocchi e delle opere propedeutiche agli scavi quali: aree di pre-consolidamento, gallerie artificiali, portali di imbocco, viadotti.

I cantieri dedicati alla costruzione dei piloni, blocchi di ancoraggio e strutture terminali dell'Opera di Attraversamento saranno sede parimenti di aree di cantieri operativi relativi alle opere di collegamento stradale e ferroviario. Per i tratti in galleria l'ubicazione dei cantieri operativi è condizionata dalla posizione degli imbocchi, sia delle gallerie stesse sia delle finestre di accesso.

In particolare, i cantieri operativi sono:

- n. 4 cantieri (SI2 Faro, SI3 Curcuraci, SI4 Pace e SI5 Annunziata) attrezzati con impiantistica per lo scavo in tradizionale;
- n. 1 cantiere (SI1 Ganzirri) attrezzato:
 - per la costruzione dei blocchi di fondazione torri e di ancoraggio cavi
 - per il montaggio della struttura terminale e del viadotto Pantano

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- per lo stoccaggio e la movimentazione a piè d'opera dei cavi avvolti in bobine
- per lo stoccaggio e il trasporto con nastri delle terre di scavo e degli inerti che vengono trasportati, rispettivamente, a Villafranca (SP3) e a Cannitello (CP1), attraverso un nuovo pontile (SP2) affiancato a quello già previsto (SP1)
- n. 3 cantieri (SS1 Papardo, SS2 Annunziata e SS3 Europa) attrezzati per la realizzazione delle stazioni metropolitane in ambito urbano;
- n. 1 cantiere (SI6 Contesse) attrezzato con impiantistica per scavo meccanizzato con TBM.
- n. 1 cantiere (SI7 Villafranca Tirrena) attrezzato con impiantistica per la produzione delle sabbie per il ripascimento delle coste emerse e sommerse
- n. 1 cantiere (SI8 Saponara) attrezzato con impiantistica per la produzione delle sabbie per il riempimento dei sacchi contenenti sabbia per la formazione delle barriere soffolte.

I cantieri sono distinti in lotti operativi la cui divisione è data in base alla localizzazione geografica. Nella tabella che segue è riportato uno schema sintetico:

SICILIA	CANTIERE	DESCRIZIONE
Lotto 1	SI 1	Ganzirri
Lotto 2	SI 2 + SS 1	Faro Nord + Stazione Papardo
Lotto 3	SI 3 + SIPM 1	Curcuraci + Posto di Manutenzione
Lotto 4	SI 4	Pace
Lotto 5	SI 5 + SS 2 + SS 3	Annunziata + Stazioni Europa e Papardo
Lotto 6	SI 6	Contesse

CALABRIA	CANTIERE	DESCRIZIONE
Lotto 7	CI 1	Opera di attraversamento + CeDir (Cannitello)
Lotto 8	CI 1	Collegamenti stradali e ferroviari (Cannitello)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>22/02/2024</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	D	22/02/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
D	22/02/2024						

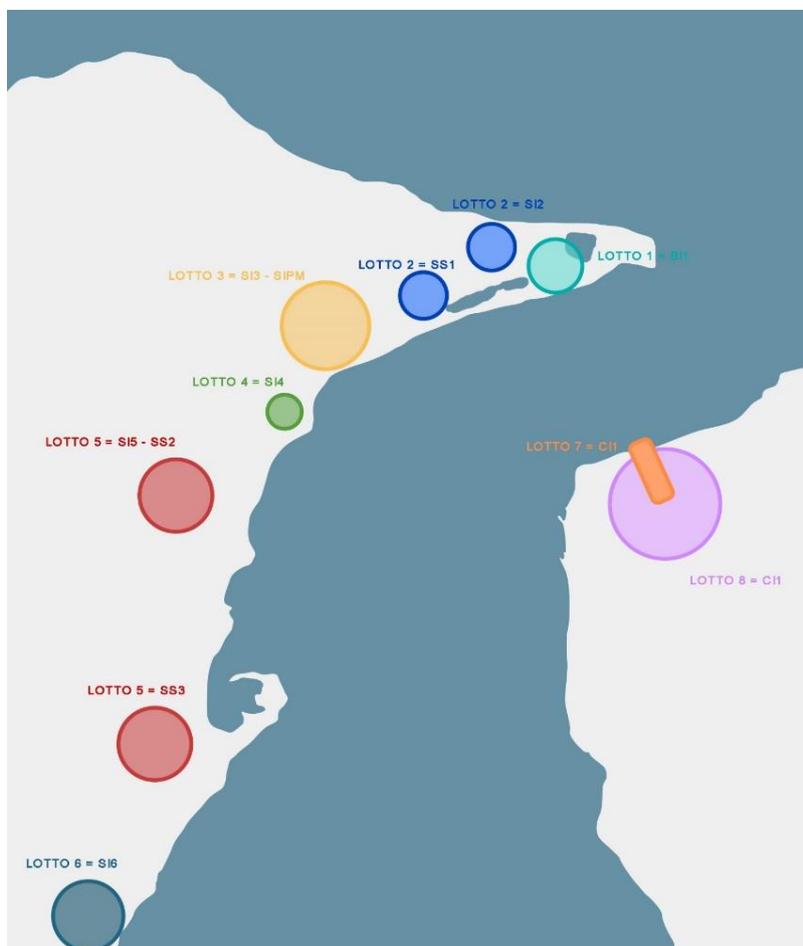


Figura 5-1 Localizzazione dei cantieri operativi lato Sicilia e lato Calabria

Le aree sono distinte in zone omogenee in funzione delle attività:

- una zona presso l'imbocco (per cantieri di galleria), che comprende le installazioni di servizio ai lavori (impianto per l'allacciamento alla rete locale, la trasformazione dell'energia e la distribuzione elettrica in MT e Bt, gruppo di ventilazione, centrale di produzione aria compressa, impianti per l'allaccio, lo stoccaggio e la distribuzione dell'acqua industriale e potabile);
- una zona per la movimentazione e lo stoccaggio di materiali in magazzini o all'aperto;
- una zona per riparazione (officina) e manutenzione di macchinario e mezzi di cantiere;
- una zona uffici di appoggio;
- una zona spogliatoi e servizi igienici;
- zone di parcheggio degli automezzi e dei mezzi d'opera;
- una zona di confezione calcestruzzi (impianto di betonaggio, aree di stoccaggio degli inerti, del cemento etc);
- una zona per la caratterizzazione del materiale di scavo;
- una zona per il trattamento delle acque di piazzale o in uscita dalle gallerie con impianto per il trattamento, il ricircolo e lo smaltimento delle acque reflue);
- una zona per il laboratorio delle prove sui materiali;
- viabilità interna e aree di manovra e operatività.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Si rimanda alla relazione di cantierizzazione per maggiori dettagli sull'organizzazione delle aree logistiche e per le attrezzature.

Si specifica che mentre in fase di cantierizzazione verranno utilizzati i pontili per la movimentazione del materiale, il traffico ante cantierizzazione transiterà sulla viabilità ordinaria.

Tenendo conto delle informazioni che scaturiscono dal cronoprogramma dei lavori, si specifica di seguito quali sono le principali movimentazioni di materie che dovrebbero utilizzare la viabilità ordinaria come percorso alternativo a quello previsto dal progetto tramite i pontili, indicato nell'elaborato CZV0015_F0 (cui si rimanda per i dettagli).

I pontili, infatti, verranno costruiti in un momento successivo rispetto alla realizzazione delle prime operazioni di scavo. In sostanza:

- dal cantiere **SI1** (Ganzirri) dovranno essere movimentati fanghi verso i siti di deposito **SRAS1/SRAS2** e terre e rocce da scavo destinate invece al cantiere **SI8**. Le viabilità coinvolte saranno le seguenti:
 - SI1 - SRAS1/SRA2: Strada Panoramica dello Stretto – A20/E90 (circa 53 km)
 - SI1 – SI8: Strada Panoramica dello Stretto – A20/E90 (circa 29 km)
- verranno movimentate terre e rocce da scavo anche dal cantiere **SI2** (Faro Superiore) e dalla stazione Papardo **SS1** verso il sito **SI8**:
 - SI2 – SI8: Strada Panoramica dello Stretto – A20/E90 (circa 28 km)
 - SS1 – SI8: Strada Panoramica dello Stretto – A20/E90 (circa 27,3 km)
- dalla cava **SC1** verranno movimentati inerti fini verso il sito **SRA8**:
 - SC1 – SRA8: Strada Panoramica dello Stretto – A20/E90 (circa 27 km)

Pertanto, le viabilità principali coinvolte per le movimentazioni indicate sono Strada Panoramica dello Stretto e A20/E90.

Si rimanda anche a quanto indicato al §10.2 che circoscrive le percorrenze e le viabilità interessate dal progetto.

5.3.3 Aree di lavorazione inerti per ripascimenti

Nelle vicinanze delle coste da ripascere, nella zona compresa fra Saponara e Villafranca Tirrena, si inseriscono due cantieri industriali nominati SI7 e SI8 dove sono installati gli impianti finalizzati, rispettivamente, alla produzione di sabbia per il ripascimento della costa (impianto IL1) e della sabbia per il riempimento dei sacchi tubolari (impianto IL 2) che costituiscono parte della barriera soffolta (cfr. §7.5.1).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

6 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO

6.1 Indagini ambientali del progetto definitivo

6.1.1 Generalità

La gestione delle terre e rocce da scavo prevede, ai fini della qualifica come sottoprodotto, che sia accertata l'assenza di contaminazione.

Tale valutazione viene condotta in due modi:

- indagine finalizzata al riutilizzo nell'ambito del progetto definitivo dei materiali di scavo (Piano di gestione dei materiali di scavo);
- verifica in corso d'opera delle valutazioni eseguite al punto precedente.

Al riguardo, nell'ambito della campagna per le indagini geognostiche e più in generale per le indagini ambientali del progetto definitivo 2011-2012, sono state eseguite le analisi ambientali per determinare le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni interessati dagli scavi e quindi verificare il rispetto delle CSC (concentrazioni soglia di contaminazione) per rispondere ad uno dei requisiti fondamentali ai fini dell'esclusione delle terre di scavo dal regime dei rifiuti.

Si è quindi proceduto con la verifica delle CSC di cui alla tabella 1 dell'Allegato 5 Titolo V Parte Quarta del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.: poiché l'Opera in progetto è una infrastruttura, essa determina un uso del territorio assimilabile a quello che la normativa sopra citata indica come "Siti ad uso commerciale e industriale"; di conseguenza i limiti di riferimento risultano essere le CSC della Colonna B della tabella citata per i materiali da riutilizzare come inerti e per rilevati, mentre per la messa a dimora nelle aree di recupero ambientale si considerano le destinazioni specifiche di ogni sito.

Infatti, poiché circa il 37% verrà reimpiegato per la realizzazione di rilevati/riporti ed inerti si è proceduto in via preliminare alla verifica del rispetto delle CSC assimilabili all'uso industriale, durante la realizzazione dei lavori, e comunque prima dell'effettivo riutilizzo, si procederà alla verifica della destinazione d'uso associata all'area di riutilizzo.

6.1.2 Modalità di campionamento e analisi

In fase di esecuzione dei prelievi sono state adottate tutte le misure e le cautele necessarie ad effettuare prelievi di carattere ambientale ed in particolare:

- il campionamento delle terre e rocce da scavo è stato effettuato sul materiale tal quale, in modo tale da ottenere un campione rappresentativo;
- la preparazione dei campioni delle terre e rocce da scavo, ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica, è stata effettuata secondo i principi generali della norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati";
- ai fini di ricostruire il profilo verticale delle concentrazioni degli inquinanti nel terreno i campioni portati in laboratorio sono stati privati della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche in laboratorio condotte sull'aliquota di granulometria inferiore ai 2 mm. La concentrazione del campione è stata determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro;
- le determinazioni analitiche in laboratorio sono state condotte sull'aliquota di granulometria inferiore ai 2 mm; qualora l'aliquota di granulometria inferiore ai 2 mm sia inferiore al 10% in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

peso, il campione è stato sottoposto ad una riduzione granulometrica tale da assicurare che l'aliquota di granulometria inferiore ai 2 mm sia almeno pari al 10% in peso. La concentrazione del campione è stata determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva dello scheletro;

- le analisi di laboratorio, sui campioni prelevati, sono state effettuate “sul materiale tal quale” e saranno mirate alla verifica del rispetto dei limiti analitici di cui alla Tabella 1, colonna A o colonna B dell'Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. a seconda della destinazione d'uso del sito che può essere, nel primo caso, ad uso verde pubblico, residenziale o privato, nel secondo caso ad uso commerciale e industriale.

I campioni formati sono stati conservati in appositi contenitori ermetici ed etichettati in modo idoneo indicando: committente, sigla campione, data campionamento, cumulo di campionamento, cantiere di provenienza, numero di commessa.

Al fine di verificare il rispetto dei limiti massimi di concentrazione di inquinanti nei campioni prelevati si è proceduto ad eseguire l'analisi chimica, sul materiale tal quale, relativamente al set di parametri riportati in Tabella 7.1, valutati di concerto con il laboratorio che ha eseguito le determinazioni analitiche.

Il set di analiti è stato scelto indipendentemente dall'analisi storica dei siti in quanto si ritiene che, viste le profondità a cui saranno prelevati i campioni, l'assenza di probabili fonti interraste di inquinamento (condutture, serbatoi, fusti, etc.) possa già escludere una contaminazione antropica. A tali profondità, inoltre, è ragionevole escludere la presenza di qualsiasi composto organico volatile. Pertanto, tali analisi hanno consentito di definire, già in questa fase preliminare di indagine, l'esclusione o la presenza di inquinamento nella terra e roccia ed eventuali anomalie geochimiche del terreno.

L'esclusione di contaminazione degli strati profondi di suolo è da considerarsi ragionevole dal momento che le aree ove sono state localizzate le attività di campionamento non risultano essere interessate da attività industriali e/o antropiche tali indurre una potenziale contaminazione di suolo a decine di metri di profondità.

Tabella 6-1 Parametri e corrispondente metodologia

Residuo a 105 °C Scheletro		
Composti inorganici		METODO
1	Antimonio	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
2	Arsenico	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
3	Berillio	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
4	Cadmio	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
6	Cromo totale	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
7	Cromo VI	UV-VIS-Met. Uff. CNR IRSA 16 Q64 Vol.3 1986
8	Mercurio	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
9	Nichel	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
10	Piombo	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
11	Rame	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
12	Selenio	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
13	Stagno	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
16	Zinco	IPC-AES- Met. Uff. EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<table border="1"> <tr> <td><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>22/02/2024</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	D	22/02/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
D	22/02/2024						

Composti aromatici		METODO
19	Benzene	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
20	Etilbenzene	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
21	Stirene	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
22	Toluene	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
23	Cilene	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
24	Sommatoria organici aromatici	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
Composti aromatici policiclici		
34	Sommatoria policiclici aromatici (IPA)	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
Alifatici clorurati cancerogeni		
39	Clorometano	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
42	Cloruro di vinile	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
45	Tricloroetilene	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
46	Tetracloroetilene (PCE)	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
Fenoli non clorurati		
71	Fenolo	HPLC – UV Met. Uff. APAT CNR IRSA Q64 16/1998
Idrocarburi		
94	Idrocarburi leggeri C<12	GC-MS – Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
95	Idrocarburi pesanti C>12	GC-FID Met. Uff. EPA 3550B 1996 + EPA 8015B 1996

6.1.3 Esiti delle indagini sulle terre e rocce da scavo

Non si sono verificati superamenti delle CSC; in tal senso il materiale risulta idoneo al riutilizzo e proveniente da sito non inquinato (vedi tabelle di sintesi riportate in Allegato alla presente).

6.1.4 Indagini preliminari e propedeutiche alla riqualifica del litorale con ripascimento

Lo studio eseguito sulla compatibilità ambientale del materiale proveniente dai siti di prelievo si avvale dei sondaggi espletati sui terreni interessati dalle opere relative al progetto del collegamento stabile dello Stretto di Messina.

Per dare riscontro a quanto richiesto dal manuale ICRAM-APAT, al fine di verificare l'idoneità dei sedimenti per interventi di ripascimento di arenili, è stata condotta nell'ambito del progetto definitivo la caratterizzazione dei sedimenti dal sito d'origine, in particolare è stato effettuato un ulteriore carotaggio nel versante siciliano del ponte.

Sono state analizzate n°8 sezioni del suddetto carotaggio di profondità pari a 30 metri.

Le analisi eseguite sulle sezioni indagate sono riassunte nella seguente tabella:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Tabella 6-2 Campioni S409bis

SITO DI PRELIEVO S409BIS					
		Analisi eseguite			
ID	PROFONDITA' DI PRELIEVO(m.)	Granulometriche	Fisiche	Ambientali	Mineralogiche
1	0-0.5	X	X	X	X
2	0.5-1.00	X	X	X	X
3	1.00-1.50	X	X	X	X
4	1.50-2.00	X	X	X	X
5	8.50-9.00	X	X	X	X
6	15.50-16.00	X	X	X	X
7	22.50-23.00	X	X	X	X
8	29.50-30.00	X	X	X	X

I parametri indagati e le relative specifiche sono riportati nelle tabelle 9,10,11,12,13 dell'elaborato CZV1052_F0 del progetto definitivo cui si rimanda.

Per condurre altresì lo studio del sito di ripascimento ci si è avvalsi sia di indagini geofisiche a terra sia di prelievi e analisi sui sedimenti campionati lungo la costa.

In particolare, per quanto riguarda l'area interessata dal ripascimento, i campionamenti sono stati eseguiti a partire dalla battigia, secondo dei transetti ortogonali ad essa (n°13) che attraversano l'area costiera interessata dalle opere in progetto (vedi elaborato CZV0981).

Per quanto riguarda le indagini geofisiche a terra, ci si è avvalsi delle stratigrafie acquisite tramite una campagna di indagini geognostiche in terraferma precisamente nella piattaforma di retrospiaggia.

Il progetto di prelievo e caratterizzazione dei campioni è stato redatto in base a quanto prescritto dal D.M.14/01/1996 integrato secondo il *Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini (ICRAM-APAT)*.

I risultati delle analisi chimico-fisiche ed ecotossicologiche sui campioni di materiale di scavo nei siti di prelievo sono sintetizzate nella cartella riportata di seguito.

Tabella 6-3 Risultati analisi sito di prelievo

Parametro	Unità di misura	Metodo	Campioni							
			Risultato							
			01	02	03	04	05	06	07	08
Granulometria	%	ASTM D 411-63(2007)+ ASTM D 854-06 (2010))	Vedi curva all'ta							
Metalli										
Arsenico	mg/kg	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 mAN 29 2003	3	3	3	2	3	1	2	2
Cadmio	mg/kg	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cromo	mg/kg	CNR IRSA 3020 mAN 29 2003	13	13	13	10	12	12	15	17
Rame	mg/kg	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT	22	25	20	16	13	10	10	9
Mercurio	mg/kg	CNR IRSA 3020 mAN 29 2003	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nichel	mg/kg	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT	6	7	8	6	8	7	10	9
Piombo	mg/kg	CNR IRSA 3020 mAN 29 2003	16	7	6	6	4	4	4	5
Zinco	mg/kg	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT	33	23	21	19	21	18	21	22
PCB										
ΣPCB	ng/kg	EPA 3545 A 2007 + EPA 1668 B 2008 + UNEP/POOS/COP.3/INF/27 11/04/2007	0.468	0.578	0.383	0.907	0.543	0.444	0.62	0.667
IDRIBIBURBI POLICICLI AROMATICI (IPA)										
Naftalene	mg/kg	EPA 3541 1994+ EPA 3630C 1996+ EPA 8270D 2007	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fluorene	mg/kg	EPA 3541 1994+ EPA 3630C 1996+ EPA 8270D 2007	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fenantrene	mg/kg	EPA 3541 1994+ EPA 3630C 1996+ EPA 8270D 2007	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Antracene	mg/kg	EPA 3541 1994+ EPA 3630C 1996+ EPA 8270D 2007	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fluorantene	mg/kg	EPA 3541 1994+ EPA 3630C 1996+ EPA 8270D 2007	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Pirene	mg/kg	EPA 3541 1994+ EPA 3630C 1996+ EPA 8270D 2007	0.04	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Secondo la dichiarazione rilasciata dal laboratorio certificato CADA s.n.c., i campioni di sedimenti provenienti dal sito di prelievo *“possono essere annoverati all’interno della classe A1 delle classi di qualità del materiale caratterizzato”* e quindi in merito alla possibilità di ricollocazione di tali sedimenti, secondo manuale ICRAM-APAT, possono essere utilizzati per *“ripascimenti di arenili”*.

Si riporta in seguito la tabella 2.2 estratta dal manuale citato, riportante la suddivisione in classi di quantità del materiale caratterizzato con le relative opzioni di gestione compatibili.

APAT **IC**

Tabella 2.2– Classi di qualità del materiale caratterizzato e opzioni di gestione compatibili.

Classe	Opzioni di gestione
A1	Sabbie (pelite < 10%) da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: 1. Ripascimento di arenili (previa verifica compatibilità con il sito di destinazione); 2. Ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero comprese le deposizioni finalizzate al ripristino della spiaggia sommersa; 3. Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale; 4. Riutilizzi a terra (secondo la normativa vigente); 5. Deposizione in bacini di contenimento (es. vasche di colmata); 6. Immersione in mare.
A2	Materiale da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: 1. Ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero compresa la deposizione finalizzata al ripristino della spiaggia sommersa (solo nel caso di prevalente composizione sabbiosa). 2. Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale; 3. Riutilizzi a terra (secondo la normativa vigente); 4. Deposizione in bacini di contenimento (es. vasche di colmata); 5. Immersione in mare.
B1	Materiale da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: 1. Riutilizzi a terra (secondo la normativa vigente); 2. Deposizione in bacini di contenimento che assicurino il trattenimento di tutte le frazioni granulometriche del sedimento (incluso il riempimento di banchine).
B2	Materiale da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: 1. Riutilizzi a terra (secondo la normativa vigente); 2. Deposizione all’interno di bacini di contenimento con impermeabilizzazione laterale e del fondo. 3. Smaltimento presso discarica a terra.
C1	Materiale da sottoporre a procedure di particolare cautela ambientale secondo la seguente priorità: 1. Rimozione in sicurezza e avvio di specifiche attività di trattamento e/o particolari interventi che limitino l’eventuale diffusione della contaminazione; 2. Rimozione in sicurezza e deposizione in bacini di contenimento con impermeabilizzazione laterale e del fondo. 3. Rimozione in sicurezza e smaltimento presso discarica a terra
C2	Materiale da sottoporre a procedure di particolare cautela ambientale la cui rimozione e gestione devono essere valutate caso per caso.

L’analisi petrografica delle sabbie dei litorali interessati, che si è sviluppata in diversi punti distribuiti uniformemente su tutto il tratto interessato (spiaggia emersa e sommersa), ha portato a risultati abbastanza omogenei, sia in termini di composizione mineralogica, sia in termini di qualità delle sabbie. Si tratta infatti in tutti i campioni analizzati di aggregati costituiti prevalentemente da particelle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

minerali e rari frammenti di rocce metamorfiche di tipo gneissico. La loro composizione mineralogica è prevalentemente quarzifera, feldspatica e micacea, con percentuali di quarzo sempre superiori al 20%. Sotto l'aspetto qualitativo le particelle appaiono di forma sub-arrotondata, lisce e compatte, di colore tendenzialmente grigiastro.

Ulteriori indagini sono state espletate sulla componente granulometrica, ed in particolare su n. 100 campioni di sabbie prelevati sulla spiaggia emersa e sommersa del litorale oggetto di intervento fino alla batimetrica -10 m.

Sulla piattaforma emersa inoltre, dal geologo incaricato dello studio specialistico, sono state eseguite n.° 3 perforazioni meccaniche a rotazione ed a carotaggio continuo in altrettanti punti del litorale marino interessato dall'intervento di riqualificazione.

Sono stati eseguiti un sondaggio (Sondaggio 1) nella spiaggia di Rometta Marea, un sondaggio (Sondaggio 2) nella spiaggia di Spadafora ed un sondaggio (Sondaggio 3) nella spiaggia di Venetico Marina.

Per i risultati di tali indagini si rimanda alla relazione specialistica CZV0932_F0 del Progetto Definitivo.

Per quanto riguarda i campioni prelevati a mare, si può affermare che si tratta quasi esclusivamente di sabbie, e solo in qualche caso con una modestissima percentuale di ghiaie.

Più differenziata appare la situazione dei campioni di spiaggia emersa, dove per la maggior parte di essi si tratta di sabbia debolmente ghiaiosa, talora di sabbia con ghiaia e solo in percentuale minore di ghiaia con sabbia.

6.2 Indagini ambientali di progetto esecutivo

6.2.1 Indagini da effettuare

Nelle fasi iniziali del progetto esecutivo sarà valutata la necessità di ripetere/ampliare le analisi condotte in fase di progetto definitivo per la verifica dell'idoneità del materiale di scavo ad essere classificato come sottoprodotto. Il piano di indagini da sviluppare nella fase di progetto esecutivo dovrà considerare i criteri tecnici di cui all'Allegato 4 del DPR 120/17.

Nella fase di progettazione esecutiva, si propone di integrare la caratterizzazione geotecnica e ambientale, per verificare la compatibilità chimica di particolari geologie attraversate, qualora queste fossero ritenute potenziali fonti di contaminazione che potrebbero determinare superamenti di CSC a causa di rilasci di analiti (ad es. metalliferi). Questo consentirebbe l'eventuale valutazione di presenza di aree con valori di fondo naturale diversi dai valori limite tabellati del D. Lgs.152/06 e ss.mm.ii.

A tal proposito già con il progetto definitivo erano state identificate delle analisi geologiche/geotecniche da eseguire durante la successiva fase di progettazione esecutiva, integrate poi con le richieste specifiche della Commissione VIA (vedi tabelle sotto riportate). Si conferma che anche le prove e i sondaggi, come già previsti dalle indagini integrative, saranno studiati e valutati nel dettaglio per essere eventualmente integrati con le analisi ambientali.

Complessivamente si prevede di prelevare **n. 201 campioni dal lato Sicilia, n. 165 campioni dal lato Calabria e n. 114 campioni** in corrispondenza delle **opere di attraversamento** (n. 3 campioni per ogni sondaggio geotecnico da eseguire in PE) a cui saranno aggiunti eventuali campioni di tipo puntuale per caratterizzare evidenze di criticità riscontrate dalla stratigrafia del sondaggio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> <i>Data</i> D 22/02/2024

Tabella 6-4 Numero di campioni ambientali da eseguirsi in corrispondenza delle indagini geotecniche in progetto esecutivo (previste dal Progetto definitivo 2012, integrative necessarie per le NTC 2008 e previsti da Open Item, e migliorative)

Lato Calabria	N° sondaggi	N° campioni per sondaggio	N° campioni totali
Campioni ambientali dai Sondaggi Programma CG da rev.1 CdP 5 e da verbale 50 del 25-28/02/2011	26	3	78
Campioni ambientali dai Sondaggi previsti da NTC 2008	17	3	51
Campioni ambientali dai Sondaggi previsti da Open Item	8	3	24
Sub totale necessari	51		153
Campioni ambientali dai Sondaggi Migliorativi PMC	4	3	12
Sub totale integrazione	29		87
TOTALE	55		165

Lato Sicilia	N° sondaggi	N° campioni per sondaggio	N° campioni totali
Campioni ambientali dai Sondaggi Programma CG da rev.1 CdP 5 e da verbale 50 del 25-28/02/2011	26	3	78
Campioni ambientali dai Sondaggi previsti da NTC 2008	20	3	60
Campioni ambientali dai Sondaggi previsti da Open Item CS/RINA/PMC	14	3	42
Sub totale necessari	60		180
Campioni ambientali dai Sondaggi Migliorativi PMC	7	3	21
Sub totale integrazione	41		123
TOTALE	67		201

Opere di attraversamento	N° sondaggi	N° campioni per sondaggio	N° campioni totali
Campioni ambientali dai Sondaggi previsti da programma CG INSERITI NELLA REV. 2 CDP 21	32	3	96
Campioni ambientali dai Sondaggi previsti da OPEN ITEM (CS/RINA/PMC) E NTC 2008	6	3	18
TOTALI	38		114

I risultati delle analisi sui campioni saranno confrontati con le CSC di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del D.Lgs. 152/06.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

In progetto esecutivo verrà quindi condotto un approfondimento specifico sulle caratteristiche geochimiche delle litologie attraversate per valutare se possano essere presenti tali criticità e conseguentemente prevederne l'analisi.

Per la caratterizzazione dei materiali di scavo, conformemente alla Tabella 4.1 dell'Allegato 4 al DPR n. 120/2017, le analisi chimiche saranno condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm e saranno volte alla ricerca dei seguenti analiti:

Tabella 6-5 Set analitico minimale (Allegato 4 Tabella 4.1 del DPR 120/2017)

Metalli	
Arsenico (As)	Piombo (Pb)
Cadmio (Cd)	Rame (Cu)
Cobalto (Co)	Zinco (Zn)
Cromo totale (Cr)	Mercurio (Hg)
Cromo esavalente (Cr VI)	Nichel (Ni)
Altri parametri	
Amianto	IPA*
Idrocarburi pesanti C>12	BTEX*
* Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione, e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera.	

Si valuterà nelle fasi successive la necessità eventuale di ampliare il set analitico in funzione delle condizioni al contorno (presenza di particolari litologie) o per individuare le origini di eventuali superamenti che potenzialmente si possano riscontrare (ad.es. speciazione idrocarburica) in particolari condizioni.

Si propone inoltre di eseguire delle indagini per la gestione del materiale di scavo come rifiuto che prevedono:

- il prelievo di un campione tal quale rappresentativo di ogni sondaggio, costituito da più aliquote, per un totale di **n. 67 campioni nel lato Sicilia, n. 55 campioni nel lato Calabria e n. 38 campioni** in corrispondenza delle **opere di attraversamento**;
- l'esecuzione dell'analisi di omologa del rifiuto ai sensi del D.Lgs 152/06;
- l'esecuzione del test di cessione per l'individuazione dell'idonea discarica (ai sensi del D.Lgs 121/2020) e la verifica di conformità al conferimento in impianti di recupero (ai sensi del DM 186/2006).

Il progetto esecutivo identificherà le analisi da condurre prima dell'inizio dei lavori sulle aree interessate dagli interventi, incluse le aree di deposito intermedio e le piattaforme per la verifica della biodegradazione e della ecotossicità degli additivi utilizzati per la scavo meccanizzato delle gallerie.

Inoltre, i siti di deposito finale saranno sottoposti - ove possibile e compatibilmente con lo stato attuale - alle indagini di caratterizzazione ambientale attraverso il prelievo di campioni rappresentativi dello stato superficiale da sottoporre alle determinazioni degli analiti previsti in Tabella 6-5. Nel caso in cui si proceda con una disposizione a griglia dei punti di indagine, il lato di ogni maglia potrà variare da 10 a 100 m a seconda del tipo e delle dimensioni del sito. Il numero di indagini da eseguire

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

in fase di progetto esecutivo è stato definito in relazione all'estensione dell'area di cantiere e di seguito si riporta il riepilogo dei punti di campionamento necessari per le aree SRA,SRAS,CRA e CRAS.

Tabella 6-6 Numero di campioni da prelevare in progetto esecutivo nei Siti di Recupero Ambientali (SRA/CRA) e nelle discarica di rifiuti speciali non pericolosi (evidenziati in giallo)

Indagini ambientali previste sui siti di destino				
Sicilia				
Siti	Area (m ²)	N° indagini previste da DPR120/17	N°campioni sulla singola verticale (0÷-0.5 m)	N° campioni totale
SRA4	1.529.000	312	1	312
SRA5	64.401	19	1	19
SRA6	61.531	19	1	19
SRA7	27.200	12	1	12
SRA8	107.565	28	1	28
SRA8bis	17.420	10	1	10
SRA8ter	2.870	4	1	4
SRA9	16.614	10	1	10
SRA10	49.739	16	1	16
SRAS	34.000	13	1	13
SRAS1	29.000	12	1	12
SRAS2	19.000	10	1	10
				464
Calabria				
Siti	Area (m ²)	N° indagini previste da DPR120/17	N°campioni sulla singola verticale (0÷-0.5 m)	N° campioni totale
CRA3	65.258	20	1	20
CRA4	16.171	10	1	10
CRA5	39.031	14	1	14
CRAS	20.158	11	1	11
				55
Tolate S+C				519

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

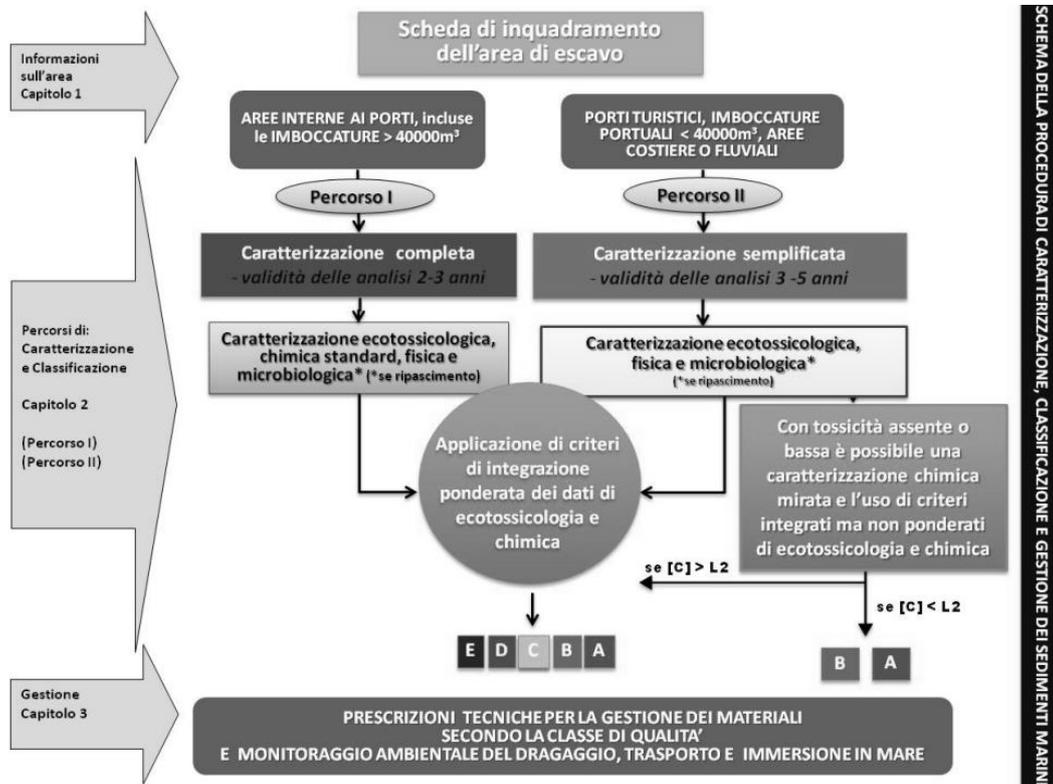
6.2.1.1 Tabella di sintesi delle indagini integrative di progetto esecutivo

Indagini integrative sui terreni	N° campioni
Indagini per la verifica delle CSC di cui colonna A e B D.Lgs 152/06	480
Indagini integrative per la gestione dei materiali di scavo come rifiuto	N° campioni
parametri previsti dalla tabella 1 dell'allegato 5 al D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. espressi sul tal quale e non sul secco per omologa rifiuto	160
test di cessione previsto per l'individuazione dell'idonea discarica ai sensi del D.Lgs 121/2020	160
test previsto dall'Allegato 3 del D.M. 05/02/1998, finalizzato alla verifica di conformità per la gestione in impianti di recupero autorizzati.	160
Indagini integrative sui siti di destino finale	N° campioni
Indagini per la verifica delle CSC di cui colonna A e B D.Lgs 152/06 nei siti di Recupero Ambientale	474
Indagini per la verifica delle CSC di cui colonna A e B D.Lgs 152/06 nelle discariche di rifiuti non pericolosi	45

6.2.2 Indagini da effettuare per il ripascimento

Relativamente ai materiali per il ripascimento, saranno valutate in fase di progettazione esecutiva le attività di caratterizzazione da eseguirsi ai sensi del sopravvenuto Decreto Ministeriale n. 173 del 15 luglio 2016, secondo le indicazioni tecniche ed operative di cui all'Allegato tecnico dello stesso decreto (vedi sotto un estratto dello schema della procedura di caratterizzazione).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<table border="1"> <tr> <td><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>22/02/2024</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	D	22/02/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
D	22/02/2024						



I materiali di scavo destinati a ripascimenti saranno oggetto di analisi chimiche, fisiche, biologiche ed ecotossicologiche da condurre secondo i disposti del DM 173/2016 al fine di addivenire alla classificazione di qualità dei materiali di scavo. Inoltre, si farà riferimento al protocollo metodologico da utilizzare nella preparazione degli elutriati nell'esecuzione dei saggi biologici sui sedimenti marini costieri da movimentare descritto nel Manuale ISPRA 2017 "Aspetti metodologici finalizzati all'applicazione dei saggi biologici previsti dall'allegato tecnico al D.M.173/16: Protocollo per la preparazione dell'elutriato. Quaderni di Ecotossicologia";

In particolare, le analisi chimiche saranno condotte sui seguenti analiti:

PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE
METALLI E METALLOIDI	As, Cd, Crtot-, Cr VI*, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V*, Al*, Fe*	0,03 mg kg ⁻¹ (Cd, Hg); 1 mg kg ⁻¹ (altri)
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	Acenafilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenafene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene e loro sommatoria	1 Mg kg ⁻¹
IDROCARBURI 012*		5 mg kg ⁻¹
PESTICIDI ORGANOCLOPURATI	Aldrin, Dieldrin, Endrin, a-HCH, 3-HCH, γ-HCH (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacloro epossido	0,1 rg kg ⁻¹
POLICLOROBIFENILI	Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118,	0,1 rg kg ⁻¹

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE
	PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria	
COMPOSTI ORGANOSTANNICI	Monobutil, Dibutil, Tributilstagno e loro Sommatoria	1 Mg kg ⁻¹
CARBONIO ORGANICO TOTALE O SOSTANZA ORGANICA TOTALE		0,1 %
SOMMAT. T.E. PCDD,PCDF (Diossine e Furani) e PCB DIOSSINA SIMILI*	elenco di cui alle note della tabella 3/A di cui al D.lgs 172/2015	D.Lgs 172/2015

* da considerare come sostanze aggiuntive.

Per la caratterizzazione fisica dei materiali di scavo destinati a ripascimenti saranno presi in considerazione i parametri fisici e relative specifiche:

PARAMETRI FISICI		UNITÀ DI MISURA
DESCRIZIONE MACROSCOPICA	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica	-
GRANULOMETRIA	Frazioni granulometriche al ½ Ø Dove Ø = -log ₂ (diametro in mm/diametro unitario in mm)	%
MINERALOGIA	Principali caratteristiche mineralogiche (facoltative)	

6.2.3 Aspetti geotecnici, chimico/ambientali ed ecotossicologici del condizionamento per lo scavo meccanizzato delle gallerie

6.2.3.1 Generalità

Per la realizzazione delle gallerie previste dal progetto in esame, è previsto anche l'utilizzo della metodologia di scavo meccanizzato comunemente definita Earth Pressure Balance (EPB) la quale richiede l'iniezione, durante la fase di scavo, di agenti chimici (a volte definiti agenti schiumogeni) e altri additivi.

Tali additivi vengono miscelati al terreno durante le operazioni di scavo modificandone le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche per agevolare il supporto del fronte, l'estrazione del terreno dalla camera di scavo e il successivo trasporto mediante nastri verso l'esterno della galleria.

Per la gestione degli agenti condizionanti in fase di scavo e per la progettazione della gestione/riutilizzo del materiale di risulta (terreno scavato) contenente tracce residuali degli agenti chimici precedentemente menzionati è necessario eseguire una serie di attività sperimentali di carattere geotecnico, chimico ed eco-tossicologico sui prodotti e sui terreni prima e dopo il condizionamento.

Da un punto di vista strettamente metodologico, l'attività sperimentale che verrà sviluppata vedrà lo sviluppo di una serie di passi:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- analisi delle caratteristiche geologico/geotecniche dei terreni da scavare e individuazione delle formazioni maggiormente rappresentative e/o maggiormente critiche per lo scavo;
- prelievo di campioni di terreno effettivamente rappresentativi del terreno da scavare alla quota di scavo in cui verrà realizzata la galleria;
- selezione di una serie di prodotti commerciali (agenti condizionanti) sviluppati e proposti per il condizionamento delle formazioni precedentemente studiate/selezionate;
- esecuzione di prove di laboratorio di condizionamento di carattere geotecnico su campioni rappresentativi di terreno al fine di mettere in luce eventuali differenze tra gli agenti condizionanti e al fine di prevedere un range di valori “ottimali” dei parametri del condizionamento da utilizzare e, conseguentemente, un range di caratteristiche geotecniche e chimiche delle terre e rocce da scavo in uscita dalla TBM;
- preparazione di campioni rappresentativi del materiale di risulta dallo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB;
- esecuzione delle prove di carattere chimico ed ecotossicologico su tali campioni.

Tutte le attività dovranno includere studi e ricerche preliminari, la redazione di protocolli di prova e la redazione di un documento di sintesi, ivi comprese tutte le attività quali la partecipazione a tavoli tecnici, riunioni e presentazioni finalizzate e propedeutiche allo sviluppo del progetto.

6.2.3.2 Attività sperimentali geotecniche

Le attività sperimentali geotecniche consistono in:

- caratterizzazione degli agenti chimici per il condizionamento dei terreni/rocce;
- individuazione e caratterizzazione dei litotipi rappresentativi;
- identificazione dei prodotti chimici e dei range di dosaggi idonei allo scavo, sviluppo del programma sperimentale necessario a supportare tali valutazioni;
- redazione di un documento di sintesi delle attività svolte.

Lo studio dovrà essere eseguito tramite una serie di prove di laboratorio da eseguirsi presso un laboratorio geotecnico dotato di strumentazione e apparecchiature di prova specificatamente pensate per replicare alcuni dei processi chimico/fisico/meccanici che avvengono durante il processo di condizionamento del terreno per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB.

Le prove di laboratorio possono concettualmente essere suddivise in tre parti:

- prove di caratterizzazione dell’agente condizionante (peso di volume, viscosità) finalizzate a:
 - a) caratterizzare il prodotto e acquisire gli elementi necessari a dosare il prodotto e generare la schiuma con una maggiore precisione;
 - b) verificare che il prodotto sia idoneo all’utilizzo nella TBM e non crei problemi nell’impianto di iniezione durante lo scavo;
 - c) avere elementi utili a verificare, in corso d’opera, che il prodotto fornito e utilizzato abbia effettivamente le caratteristiche corrette.
- prove di caratterizzazione della schiuma (semivita) ovvero prove utili a comprendere se la schiuma generata possieda adeguate caratteristiche in termini di stabilità e omogeneità delle bolle; una schiuma poco stabile difficilmente riuscirà a trasmettere al fronte la pressione in modo corretto e, viceversa, molto probabilmente non riuscirà a prevenire fenomeni quali l’abrasione (per lo scavo in terreni a grana grossa) o il clogging (nel caso di terreni a grana fine) e darà

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

problemi nel mantenimento della corretta pressione durante le fasi di fermo macchina necessarie all'installazione dei conci di rivestimento.

- prove di caratterizzazione del terreno condizionato (slump, tavola a scosse, mixing, pull-out, abrasione, ...) ovvero prove di laboratorio finalizzate a verificare la giusta combinazione dei parametri caratteristici del condizionamento necessari a garantire innanzitutto nel terreno la corretta consistenza (per la trasmissione della pressione al fronte, la agevole estrazione del terreno dalla camera di scavo mediante la coclea e l'agevole trasporto dello stesso tramite il nastro di trasporto) ma anche per evitare i citati fenomeni di usura o di clogging particolarmente rischiosi durante lo scavo.

Le prove, al fine di definire il range di dosaggi ottimale per ciascuna combinazione di agente condizionante e terreno, dovranno essere eseguite su differenti combinazioni dei principali parametri caratteristici del condizionamento:

- Concentration Factor (Cf),
- Foam Expansion Ratio (FER)
- Foam Injection Ratio (FIR).

6.2.3.3 Attività sperimentali di carattere chimico ed eco-tossicologico

Le attività sperimentali di carattere chimico ed eco-tossicologico di supporto alla definizione del piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo da redigere in fase di progetto esecutivo, consistono sinteticamente in:

- preparazione dei campioni di terreno opportunamente trattati chimicamente così da simulare le caratteristiche del terreno di risulta dello scavo;
- definizione e sviluppo di uno specifico protocollo sperimentale necessario allo studio degli effetti degli agenti chimici iniettati nel terreno sull'ambiente, inclusivo di studi di biodegradazione, studi eco-tossicologici e realizzazione in scala di laboratorio di una serie di campioni rappresentativi del materiale di risulta sui quali eseguire tali attività sperimentali;
- definizione di tutti gli elementi necessari a caratterizzare il terreno di risulta.

Tali attività possono concettualmente essere suddivise nella caratterizzazione di ciascun prodotto dal punto di vista chimico ed eco-tossicologico e nella caratterizzazione di ciascuna combinazione di litologia/agente condizionante.

Per quanto riguarda le attività sperimentali, verrà eseguito:

- Studio e caratterizzazione degli agenti condizionanti e dei loro composti ovvero lo studio della composizione chimica di ciascun prodotto, lo studio delle schede di sicurezza, del profilo eco-tossicologico di ciascun composto e il controllo presso una serie di database di eventuali rischi già noti.
- Preparazione dei campioni di terreno condizionato in quanto per l'esecuzione degli studi chimici ed eco-tossicologici è necessaria l'esecuzione di prove di laboratorio su campioni che abbiano le caratteristiche del terreno una volta estratto dalla camera di scavo. Per tale motivo è necessario eseguire il condizionamento del campione di terreno con i dosaggi precedentemente individuati dagli studi geotecnici e preparazione del campione di terreno non condizionato (bianco).
- Preparazione dei campioni per le prove sperimentali in quanto l'esecuzione delle prove di laboratorio chimiche ed eco-tossicologiche richiede campioni con precise caratteristiche; pur

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

essendo l'esecuzione di tali prove oggetto di standard comunemente accettati, le caratteristiche dei terreni estratti e degli agenti condizionanti sono tali da richiedere delle complesse procedure di preparazione, diluizione, estrazione o filtrazione del campione differenti da terreno a terreno.

- Esecuzione delle prove di carattere chimico (i.e. TOC, MBAS, pH, ...) ed eco-tossicologico su differenti microrganismi bersaglio appartenenti a differenti comparti (i.e. Vibrio Fischeri, Daphnia Magna, ...) a differenti giorni (i.e. 0, 7, 14, 28) per la verifica del processo di biodegradazione e della ecotossicità del materiale di scavo nel tempo.

6.2.3.4 Risultati attesi

I risultati attesi dall'attività precedentemente descritta sono:

- definizione delle formazioni maggiormente rappresentative / critiche per lo scavo meccanizzato di gallerie;
- definizione di una serie di prodotti (agenti condizionanti) da impiegarsi per lo scavo meccanizzato di tali formazioni;
- stima dei range di valori "ottimali" dei parametri caratteristici del condizionamento e previsione delle caratteristiche geotecniche del terreno condizionato;
- definizione delle caratteristiche chimiche ed ecotossicologiche intrinseche degli agenti condizionanti e verifica della piena compatibilità del loro utilizzo rispetto alla normativa vigente
- definizione del profilo ambientale (chimico ed ecotossicologico) delle terre e rocce da scavo e verifica della piena compatibilità con il regime di sottoprodotto ;
- definizione del protocollo di controllo e monitoraggio in corso d'opera sulle terre e rocce da scavo provenienti dallo scavo meccanizzato di gallerie inclusivo delle tempistiche di stazionamento di tale materiale nelle piazzole/baie/vasche all'esterno della galleria prima del prelievo dei campioni per le relative analisi.

6.3 Indagini ambientali in corso d'opera

6.3.1 Modalità di caratterizzazione ambientale

Oltre alle analisi di caratterizzazione già eseguite e da eseguire in fase progettuale, in corso d'opera si procederà con ulteriori campionamenti per gli scavi in sotterraneo mediante campionamento in cumulo o direttamente sul fronte di avanzamento dei materiali di scavo per i quali si prevede una gestione in qualità di sottoprodotti

L'implementazione del piano di campionamento e monitoraggio in corso d'opera avverrà secondo quanto previsto dal punto di vista tecnico dall'Allegato 9 del D.P.R.120/2017 (Procedure di campionamento in corso d'opera e per i controlli e le ispezioni).

In considerazione della articolata varietà delle modalità di scavo e difficoltà operative, le attività di campionamento in corso d'opera potranno essere molteplici; si potranno quindi condurre, in base alle specifiche esigenze operative e logistiche, con una delle seguenti modalità:

- mediante sondaggi o trincee nell'area ove sono previsti gli interventi di scavo;
- su cumuli di materiali da scavo depositati in opportune aree di caratterizzazione;
- direttamente sul fronte di avanzamento degli scavi delle gallerie.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

6.3.2 Modalità e frequenza di indagine

Nel caso di indagini in aree di scavo ampie e/o con scavi superficiali, il campionamento potrà essere eseguito mediante trincee o pozzetti esplorativi e, se necessario, mediante sondaggi meccanici.

La densità dei punti di indagine nonché la loro ubicazione verranno basate su un modello concettuale preliminare delle aree (campionamento ragionato) o sulla base di considerazioni di tipo statistico (campionamento sistematico su griglia o casuale). Nel caso in cui si proceda con una disposizione a griglia, il lato di ogni maglia potrà variare da 10 a 100 m a seconda del tipo e delle dimensioni del sito oggetto dello scavo. I punti d'indagine saranno localizzati in corrispondenza dei nodi della griglia (ubicazione sistematica) oppure all'interno di ogni maglia in posizione opportuna (ubicazione sistematica causale).

Il numero di punti di indagine non sarà mai inferiore a tre, e sarà incrementato in base alle reali dimensioni dell'area di scavo. La profondità di indagine sarà determinata in base alle previste profondità degli scavi, avendo cura di prelevare almeno:

- un campione da 0 a 1 metro dal p.c.;
- un campione nella zona di fondo scavo;
- un campione in posizione intermedia tra i due.

Il numero minimo di campioni da prelevare nelle trincee o pozzetti esplorativi può essere di 3, uno entro il primo metro di profondità, uno a fondo scavo ed uno in posizione intermedia, nel caso di terreno omogeneo o con limitate variazioni nell'ambito dello scavo. Tuttavia, a seconda dei casi, il numero minimo di prelievi necessari può essere anche superiore: in particolare, dovrà essere prelevato almeno un campione per ogni orizzonte stratigrafico distinto presente entro lo scavo

6.3.3 Campionamento sul fronte di avanzamento degli scavi delle gallerie

La caratterizzazione sul fronte di avanzamento si eseguirà, in funzione delle metodologie di scavo, come minimo ogni 500 m, e sarà integrata ogni qual volta si verifichino variazioni significative della litologia dei materiali da scavo e nei casi in cui si riscontrino evidenze di potenziale contaminazione.

Si dovrà prelevare comunque un campione ad ogni inizio scavo galleria (primo fronte di avanzamento di ogni imbocco), successivamente il campionamento sarà eseguito almeno ogni 500 m di avanzamento.

Il campione medio sarà ottenuto direttamente dal materiale scavato sul fronte di avanzamento; si provvederà a prelevare almeno 8 campioni elementari, uniformemente distribuiti sulla superficie dello scavo, al fine di ottenere un campione composito che per quartatura darà il campione finale da sottoporre ad analisi chimica.

Poiché nel caso di scavo meccanizzato con TBM il fronte di avanzamento non è direttamente accessibile, il campionamento sarà eseguito direttamente sul nastro trasportatore, prima che il materiale da scavo raggiunga le vasche di stoccaggio in cls. Il campionamento dovrà essere necessariamente eseguito durante la fase attiva di scavo, prelevando dal nastro trasportatore n 8 incrementi nel corso di una singola spinta della TBM (avanzamento di 1.80 m). Gli 8 incrementi così prelevati saranno opportunamente omogeneizzati a formare un unico campione composito rappresentativo del fronte da caratterizzare.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		Codice documento AMR0976_r03.docx	Rev D	Data 22/02/2024

6.3.4 Campionamento su cumuli di materiale depositato in aree di caratterizzazione

Nei casi in cui i materiali scavati non risultassero preventivamente caratterizzati, o qualora si faccia ricorso a metodologie di scavo in grado di determinare una potenziale contaminazione, o per specifiche necessità logistiche-operative, l'attività di campionamento sarà condotta su cumuli stoccati in aree di caratterizzazione opportunamente predisposte seguendo i criteri tecnici e le frequenze indicati nell'allegato 9 del DPR 120/2017.

In particolare, relativamente ai cumuli da caratterizzare, lo smarino di galleria e i materiali degli scavi all'aperto saranno disposti in cumuli di dimensione massima pari a circa 5.000 m³, mentre il materiale estratto durante la perforazione di pali e diaframmi verrà accumulato in cumuli di dimensione massima pari a circa 3.000 m³. Dai cumuli così predisposti dovranno essere prelevati almeno 8 campioni elementari, di cui 4 in profondità e 4 in superficie, al fine di ottenere un campione composito che per quartatura darà il campione finale da sottoporre ad analisi chimica.

Il numero dei cumuli da campionare (che verranno scelti in modo casuale) sarà determinato mediante la formula:

$$m = k \cdot n^{1/3}$$

dove:

m = numero totale dei cumuli da campionare;

n = numero totale dei cumuli realizzabili dall'intera massa;

k = costante, pari a 5

Per quanto riguarda le modalità di campionamento, per quanto non espressamente specificato in questo documento si farà riferimento tecnico agli allegati 4 e 9 del DPR 120/2017. n.

6.3.5 Modalità di realizzazione dei campioni per analisi chimiche

Relativamente ai metodi per la "caratterizzazione del sottoprodotto" i campionamenti saranno effettuati sul materiale tal quale, in modo da ottenere un campione composito il più possibile rappresentativo dell'intera massa, adottando le procedure di campionamento previste dalla norma.

La preparazione dei campioni sarà effettuata nel rigoroso rispetto tecnico di quanto riportato nell'Allegato 4 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali" del DPR n. 120/2017 che prevede:

"I campioni da portare in laboratorio o da destinare ad analisi in campo sono privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche in laboratorio sono condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione è determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm). Qualora si abbia evidenza di una contaminazione antropica anche del sopravaglio le determinazioni analitiche sono condotte sull'intero campione, compresa la frazione granulometrica superiore ai 2 cm, e la concentrazione è riferita allo stesso. In caso di terre e rocce provenienti da scavi di sbancamento in roccia massiva, ai fini della verifica del rispetto dei requisiti ambientali di cui all'articolo 4 del presente regolamento, la caratterizzazione ambientale è eseguita previa porfirizzazione dell'intero campione."

Il campione finale "composito" sarà confezionato in barattoli/buste in PE o bocce/vials in vetro. Ogni contenitore dovrà essere sigillato ed etichettato. Ciascuna etichetta sul contenitore dovrà riportare

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

le indicazioni che permettano un'univoca identificazione del campione: data di campionamento, località di prelievo, punto di prelievo, sigla del campione.

I campioni dovranno essere conservati a temperatura controllata in modo da garantire il mantenimento della temperatura costante di 4°C.

Inoltre, i campioni dovranno essere accompagnati dalla "Catena di Custodia" sulla quale, oltre ai dati già citati, dovranno essere riportati il nome del tecnico che ha effettuato il prelievo, il nome del laboratorio che effettuerà le analisi, il tipo di analisi da eseguire, ed eventuali osservazioni sulla conservazione e lo stato dei campioni da analizzare.

6.3.6 Analisi fisico-chimiche di caratterizzazione ambientale dei MDS da gestire in qualità di sottoprodotto

Le analisi chimico-ambientali sui campioni saranno eseguite, da laboratori autorizzati e certificati UNI CEI EN 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura", adottando metodologie e procedure ufficialmente riconosciute.

Per la caratterizzazione dei materiali di scavo, conformemente alla Tabella 4.1 dell'Allegato 4 al DPR n. 120/2017, le analisi chimiche saranno volte alla ricerca dei seguenti analiti:

Metalli	
Arsenico (As)	Piombo (Pb)
Cadmio (Cd)	Rame (Cu)
Cobalto (Co)	Zinco (Zn)
Cromo totale (Cr)	Mercurio (Hg)
Cromo esavalente (Cr VI)	Nichel (Ni)
Altri parametri	
Amianto	IPA*
Idrocarburi pesanti C>12	BTEX*
<small>* Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione, e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera.</small>	

I materiali di scavo destinati a ripascimenti saranno oggetto delle analisi chimiche, fisiche, biologiche ed ecotossicologiche da condurre secondo i disposti del DM 173/16 al fine di addivenire alla classificazione di qualità dei materiali di scavo. Inoltre, si dovrà fare riferimento al protocollo metodologico da utilizzare nella preparazione degli elutriati nell'esecuzione dei saggi biologici sui sedimenti marini costieri da movimentare descritto nel Manuale ISPRA 2017 "Aspetti metodologici finalizzati all'applicazione dei saggi biologici previsti dall'allegato tecnico al D.M.173/16: Protocollo per la preparazione dell'elutriato. Quaderni di Ecotossicologia";

In particolare, le analisi chimiche saranno condotte sui seguenti analiti:

PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE
METALLI E METALLOIDI	As, Cd, Crtot-, Cr VI*, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V*, Al*, Fe*	0,03 mg kg ⁻¹ (Cd, Hg); 1 mg kg ⁻¹ (altri)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene e loro sommatoria	1 Mg kg ¹
IDROCARBURI 012*		5 mg kg ¹
PESTICIDI ORGANOCLORURATI	Aldrin, Dieldrin, Endrin, a-HCH, 3-HCH, γ-HCH (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacloro epossido	0,1 rg kg ¹
POLICLOROBIFENILI	Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria	0,1 rg kg ¹
COMPOSTI ORGANOSTANNICI	Monobutil, Dibutil, Tributilstagno e loro Sommatoria	1 Mg kg ¹
CARBONIO ORGANICO TOTALE O SOSTANZA ORGANICA TOTALE		0,1 %
SOMMAT. T.E. PCDD,PCDF (Diossine e Furani) e PCB DIOSSINA SIMILI*	elenco di cui alle note della tabella 3/A di cui al D.lgs 172/2015	D.Lgs 172/2015

* da considerare come sostanze aggiuntive.

Per la caratterizzazione fisica dei materiali di scavo destinati a ripascimenti saranno presi in considerazione i parametri fisici e relative specifiche:

PARAMETRI FISICI		UNITÀ DI MISURA
DESCRIZIONE MACROSCOPICA	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica	-
GRANULOMETRIA	Frazioni granulometriche al ½ Ø Dove Ø = -log ₂ (diametro in mm/diametro unitario in mm)	%
MINERALOGIA	Principali caratteristiche mineralogiche (facoltative)	

6.3.7 Matrici materiali di riporto

Le matrici di riporto verranno gestite secondo quanto disposto dal DL 2/2012 convertito con modifiche in legge n. 28/2012, successivamente modificato dall'art. 41 del DL 69/13; si terrà inoltre conto della nota di chiarimento del Ministero dell'Ambiente resa con la Nota n.13338/14.

Nel caso dei materiali di riporto di origine antropica, l'art.4 comma 3 prevede l'esecuzione del test di cessione secondo le metodiche previste dal D.M. 5 febbraio 1998, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) delle acque sotterranee.

Ciò premesso, per le matrici di riporto, ai fini della qualifica di sottoprodotto sarà verificato il rispetto:

- del limite massimo del 20% in peso per i materiali di origine antropica (come indicato nella nota n.13338/14 sopra citata);
- delle soglie di contaminazione (CSC) Tab. 2, del D.Lgs. 152/2006 - acque sotterranee - per l'eluato;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- delle CSC per le terre di cui alle colonne A e B, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, della tabella 1 dell'allegato 5, alla parte quarta, del D.Lgs. 152/2006.

Il rispetto dei requisiti di qualità ambientale per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, è garantito se le concentrazioni di inquinanti all'interno delle stesse sono inferiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alle Colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica dei siti di produzione e dei siti di destinazione, o ai valori di fondo naturali dei siti di produzione e di destinazione.

6.3.8 Verifica della biodegradazione degli agenti condizionati

Come già indicato al §6.2.2 verrà redatto un protocollo operativo di verifica della biodegradazione degli agenti condizionanti per la valutazione della compatibilità ambientale delle terre e rocce da scavo da adottare in corso d'opera per la realizzazione delle gallerie con l'utilizzo di additivi: esso verrà condiviso con l'ARPA territorialmente competente al fine di garantire che l'utilizzo degli additivi non comporti pregiudizio per l'ambiente e per la salute umana.

6.3.9 Verifica sui materiali per il ripascimento

Relativamente ai materiali per il ripascimento, saranno valutate ed effettuate le seguenti attività:

- Integrazione delle indagini ambientali svolte sui materiali da scavo destinati al ripascimento ai sensi del Decreto Ministeriale n. 173 del 15 luglio 2016 secondo le indicazioni tecniche ed operative di cui all'Allegato tecnico dello stesso decreto. In particolare, la relazione di caratterizzazione ambientale deve contenere:
 - Analisi delle comunità bentoniche;
 - Classificazione di qualità dei materiali da scavo secondo quanto riportato nelle tabelle 2.7 e 2.8 (in corso d'opera);
 - Opzioni di gestione, in funzione della classe di qualità dei materiali determinata secondo quanto riportato nelle tabelle 2.7 e 2.8 (in corso d'opera).
- Valutazioni tecnico-sperimentali riguardo la compatibilità ambientale del materiale in esame al fine dell'utilizzo quale ripascimento di un arenile e/o per l'immersione in mare sulla base delle indagini integrative di cui sopra.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

7 BILANCIO DEI MATERIALI

7.1 Quadro dei materiali di scavo prodotti

Tutti i materiali provenienti dagli scavi (ad eccezione di quelli non conformi ai requisiti di sottoprodotto) verranno riutilizzati all'interno dello stesso ciclo produttivo.

“Processo produttivo: si riferisce all'intero intervento di potenziamento o ammodernamento di un'asse ... l'ottimizzazione del bilancio delle terre, finalizzato alla riduzione dell'utilizzo di cave e discariche e la massimizzazione del loro impiego, purché idonee ai sensi della citata normativa, risponde al principio generale di tutela ambientale più volte enunciate e precisato dalla normativa di riferimento. Si considerano compresi nell'intera opera da realizzare se presenti: siti di riqualificazione e rimodellamento ambientale (...), la viabilità connessa quale viabilità di cantiere, viabilità di servizio, nuove sistemazioni viarie sul territorio collegate alla realizzazione dell'opera, come nuove strade, collegamenti, infrastrutture, interventi derivanti da varianti determinate dalle ottimizzazioni progettuali richieste dagli Enti in sede di VIA o CdS.”

Considerando i terreni interessati dagli scavi delle opere in oggetto e le caratteristiche geotecniche, operando le determinazioni di laboratorio alle analisi granulometriche e agli indici di classificazione dei livelli di concentrazione della percentuale fine, è stato possibile individuare i terreni con comportamento meccanico tale da poter identificare le seguenti tipologie:

- 1 terreni di riporto: a grana fine o grossolana
- 2 terreni a prevalente matrice fine: limo sabbioso con ghiaia subordinata, sabbia limosa ...
- 3 terreni a grana grossolana: sabbia, ghiaia, sabbia con ghiaia e ciottoli, ...
- 4 terreni a grana grossolana con locali episodi di cementazione.

I volumi di scavo sono, approssimati, circa 16.565.700 m³ di cui:

- 1 Calabria 4.565.949 m³
- 2 Sicilia 11.999.752 m³

Così ripartiti per provenienza, tipologia di scavo e litologia:

**PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA
SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17
(Fase di riavvio L.58/2023)**

Codice documento
AMR0976_r03.docx

Rev Data
D 22/02/2024

Tabella 7-1 Volumi di scavo riassuntivi Sicilia

	OPERE	LITOLOGIA D'ORIGINE	SCAVO IN GALLERIA [m ³ banco]	SCAVO ALL'APERTO [m ³ banco]	DIAFRAMMI + JET GROUTING [m ³ banco]	CONSOLIDAMENTO [m ³ banco]	TOTALE [m ³ banco] PER OPERA	INCREMENTI VOLUMETRICI ATTESI [m ³ sciolti]
LOTTO 1	Blocco d'ancoraggio	Ghiaie di Messina		433 744	16 394		450 138	540 166
	Anticipo PSN1	Ghiaie di Messina		100 000			100 000	120 000
	Struttura terminale	Ghiaie di Messina		117 613	71 737		189 350	227 220
	Sistemazione finale + cabine	Ghiaie di Messina		69 365	304		69 669	83 603
	Tratti all'aperto	Ghiaie di Messina		616 556	3 316		619 872	743 846
	Anticipo Stradine	Ghiaie di Messina		150 000			150 000	180 000
	Viadotto Pantano, cls	Ghiaie di Messina		98 912	72 793		171 705	206 046
	Viadotto Pantano, impalcato	Ghiaie di Messina						
	Fondazione torre	Ghiaie di Messina		104 029	73 818		177 847	213 416
	Esterno Fondazione torre	Ghiaie di Messina		200 000	54 050		254 050	304 860
	Difesa spondale + nuova viabilità	Ghiaie di Messina		19 028	1 037		20 065	24 078
Gallerie artificiali	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina		115 653	9 713		125 366	150 439	
LOTTO 2	Tratti all'aperto	Ghiaie di Messina		1 599 991			1 599 991	1 919 989
	Esazione + sist. finale + cabine	Ghiaie di Messina		7 235			7 235	8 682
	Imbocchi	Ghiaie di Messina		101 499			101 499	121 799
	Gallerie naturali	Ghiaie di Messina	608 835		270	36 530	645 635	774 762
	Stazioni+pozzi	Ghiaie di Messina		124 431	21 373		145 804	174 965
LOTTO 3	Tratti all'aperto	Ghiaie di Messina		477 542	19 464		497 006	596 407
	Viadotti	Ghiaie di Messina		40 616			40 616	48 739
	Imbocco gallerie	Ghiaie di Messina		95 102	6 527		101 629	121 955
	Gallerie naturale + cabine	Ghiaie di Messina	849 764		734	50 986	901 484	1 081 781
	Gallerie artificiali ferrovia	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina		401 600	45 096		446 696	536 035
	Posto di manut. + nuove viabilità	Ghiaie di Messina		257 785	3 882		261 667	314 000
LOTTO 4	Imbocchi gallerie	Ghiaie di Messina + Conglomerati		44 607	4 315		48 922	58 706
	Gallerie naturali + cabine	Ghiaie di Messina + Conglomerati		3 493		44 822	48 315	57 978
	Tratti all'aperto	Ghiaie di Messina + Conglomerati		13 861			13 861	16 633
	Viadotti	Ghiaie di Messina	747 035				747 035	896 442
LOTTO 5	Stazioni + pozzi Europa	Ghiaie di Messina		247 657	45 717		293 374	352 049
	Stazioni + pozzi Annunziata	Ghiaie di Messina		123 828	22 859		146 687	176 024
	Viadotti	Ghiaie di Messina + Conglomerati		14 689			14 689	17 627
	Tratti all'aperto	Ghiaie di Messina + Conglomerati		107 299			107 299	128 759
	Imbocchi galleria	Ghiaie di Messina + Conglomerati		94 958	7 300		102 258	122 710
	Gallerie naturali + cabine	Conglomerati	513 314			30 799	544 113	652 936
LOTTO 6	Gallerie artificiali Contesse	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina		134 220	12 668		146 888	176 266
	Allarghi Papardo	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina	96 736				96 736	116 083
	Allarghi Europa + Annunziata	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina	124 243				124 243	149 092
	St. Agata (TBM)	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina	599 727				599 727	719 672
	St. Agata (TBM)	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina						
	St. cecilia (TBM)	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina	1 779 842			13 259	1 793 101	2 151 721
	St. cecilia (TBM)	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina						
	Bypass TMB	Serie di San Pier Niceto + Ghiaie di Messina	95 180				95 180	114 216
			5 414 676	5 915 313	493 367	176 396	11 999 752	14 399 702

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D

Tabella 7-2 Volumi di scavo riassuntivi lato Calabria

	OPERE	LITOLOGIA D'ORIGINE	SCAVO IN GALLERIA [m ³ banco]	SCAVO ALL'APERTO [m ³ banco]	DIAFRAMMI + JET GROUTING [m ³ banco]	CONSOLIDAMENTO [m ³ banco]	TOTALE [m ³ banco] PER OPERA	INCREMENTI VOLUMETRICI ATTESI [m ³ sciolti]
LOTTO 7	Blocco d'ancoraggio	Conglomerati - Ghiaie e sabbie di Messina		332 533	10 436		342 969	411 562
	Nuova viabilità + difesa spondale	Ghiaie e sabbie di Messina		94 576	1 491		96 067	115 280
	Struttura terminale	Conglomerati - Marne sabbiose		49 519	5 314		54 833	65 800
	Viadotti d'accesso	Conglomerati - Marne sabbiose		25 888			25 888	31 065
	Tratti all'aperto	Conglomerati		629 566	22 634		652 200	782 640
	Sistemazione esterne CD	Ghiaie e sabbie di Messina		38 185			38 185	45 821
	Sistemazione esterne CD	Ghiaie e sabbie di Messina				827	827	992
	Fabbricati e cabine	Ghiaie e sabbie di Messina		34 881	5 851		40 732	48 879
	Parcheggi CD	Conglomerati/Ghiaie e sabbie di Messina		386 158			386 158	463 389
	Fondazione torre	Conglomerati/Ghiaie e sabbie di Messina		134 944	95 308		230 252	276 302
	Esterno Fondazione torre	Conglomerati/Ghiaie e sabbie di Messina		100 000	55 000		155 000	186 000
	Gallerie artificiali	Conglomerati/Ghiaie e sabbie di Messina		152 642	648		153 290	183 948
LOTTO 8	Cabine e locali tecnologici	Ghiaie e sabbie di Messina		3 191			3 191	3 829
	Gallerie artificiali	Conglomerati/Ghiaie e sabbie di Messina/ Plutonidi		154 233	1 655		155 888	187 066
	Imbocchi gallerie	Conglomerati/Ghiaie e sabbie di Messina		407 276	6 138		413 414	496 097
	Gallerie ferroviarie	Conglomerato arenaceo/ Plutonidi	347 695				347 695	417 234
	Gallerie stradali	Conglomerato arenaceo/ Plutonidi	615 213		4 133	36 489	655 835	787 002
	Tratti all'aperto	Conglomerati, sabbie, limi e ghiaie in matrice sabbiosa		672 801	37 005		709 806	851 767
	Viadotti	Conglomerati/Ghiaie e sabbie di Messina		99 735	3 985		103 720	124 464
				962 908	3 316 127	250 425	36 489	4 565 949

I volumi indicati nelle tabelle precedenti sono i volumi nominali in banco che devono essere poi incrementati (cfr.volumi sciolti) per considerare l'aumento di volume post scavo.

Tabella 7-3 Volumi complessivi di scavo – in banco e considerando incremento volumetrico

	SCAVO IN GALLERIA [m ³ banco]	SCAVO ALL'APERTO [m ³ banco]	DIAFRAMMI + JET GROUTING [m ³ banco]	CONSOLIDAMENTO [m ³ banco]	TOTALE [m ³ banco]	INCREMENTI VOLUMETRICI ATTESI [m ³ sciolti]
SICILIA	5 414 676	5 915 313	493 367	176 396	11 999 752	14 399 702
CALABRIA	962 908	3 316 127	250 425	36 489	4 565 949	5 479 138
TOTALI					16 565 700	19 878 841

I volumi sopra indicati sono stimati nell'ambito del progetto definitivo e potranno essere oggetto di revisione nell'ambito del progetto esecutivo. In particolare, nel progetto esecutivo verranno ulteriormente distinti i volumi di scavo in funzione della tecnica di scavo, soprattutto in riferimento a quelli prodotti dalla realizzazione dei diaframmi ed al consolidamento con tecniche di jet grouting, che il progetto definitivo considerava nella loro globalità.

Inoltre, per quanto riguarda i materiali scavati con l'utilizzo di bentonite si evidenzia che nel 2020 Italferr ha affidato a GEEG, startup innovativa di "Sapienza" Università di Roma, lo sviluppo di un'attività di Ricerca in supporto alla progettazione di opere in sotterraneo sviluppate da Italferr, finalizzata ad approfondire la composizione e l'impatto ambientale delle attività di realizzazione dei pali e dei diaframmi con particolare riferimento all'utilizzo di fluidi/fanghi bentonitici anche in relazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

al potenziale utilizzo del materiale di smarino come sottoprodotto nell'ambito della normativa sulle terre e rocce da scavo. Il report dello studio "Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile" è riportato in Allegato 3.

Dato che le modalità di gestione e i volumi conseguenti verranno ridefiniti nell'ambito del progetto esecutivo, i volumi riportati nella tabella sotto e inviati in discarica si devono intendere come volumi massimi conferibili (che comprendono anche le volumetrie derivanti dallo scavo dei diaframmi): essi saranno ridefiniti sulla base dei nuovi flussi identificati dal PE, che verranno esplicitati nella matrice origine/destinazione meglio dettagliata nel prosieguo del presente elaborato.

Tabella 7-4 Volumetrie totali distinte per tipologia di destinazione come identificate nel progetto definitivo

DESTINAZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO		
DESTINAZIONE		
	Sicilia	Calabria
Denominazione	mc	mc
Discarica	957 111	214 000
Siti di riqualificazione ambientale	4 747 188	1 571 283
Riqualifica del litorale	1 795 000	-
Reimpiego nell'opera *	4 475 655	2 747 203
Totale	11 974 954	4 532 486

*Si specifica che 1.232.000 mc di materiale di scavo verranno inviati dalla Sicilia in Calabria.

Si specifica che i volumi inviati a discarica indicati nella tabella precedente, sono i volumi effettivi che il progetto considera di inviare a smaltimento nei siti SRASn/CRASn e in siti esterni per il volume in esubero rispetto all'effettiva capacità dei siti di destino: per la Sicilia il volume disponibile riallocato dei SRASn è infatti pari a 906.172 m³, come indicato nella Tabella 9-2, quindi con un esubero di circa 51.000 m³.

Si specifica inoltre che il presente documento ha sviluppato preliminarmente una verifica sui flussi di materiale attesi indicati nei vari documenti del progetto definitivo 2012; a seguito del controllo effettuato sono stati corretti eventuali refusi che generavano incongruenze tra i vari elaborati del 2012. In caso di discrepanze sono quindi da intendersi validi tutti i numeri indicati nel presente elaborato.

In particolare, si evidenzia che il volume reimpiegato lato Calabria indicato negli elaborati del PD2012, quali CZV0002_F0 e CZV1157_F0 era stato erroneamente indicato: resta valido il volume indicato nella Tabella 7-4.

7.2 Tipologia e caratteristiche dei flussi di materiali di scavo

Le terre provenienti dagli scavi convenzionali nelle gallerie potranno essere processati in impianti ubicati presso i siti SC1, SC2, SC3, SI5 e CC1. Tali materiali vengono preliminarmente caratterizzati presso i cantieri di imbocco delle gallerie e quelli ritenuti idonei si utilizzano per la produzione di inerti per calcestruzzi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Sulla base della litologia, delle caratteristiche geologiche e dai dati riscontrati nei sondaggi, si considerano idonee per la produzione di calcestruzzo gli scavi delle gallerie comprese nel tratto Pace - Curcuraci - Faro Nord che attraversano terreni costituiti dalle Sabbie e Ghiaie di Messina.

Dagli suddetti impianti si producono:

- inerti nelle classi granulometriche previste che si utilizzano per i calcestruzzi;
- materiali fini, che vengono conferiti presso i depositi definitivi, derivanti dal lavaggio delle sabbie (attuato attraverso idroseparazione e ciclonatura, che consistono sostanzialmente in una separazione fisica e non chimica delle sabbie);
- fanghi derivanti dal trattamento di chiariflocculazione delle acque di lavaggio delle sabbie e dalle filtropresse che rendono palabili i prodotti da conferire come rifiuti non pericolosi nei siti di scarica appositamente progettati.

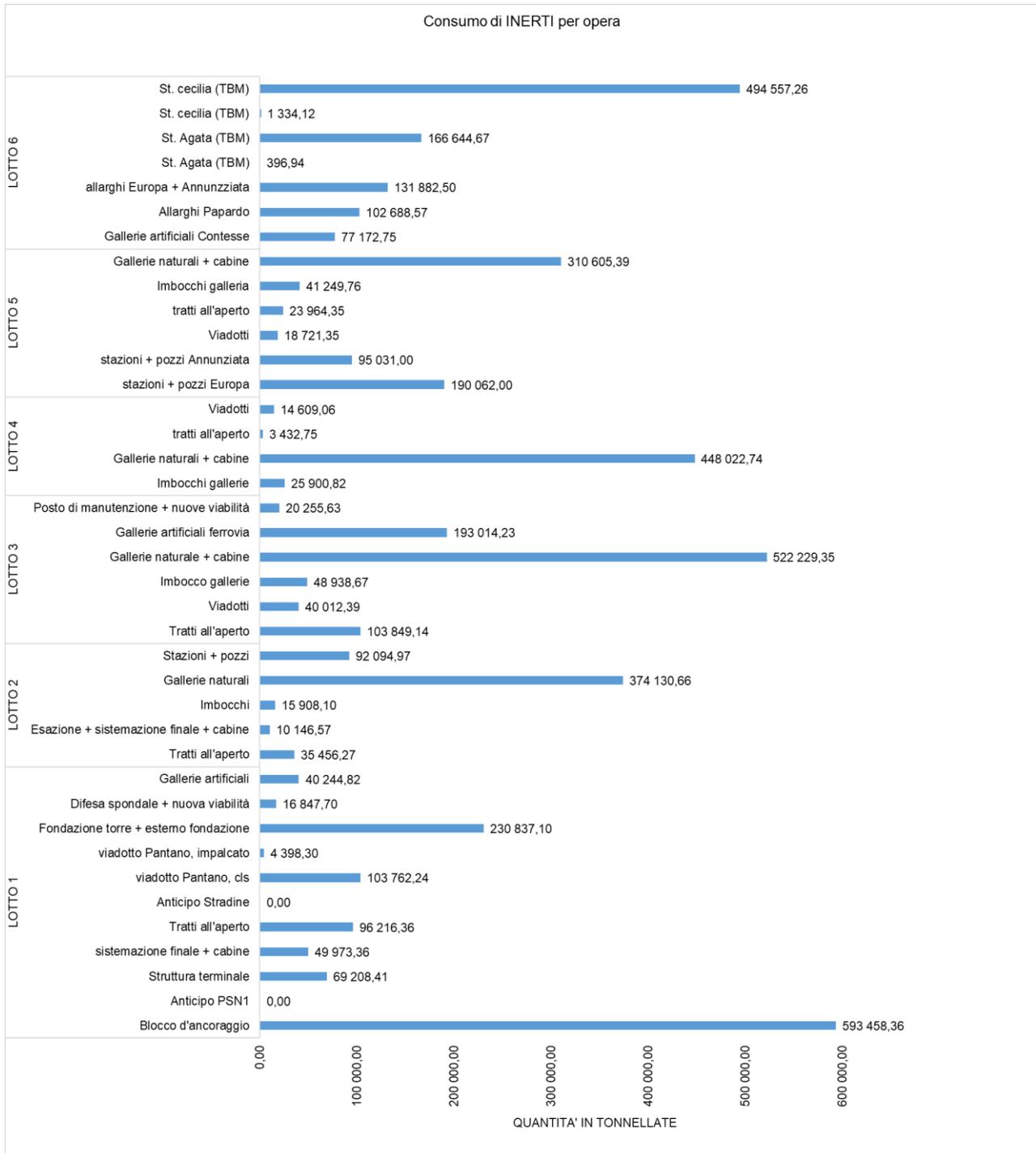
7.3 Fabbisogni dell'opera

Nelle tabelle successive sono rappresentati i fabbisogni di inerti per opera, come stimati dal progetto definitivo.

Come detto precedentemente, essi verranno ricalcolati sulla base degli approfondimenti del progetto esecutivo e troveranno dettaglio nella matrice origini/destinazioni che verrà sviluppata nella successiva fase di progettazione.

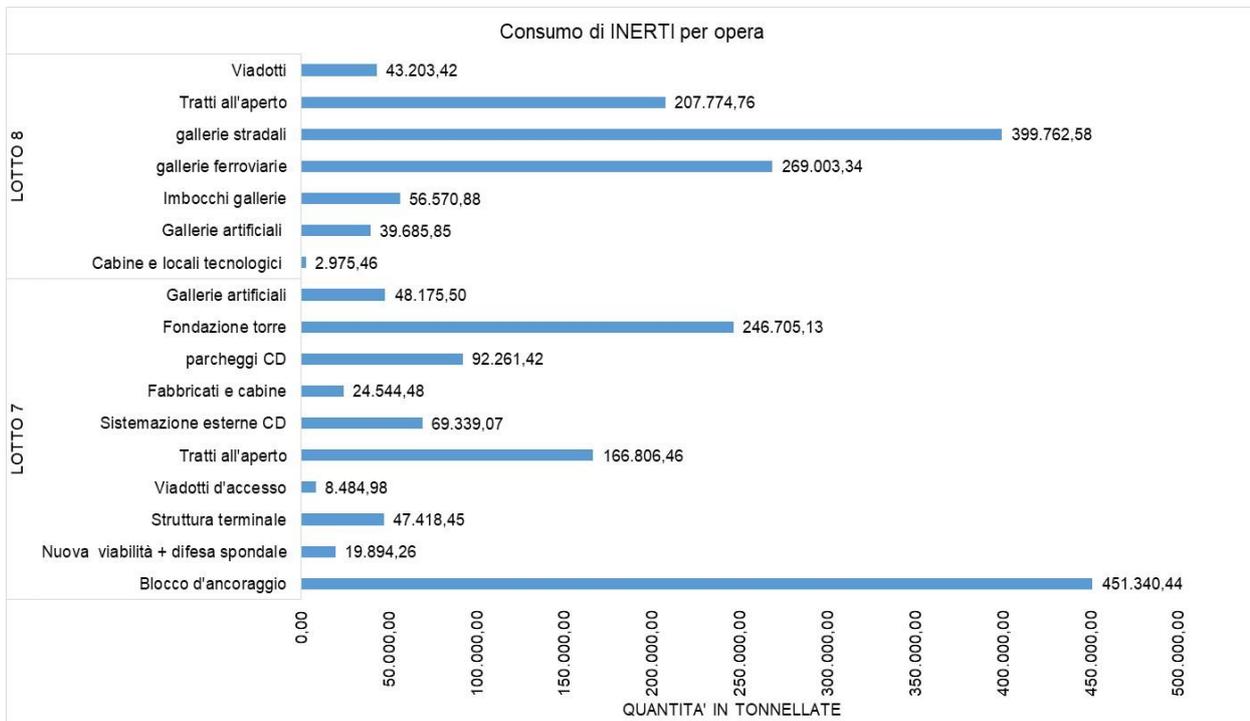
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Tabella 7-5 Consumo di inerti per opera –lato Sicilia



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Tabella 7-6 Consumo di inerti per opera –lato Calabria

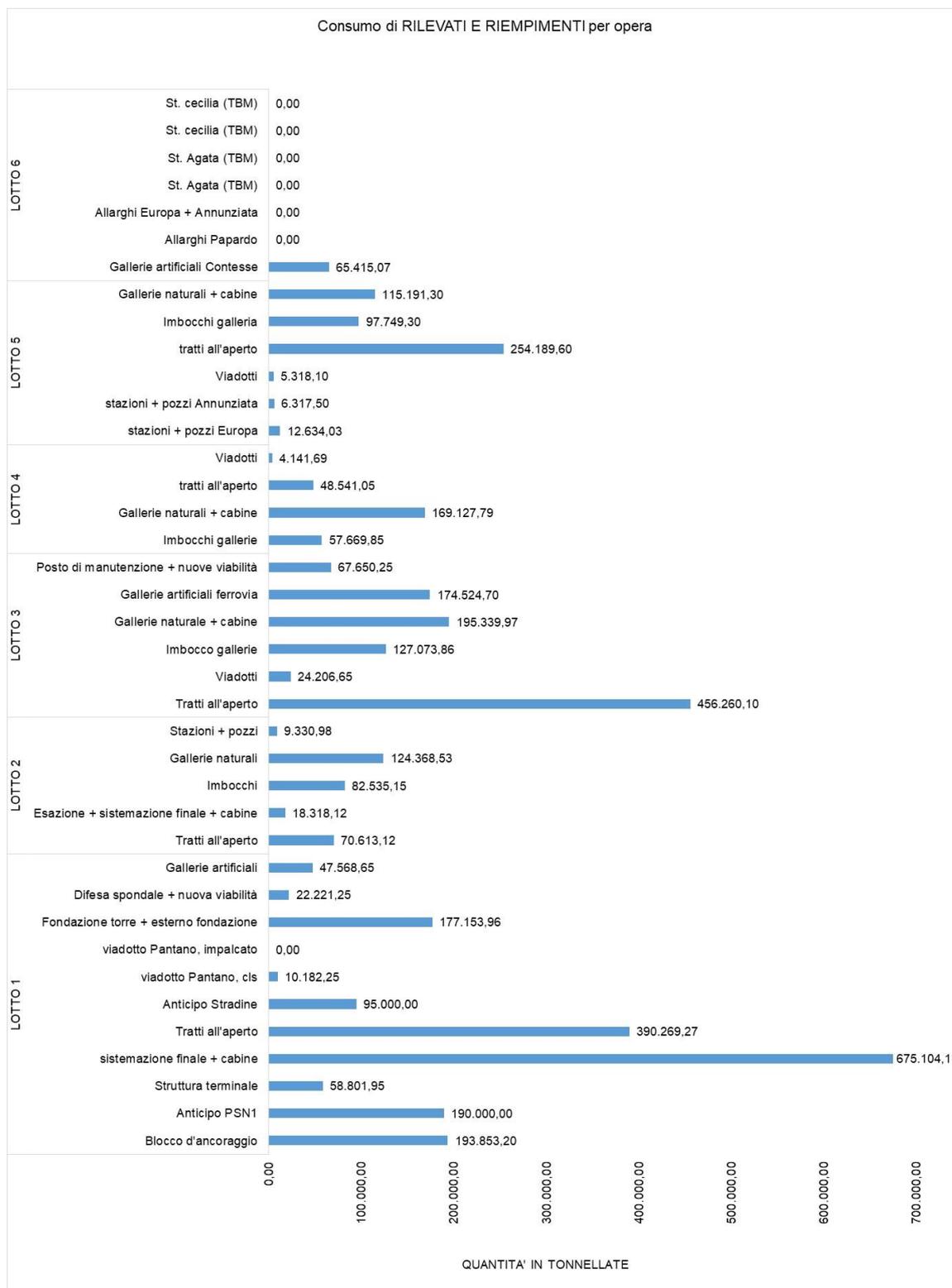


Nelle tabelle successive sono riportati i fabbisogni dell'opera per la realizzazione di rilevati e riempimenti, come stimati dal progetto definitivo.

Anche in questo caso le volumetrie sono indicative e saranno ridefinite sulla base delle scelte progettuali esecutive. I volumi effettivi troveranno collocazione nella matrice origine/destinazioni che sarà sviluppata dal progetto esecutivo.

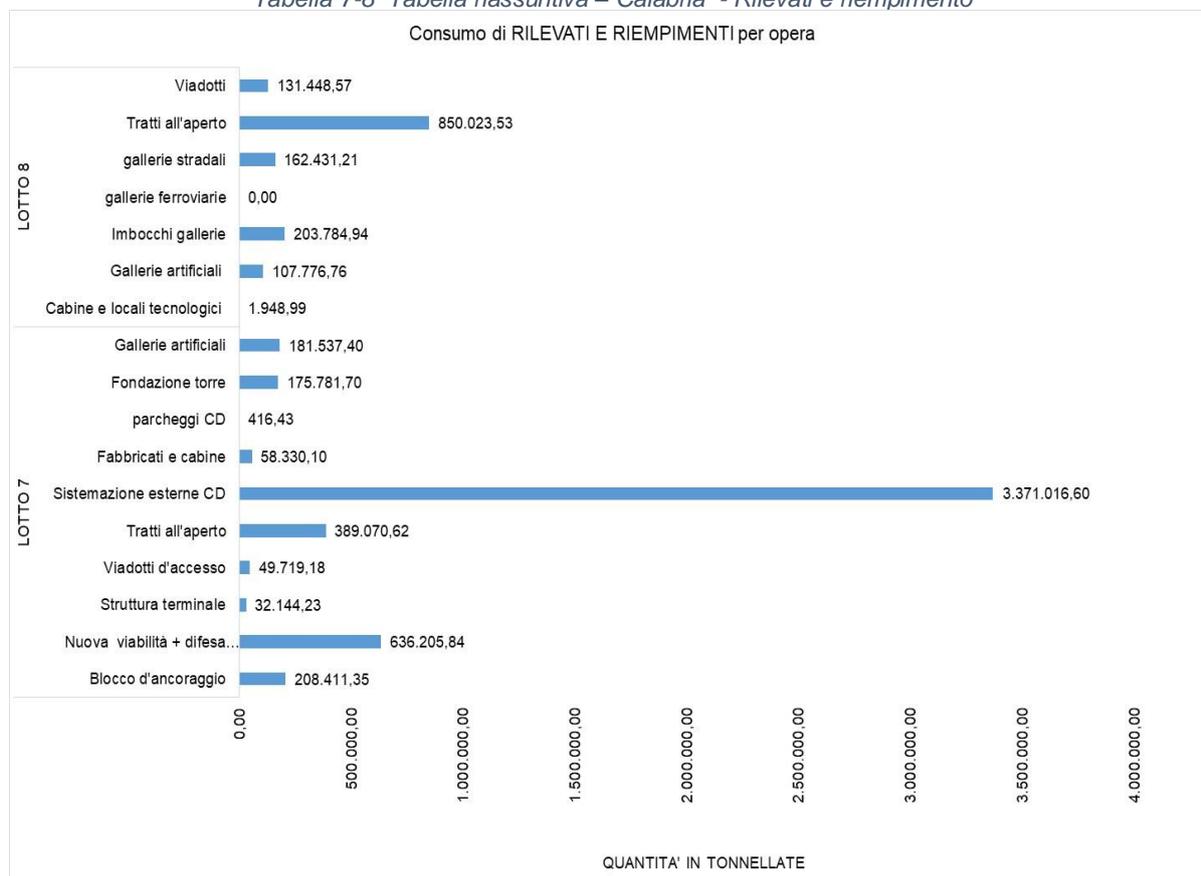
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		Codice documento AMR0976_r03.docx	Rev D	Data 22/02/2024

Tabella 7-7 Tabella riassuntiva – Sicilia - Rilevati e riempimento



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Tabella 7-8 Tabella riassuntiva – Calabria - Rilevati e riempimento



7.4 Riutilizzo finale interno all'opera

7.4.1 Criteri di utilizzo

I materiali che risultano:

- non contaminati;
- reimpiegati all'interno dello stesso ciclo produttivo senza necessità di trattamento preliminare o trasformazione **diversi** dalla normale pratica industriale;
- con caratteristiche litologiche compatibili, fin dalla fase di produzione, con il reimpiego certo ed integrale nell'utilizzo finale;

vengono classificati come **sottoprodotti** e sono riutilizzati internamente all'opera nelle seguenti modalità:

- in parte reimpiegati per la realizzazione di rilevati e riempimenti;
- in parte per inerti per calcestruzzo;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- in parte conferiti presso le aree di lavorazione al fine di produrre sabbia per ripascimento delle coste emerse;
- in parte reimpiegati per gli utilizzi temporanei all'interno dell'opera (ad es. sottofondi e rilevati provvisori, etc), e successivamente riutilizzati nelle modalità definitive sopra indicate senza perdere la qualifica di sottoprodotto.

Scopo principale è quello di valorizzare al massimo la produzione dei materiali provenienti dagli scavi che, in base alla caratterizzazione geologica e geotecnica eseguita e in funzione dei metodi di scavo, risultino idonei al reimpiego nell'opera.

Il riutilizzo è subordinato alla verifica delle caratteristiche chimico-fisiche con riferimento alla destinazione d'uso delle aree di riutilizzo.

Infatti, dal punto di vista ambientale, il materiale verrà caratterizzato per verificare se l'eventuale concentrazione di inquinanti nelle terre da scavo supera i valori di legge che ne permettono l'utilizzo in determinate aree, in funzione della loro destinazione d'uso, è costituita dalla Tabella 1 Colonna A/B dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i..

7.4.2 Rinterri, rilevati e riempimenti

Nelle opere lungo la linea e fuori linea si utilizzeranno:

- le terre e rocce da scavo classificate come sottoprodotti e idonee ad essere riutilizzate tal quali;
- i sottoprodotti derivanti dalle operazioni di normale pratica industriale negli impianti di lavorazione;

Sulla base di tali indicazioni si illustrano di seguito le tipologie di materiali che possono essere impiegati nell'ambito dei lavori. A scopo semplificativo nel seguito di questo paragrafo si userà la dizione sintetica "Colonna A" e "Colonna B", intendendo le due colonne così denominate della Tabella 1 dell'Allegato 5 al titolo V della Parte IV del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Si precisa che se la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla Colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., le terre e rocce da scavo possono essere utilizzate in qualsiasi sito, a prescindere dalla sua destinazione.

7.4.2.1 Gallerie Artificiali

Nell'ambito della costruzione delle gallerie artificiali si prevede il riutilizzo delle terre e rocce di scavo per:

- materiali di rinterro: terre da scavo con concentrazioni di sostanze potenzialmente contaminanti inferiori alle CSC della Colonna B;
- terreno vegetale di copertura: terre da scavo con concentrazioni di sostanze potenzialmente contaminanti inferiori alle CSC della colonna B (la superficie soprastante la galleria artificiale rimarrà comunque di proprietà di SdM, e quindi anche se rinaturalizzata costituirà a tutti gli effetti un'area di pertinenza autostradale o ferroviaria).

7.4.2.2 Opere d'arte all'esterno

Nell'ambito della costruzione delle Opere d'arte all'esterno si prevede il riutilizzo di terre da scavo per:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- materiali di rinterro intorno ai plinti di fondazione: verranno impiegati a questo scopo gli stessi materiali scavati in sito, che dovranno avere concentrazioni di sostanze contaminanti inferiori alle CSC della Colonna B;
- terreno vegetale per il ripristino dell'area sottostante: terre da scavo con concentrazioni di sostanze potenzialmente contaminanti inferiori alle CSC della Colonna B nel caso in cui l'opera sovrappassi terreni privati; la porzione di terreno sottostante il viadotto rientra infatti nelle pertinenze ferroviaria e autostradale, nel caso in cui le aree sottostanti l'opera siano di pertinenza del demanio, si utilizzeranno terre e rocce da scavo con concentrazioni di sostanze potenzialmente contaminanti inferiori alle CSC della Colonna B.

7.4.2.3 Riempimenti per opere di riambientalizzazione e ripristino aree di cantiere

Per i lavori di riambientalizzazione che interesseranno aree interne al perimetro delle opere si prevede pertanto il riutilizzo di terre da scavo per:

- rinterri e riempimenti: terre da scavo con concentrazioni di sostanze contaminanti inferiori alle CSC della Colonna B;
- terreno vegetale: terre da scavo con concentrazioni di sostanze contaminanti inferiori alle CSC della Colonna B.

Le caratteristiche delle terre da impiegare per il ripristino delle aree occupate da cantieri, piste di cantiere, aree di stoccaggio ed altre aree funzionali ai lavori di costruzione, dipendono dalla destinazione d'uso finale delle stesse aree:

- per il ripristino delle aree ad uso agricolo si prevede il riutilizzo di terre da scavo, sia per rinterri e riempimenti, sia per il terreno di copertura vegetale, purché queste presentino concentrazioni di sostanze potenzialmente contaminanti inferiori ai limiti di cui alla colonna A;
- per l'eventuale trasformazione di aree ad uso residenziale o a verde pubblico o privato, si prevede il riutilizzo di terre da scavo, sia per rinterri e riempimenti, sia per la copertura vegetale purché abbiano concentrazioni di sostanze potenzialmente contaminanti inferiori alle CSC della Colonna A nell'ultimo metro dal piano campagna, mentre nella parte sottostante saranno ritenuti accettabili i limiti di cui alle Colonna B;
- per il ripristino di aree ad uso commerciale od industriale si prevede il riutilizzo di terre da scavo, sia per rinterri e riempimenti, sia per la copertura vegetale purché abbiano concentrazioni di sostanze contaminanti inferiori alle CSC della Colonna B.

7.4.2.4 Aree verdi connesse all'opera

Per tali aree valgono le stesse considerazioni precedentemente espresse con riferimento agli interventi di riambientalizzazione interni alla recinzione ferroviaria, per cui si prevede il riutilizzo di terre da scavo per:

- rinterri e riempimenti: terre da scavo con concentrazioni di sostanze potenzialmente contaminanti inferiori alle CSC della Colonna B;
- terreno vegetale: terre da scavo con concentrazioni di sostanze potenzialmente contaminanti inferiori alle CSC della Colonna B (l'area rientra infatti nelle pertinenze ferroviaria).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

7.4.3 Impiego in processi produttivi in sostituzione di materiali di cava

Materiali utilizzabili nei processi industriali in sostituzione dei materiali di cava ovvero le terre e rocce da scavo le cui concentrazione di sostanze potenzialmente inquinanti è inferiore alle CSC di cui alla Colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., possono essere utilizzate, in qualsiasi processo industriale, in sostituzione dei materiali di cava, a prescindere dalla loro tipologia.

Per le tipologie di materiali interessati dagli scavi si possono prefigurare i seguenti impieghi principali in processi produttivi interni al cantiere:

- utilizzo come aggregati per il confezionamento di calcestruzzo;
- utilizzo come aggregati per il confezionamento di conglomerato bituminoso;
- utilizzo come materiale drenante, previa vagliatura e selezione;
- utilizzo come aggregati per la formazione di misto cementato;
- utilizzo come aggregati per la formazione di stabilizzato.

7.4.4 Impianti per la produzione degli inerti

Le lavorazioni dei materiali di scavo per il successivo riutilizzo in progetto ovvero per l'invio a recupero ambientali delle frazioni non reimpiegabili per la produzione di cls o per rilevati/rinterri sono in particolare:

- la selezione granulometrica delle terre e rocce da scavo, con l'eventuale eliminazione degli elementi/materiali antropici;
- la riduzione volumetrica mediante macinazione;
- la stesa al suolo per consentire l'asciugatura e la maturazione delle terre e rocce da scavo al fine di conferire alle stesse migliori caratteristiche di movimentazione, l'umidità ottimale e favorire l'eventuale biodegradazione naturale degli additivi utilizzati per consentire le operazioni di scavo.

Negli impianti di produzione inerti denominati SC1, SC2, SC3, ed inoltre nelle aree di cantiere denominate SI5, SI6 e CC1, verranno effettuate le operazioni di separazione delle frazioni VTR e la frantumazione/classificazione. Gli impianti dovranno essere debitamente autorizzati in Conferenza dei Servizi di approvazione del progetto.

Nei 3 impianti SC1÷SC3 sono anche presenti gli impianti di betonaggio per la produzione del calcestruzzo.

I residui dalle lavorazioni (fanghi filtropressati, etc) verranno conferiti in discarica dedicata (cfr. §11.6).

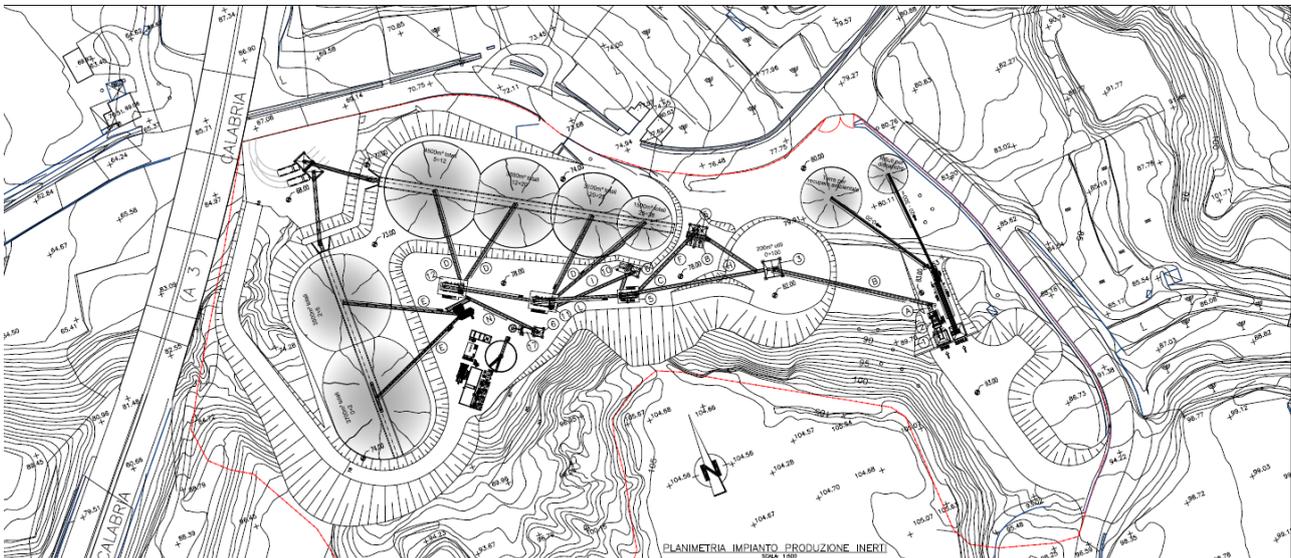


Figura 7-1 Estratto dalla tavola CZV0144_FO - planimetria e layout impianto produzione inerti CC1

7.4.5 Impianti per la lavorazione degli inerti per il ripascimento delle sabbie

7.4.5.1 Campo industriale SI7 – Impianto IL1

Il cantiere, inserito in località Villafranca Tirrena, è collegato all'autostrada A20 attraverso lo svincolo Saponara e la via Archimede (VR03) e al sito di deposito SRA 8 con una strada bianca. È inoltre collegato con un nastro trasportatore posizionato lateralmente alla via Archimede, al pontile denominato SP 3.

Nel campo è installato l'impianto per la classificazione e il lavaggio delle sabbie per il ripascimento della costa emersa e sommersa (IL1).

Per garantire la miglior qualità iniziale delle sabbie destinate al rinascimento, i materiali di origine provengono dagli scavi all'aperto nella zona di trincea, dall'area di esazione nella zona Faro Nord e dagli scavi del blocco di ancoraggio.

Ciò sostanzialmente per i seguenti motivi:

- i materiali provenienti dagli scavi all'aperto sono idonei e compatibili, sia dal punto di vista litologico sia in quanto scavati con macchine operatrici (escavatori, pale) in terreni senza confinamenti di opere specialistiche di preconsolidamento o di stabilizzazione per cui risultano di più facile lavorabilità e permettono maggior efficienza nella fase di lavaggio.
- si trovano in posizione logisticamente favorevole, in un'area vicina al cantiere di Ganzirri dove verrà allestito un nuovo pontile per il trasferimento, via mare, ai siti di lavorazione IL1 e IL2 nei campi SI 7 e SI8. Nel cantiere SI1, per garantire la continuità di esercizio sul carico delle chiatte si installano vasche e silos di stoccaggio dei materiali da imbarcare.

Il trasporto delle terre è effettuato via mare per mezzo di chiatte con capacità dell'ordine di 6.000 t dal nuovo pontile SP2 a Ganzirri fino al pontile SP 3 e da qui vengono trasferite direttamente in cantiere attraverso un nastro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Il progetto definitivo prevedeva un volume complessivo di sabbia da produrre è di circa 1.500.000 m³ da mettere in opera in circa quattro anni. Su questa base l'impianto è dimensionato per una produzione nominale di 600 t/h di sabbia lavata, di 160 t/h di inerti con granulometria maggiore di 5 mm.

I fini prodotti (con granulometria < 0,075 mm) vengono inviati a recupero ambientale nei depositi SRAn (cfr. Capitolo §9).

L'impianto produce:

- sabbia lavata con granulometria compresa fra 0,075 mm e 5 mm per il ripascimento della parte emersa e sommersa delle coste
- inerti con granulometria superiore a 5 mm che vengono recuperati per i calcestruzzi in Calabria.

L'impianto è costituito principalmente da:

- una tramoggia che riceve le terre di scavo trasportate, come detto, attraverso un nastro trasportatore
- un vaglio a due piani per la separazione delle granulometrie: 0,075 - 5 mm e maggiori di 5mm
- un gruppo costituito da cicloni, idroseparatori e asciugatrice per l'eliminazione dei fini con granulometria < 0,075 mm
- un impianto di chiariflocculazione per il trattamento dell'acqua di lavaggio che viene riciclata
- una filtropressa per la riduzione dei fanghi in pani palabili.

L'inerte con granulometria > 5 mm viene riutilizzato per i calcestruzzi in Calabria e, quindi, trasportato in Calabria, mentre i fanghi che derivano dal processo di trattamento dell'acqua di lavaggio e in ultimo dalla filtropressa vengono portati, come rifiuti non pericolosi, nei siti di discarica.

Nella stessa area vengono depositate le terre che sono destinate ai siti di deposito definitivo SRAn e SRASn ubicati nell'area Villafranca – Venetico.

In progetto esecutivo verranno rivalutati i volumi che effettivamente potranno essere inviati a ripascimento, sulla base delle analisi chimiche ed ecotossicologiche da condurre nelle successive fasi esecutive secondo i disposti del DM 173/16 e delle effettive disponibilità dei siti.

7.4.5.2 Campo industriale SI8 – Impianto IL2

L'impianto IL2 installato nel campo industriale SI 8, ubicato in prossimità del comune di Saponara, riceve gli scavi all'aperto di seconda scelta (terre provenienti dagli scavi di fondazioni torre, opera terminale e viadotto Pantano) portati con chiatte fino al pontile SP 3 e con nastro, nel campo SI7 come deposito di passaggio. Da qui i materiali vengono trasportati via camion attraverso la via Aretusa nel campo SI8.

Il progetto definitivo prevedeva una produzione complessiva di sabbia da mettere in sito dell'ordine di 300.000 m³ nel periodo di circa 4 anni. L'impianto è dello stesso tipo di quello precedentemente descritto con potenzialità produttiva ridotta a 200 t/h.

In tal caso, l'impianto produce:

- sabbia con granulometria compresa fra 0,075 mm e 5 mm per il riempimento dei sacchi per la formazione di parte delle barriere soffolte (circa il 40%)
- inerti, con granulometria superiore a 5 mm, utilizzati per il riempimento dei siti di destinazione finale (SRAn) a recupero ambientale;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- fini derivanti dal trattamento di idroseparazione e ciclonatura, siti di destinazione finale (SRAn) a recupero ambientale;
- fanghi derivanti dal trattamento di chiariflocculazione delle acque di lavaggio delle sabbie e dalle filtropresse destinati come rifiuti non pericolosi nei siti di discarica (SRASn).

Anche in questo caso valgono le medesime considerazioni riportate per l'impianto IL1 e relative agli indirizzi per la gestione dei volumi a ripascimento nella fase di progetto esecutivo.

7.5 Utilizzo finale esterno all'opera

7.5.1 Ripascimenti protetti da barriere di presidio soffolte

Le aree di ripascimento verranno interessate dal depositato definitivo di materiali con caratteristiche idonee (classificati come sabbie e ghiaie) provenienti da individuati siti di scavo delle opere in progetto.

I materiali di risulta utilizzati verranno imposti nelle sedi definitive dopo che avranno subito gli appositi processi di vagliatura e lavaggio.

I quantitativi complessivi che si intende riutilizzare sono quelli ritenuti idonei allo scopo e congruenti con l'intervento progettato che, come precedentemente descritto, risulta avere caratteristiche ambientali tali da consentire una riqualificazione del territorio.

Le aree prescelte identificate dal progetto definitivo per gli interventi di ripascimento ricadono all'interno dell'unità costiera che si estende nella porzione nord-orientale della Sicilia tra Capo Milazzo a ovest e Capo Peloro ad est sul versante tirrenico della provincia di Messina. Sono inserite nell'unità fisiografica individuata dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Siciliana con il numero 1.

Tale unità fisiografica individuata comprende i territori di 13 Comuni.

Il progetto di ripascimento previsto dal progetto definitivo interessa i Comuni di Monforte San Giorgio, Torregrotta, Valdina, Venetico, Spadafora, Rometta e Saponara. Questo tratto di litorale è delimitato ad Ovest dalla foce della Fiumara Niceto e ad est dalla foce del Torrente Calvaruso.

All'interno della fascia di litorale sono altresì comprese le foci del Torrente Cocuzzaro, del Torrente Tonnarazza, del Torrente Concorda e del Torrente Saponara.

Una alta percentuale del perimetro di questa fascia costiera è soggetta ad erosione.

Lo sfruttamento del territorio a ridosso della fascia del litorale è principalmente industriale e urbano.

L'unità costiera in esame è costituita prevalentemente da spiagge basse intervallate da segmenti rocciosi. Il tratto interessato dagli interventi di ripascimento è interamente sabbioso (con riferimento a quanto indicato all'elaborato CZV0007_F0).

I sedimenti di spiaggia sono costituiti da sabbie medio-grosse e ghiaie ed in generale le granulometrie tendono a diminuire andando verso Est.

Ad Est della Fiumara di Niceto, nel territorio di Monforte san Giorgio, la spiaggia ha beneficiato della protezione delle barriere emerse di massi parallelepipedi oggi completamente insabbiate dinanzi all'abitato di Scala di Torregrotta. Procedendo ad Est, la spiaggia presenta alcuni pennelli di vecchia data largamente sopravanzati dalla linea di riva. Oltre il Torrente Cucuzzaro, sulla spiaggia del Comune di Spadafora si incontra un lungo pennello, con notevole accumulo di sabbia, che viene

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

utilizzato per l'ormeggio di una flottiglia di piccole barche da pesca. Da qui la spiaggia si raccorda rapidamente alla prima parte di una serie di sei barriere emerse oblique di massi parallelepipedi in via di riempimento. Più avanti, il tipo di difesa cambia in una serie di pennelli ravvicinati in massi parallelepipedi che vedono la profondità di spiaggia aumentare procedendo verso levante, fino alla foce del Torrente Tonnarazza. Da qui in poi la spiaggia si riduce un'altra volta dinanzi il tratto di passeggiata a mare e le difese intanto ridiventano barriere emerse.

Nelle successive fasi progettuali verranno inoltre valutati altri tratti di costa che potrebbero essere idonei per l'attività di ripascimento, come ad esempio le coste di Sant'Alessio Siculo, già oggetto di interventi in tal senso (in altre opere).

Il progetto definitivo prevede di utilizzare circa 1.500.000 mc ovvero quelli ritenuti idonei allo scopo e congruenti con l'intervento progettato che, come precedentemente descritto, risulta avere caratteristiche ambientali tali da consentire una riqualificazione del territorio.

La barriera di presidio soffolta verrà realizzata in parte con scogliera costituite da massi lapidei da reperire sul mercato ed in parte con geocontenitori riempiti con sabbia di opportuna granulometria recuperata da materiali di seconda scelta proveniente dagli scavi. Il definitivo stima a tale scopo il riutilizzo di circa 300.000 mc di materiale (previa lavorazione nei siti previsti).

Il totale complessivo inviato a ripascimento/barriere di presidio considerato dal presente progetto è quindi pari a circa 1.800.000 m³ (1.475.000 m³ ripascimento e 300.000 m³ barriere soffolte).

L'elaborato CZR1158 indica come volumi di ripascimento circa 3.333.315 m³: tale differenza trae origine dal fatto che lo studio del CZR1158, come già indicato precedentemente, effettua una ricognizione su aree di più ampio respiro rispetto al progetto e che coinvolgono nell'intervento di ripascimento 12 comuni.

L'intervento di ripascimento considerato nel progetto è sviluppato in 3 fasi e coinvolge invece 7 Comuni (il tratto di litorale compreso tra i comuni di Monforte San Giorgio e Saponara), come indicato dall'elaborato CZV1012_F0.

A questi è stato aggiunto come potenziale sito anche il comune di Sant'Alessio, ma si demanda al progetto esecutivo l'effettiva possibilità di riutilizzo per ripascimenti del materiale di scavo.

Come già evidenziato precedentemente in fase di progetto esecutivo verranno rivalutati i volumi che effettivamente potranno essere inviati a ripascimento, sulla base delle analisi chimiche, fisiche, biologiche ed ecotossicologiche da condurre secondo i disposti del DM 173/16 e sulla scorta delle effettive disponibilità dei siti da ripascere.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

RIEPILOGO MOVIMENTAZIONE MATERIALI OCCORRENTI PER LE BARRIERE DI PRESIDIO E IL RIPASCIMENTO				
Pietrame e scogli	FASE 1	FASE 2	FASE 3	TOTALE
Pietrame 5-50Kg	3.900,00 t	5.400,00 t	5.500,00 t	14.800,00 t
Scogli 100-500Kg	8.800,00 t	12.700,00 t	10.400,00 t	31.900,00 t
Scogli 1000-3000Kg	31.700,00 t	45.900,00 t	49.100,00 t	126.700,00 t
Scogli 3000-7000Kg	51.200,00 t	76.500,00 t	103.000,00 t	230.700,00 t
Pietrame 50-100mm	11.800,00 t	22.200,00 t	19.800,00 t	53.800,00 t
sommano	107.400,00 t	162.700,00 t	187.800,00 t	457.900,00 t
Ripascimento (0,075÷5mm)				
Fase 1	293.000,00	mc		
Fase 2	645.000,00	mc		
Fase 3	557.000,00	mc		
sommano	1.495.000,00	mc		
Sabbia occorrente per riempimento sacchi (0,075÷5mm)				
Fase 1	62.000,00	mc		
Fase 2	112.000,00	mc		
Fase 3	126.000,00	mc		
sommano	300.000,00	mc		
GEOCONTENITORI	FASE 1	FASE 2	FASE 3	TOTALE
da 18 mc	2.527,00 n	4.502,00 n	5.168,00 n	12.197,00 n
da 27 mc	500,00 n	894,00 n	1.026,00 n	2.420,00 n
sommano	3.027,00 n	5.396,00 n	6.194,00 n	14.617,00 n

7.5.2 Recupero ambientale e morfologico

Per tale utilizzo si prevede il conferimento di terre da scavo con concentrazioni di sostanze contaminanti inferiori alle CSC previste dagli strumenti urbanistici sul sito di destino.

Si rimanda quindi al capitolo 9 per i dettagli sul recupero ambientale.

7.6 Matrice origini/destinazioni

La realizzazione delle opere oggetto del presente documento determina la produzione complessiva di materiali di scavo da gestire fino al destino finale, in base alle loro caratteristiche chimico-analitiche e litologiche.

Nel progetto esecutivo, il bilancio dei materiali di scavo prodotti nell'ambito della realizzazione delle opere previste dal progetto verrà trattato sotto forma di **matrice origine/destinazione**, in cui i volumi di scavo (origine) saranno suddivisi per:

- Opera/lotto e descrizione sintetica
- WBS di riferimento
- Volume di scavo (m³) così suddiviso:
 - Produzione di terre e rocce di scavo
 - Fabbisogni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- Riutilizzi
 - Utilizzo interno (stessa WBS/altra WBS/WBS di destino)
 - Utilizzo esterno (discariche/siti di destino finale)

I volumi di scavo saranno seguiti fino alla destinazione finale, in base alla tipologia di impiego prevista da progetto: riutilizzo finale interno all'opera (rinterri, riempimenti e rilevati) e utilizzo finale esterno all'opera (ripascimenti e recupero ambientale e morfologico).

Essendo il cantiere una realtà dinamica, è possibile che nel corso dei lavori intervengano delle necessità organizzative/logistiche che porteranno a mutare il dettaglio della tabella che verrà sviluppata in sede di PE.

Di seguito si riporta un esempio della struttura della tabella origini-destinazioni.

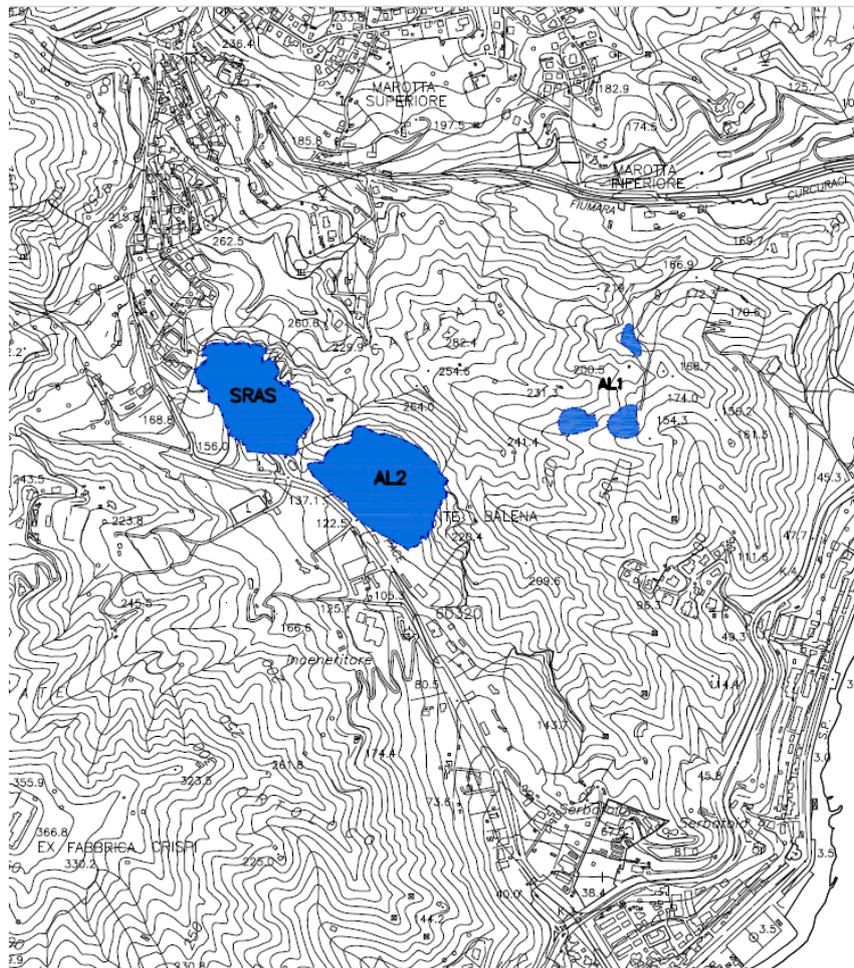


Figura 8-1 Planimetria di ubicazione AL1 e AL2

8.1.1.2 Area di lavorazione AL2

Sito AL2 anch'esso ubicato in una cava di "sabbie e ghiaie" di Messina, che si trova a margine della strada che collega la litoranea di Messina con l'abitato di Marotta Superiore, a valle della quale corre la Fiumara della Guardia. I fronti di scavo, che raggiungono altezze massime di circa 80 – 90 m, sono inclinati di circa 30° nella parte bassa, dove si trovano sabbie "sciolte" prodotte dalle operazioni di cavatura, e verticali nella parte alta, così sagomati dal cavatore. Il volume del deposito temporaneo di sabbie e ghiaie di Messina è di 530.000 m³.

Per l'ubicazione si faccia riferimento alla Planimetria di ubicazione AL1 e AL2 riportata in precedenza.

8.1.1.3 Area di lavorazione AL3

Il Sito AL3 si trova in prossimità dell'abitato di Faro Superiore in una cava di sabbia e ghiaia, esaurita, sistemata ad anfiteatro con una inclinazione della parete di scavo crescente dal basso verso l'alto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>22/02/2024</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	D	22/02/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
D	22/02/2024						

fino ad un massimo di circa 40°. Si prevede di abbancare temporaneamente 130.000 m³ di scotico e terra vegetale che saranno successivamente riutilizzati.



Figura 8-2 Planimetria di ubicazione AL3

8.1.2 Calabria

8.1.2.1 Deposito temporaneo all'interno del recupero ambientale CRA3 Calabria

Tale deposito, ubicato in un'area rurale del comune di Nicotera (VV), ai confini col territorio di Limbadi (VV), è facilmente raggiungibile percorrendo l'autostrada A3 in direzione Nord fino all'attuale svincolo di Rosarno. Percorrendo poi brevi tratti delle strade statali e provinciali SS 18, SP 49 ed SP 54, ci si immette sulla SP 31 dalla quale, per mezzo di una strada sterrata esistente, e di un breve tratto di strada da realizzare si potrà consentire l'ingresso degli automezzi all'area di stoccaggio.

Nell'area, che sarà individuata in una zona pianeggiante, limitrofa ma a quota inferiore rispetto a quella utilizzata per il deposito definitivo di materiale, saranno stoccati circa 335.000 m³ di materiale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

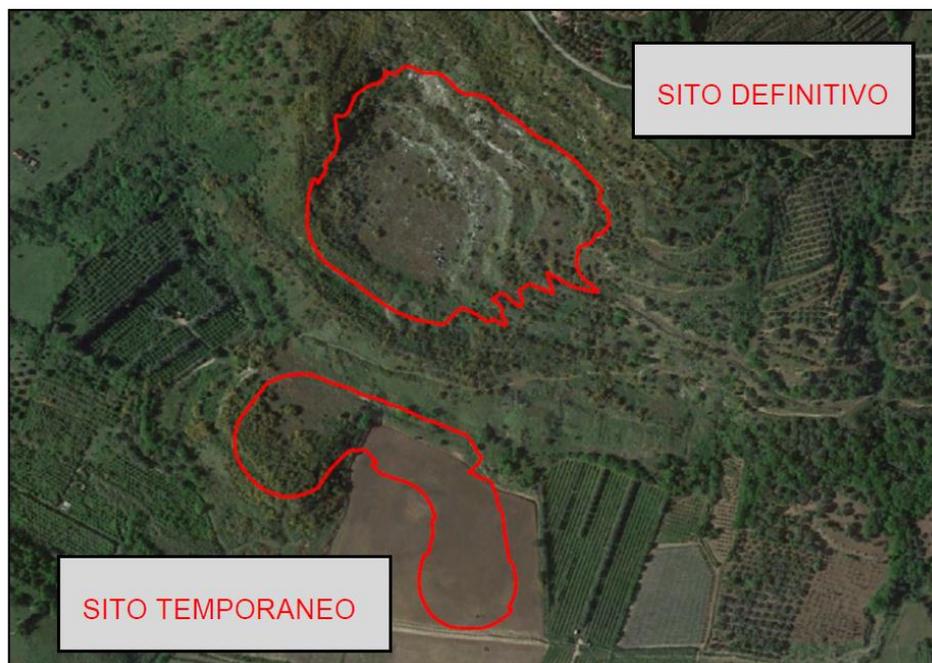


Figura 8-3 Ortofoto del sito definitivo e del sito temporaneo CRA3

La conformazione di tale deposito sarà del tipo a gradoni, con scarpate di adeguata inclinazione (in base alle caratteristiche dei materiali) e gli abbancamenti saranno realizzati per strati successivi procedendo dal basso verso l'alto.

Saranno realizzate banche di larghezza adeguata in modo che i mezzi vi possano comodamente transitare e si possa procedere in modo rapido e sicuro anche alla fase di rimozione del materiale.

8.1.2.2 Deposito temporaneo all'interno del recupero ambientale CRA4 Calabria

Il sito in esame è caratterizzato da due aree a ridosso di due grandi scavi nei quali oggi affiorano altrettanti laghetti artificiali. L'area risulta essere attualmente intestata ai privati che hanno effettuato l'esercizio della cava, ma che successivamente non hanno provveduto al ripristino ambientale degli scavi effettuati. Pertanto, le aree appaiono molto degradate e si presentano come depositi incontrollati di terreno di riporto.

Il deposito, identificato come "CRA4", ubicato in "C.da Marro", zona rurale del comune di Terranova Sappo Minulio (RC), è facilmente raggiungibile percorrendo, dal cantiere lato continentale, la A3 in direzione Nord fino allo svincolo di Palmi. Successivamente si percorrono la SP 32, la SS 111 ed una stradella secondaria, non asfaltata, denominata vicinale "Pascalone Celentano", in buone condizioni, che porta direttamente alle aree di stoccaggio.

Tali aree, indicate come depositi "A" e "B", saranno rispettivamente destinate allo stoccaggio di 50.000 m³ e 90.000 m³ di materiale per complessivi 140.000 m³.

In particolare, il deposito "A" sarà ubicato in una zona pianeggiante incolta, e sarà composto da due gradoni, mentre il deposito "B", anch'esso composto da due gradoni, sarà realizzato stoccando

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

temporaneamente il materiale al di sopra del gradone di sommità del volume destinato a deposito definitivo.

Entrambi i depositi temporanei avranno scarpate di adeguata inclinazione (in base alle caratteristiche dei materiali) e gli abbancamenti saranno realizzati per strati successivi procedendo dal basso verso l'alto.

Saranno realizzate banche di larghezza adeguata in modo che i mezzi vi possano comodamente transitare e si possa procedere in modo rapido e sicuro anche alla fase di rimozione del materiale.



Figura 8-4 Sito temporaneo e definitivo CRA4

8.1.2.3 Deposito temporaneo all'interno del recupero ambientale CRA5 Calabria

Il deposito, denominato "CRA5", ubicato in loc.tà "Foresta", zona rurale del comune di Varapodio (RC), è facilmente raggiungibile percorrendo, dal cantiere lato continentale, la A3 in direzione Nord fino allo svincolo di Palmi. Successivamente si percorrono la SP32 e la SP29, dalla quale al km 2+006 si imbecca la stradella vicinale "Litorale" che conduce direttamente all'area di deposito.

Tale deposito temporaneo sarà ubicato al di sopra del gradone di sommità del volume destinato a deposito definitivo ed avrà una capacità pari a circa 275.000 m³.

La conformazione di tale deposito sarà del tipo a gradoni, con scarpate di adeguata inclinazione (in base alle caratteristiche dei materiali) e gli abbancamenti saranno realizzati per strati successivi procedendo dal basso verso l'alto.

Saranno realizzate banche di larghezza adeguata in modo che i mezzi vi possano comodamente transitare e si possa procedere in modo rapido e sicuro anche alla fase di rimozione del materiale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

8.2 Quantitativo di materiale abbancabile nei siti di deposito intermedio

Nella tabella successiva vengono riepilogati i volumi abbancabili nei siti di deposito intermedi, come identificati dal progetto definitivo. Tali volumi sono stimati e saranno oggetto di verifica in fase di progetto esecutivo.

	Sito temporaneo identificato	Volume abbancabile (m ³)
Sicilia	Area lavorazione AL1	Volumetria non definita
	Area lavorazione AL2	530.000
	Area lavorazione AL3	130.000
Calabria	CRA 3 Recupero Ambientale	335.000
	CRA 4 Recupero Ambientale	140.000
	CRA 5 Recupero Ambientale	275.000

8.3 Approfondimenti da effettuare in progetto esecutivo

In fase di redazione del progetto esecutivo, come detto precedentemente, dovranno essere effettuate le analisi di caratterizzazione (come previste dal DPR 120/17) anche sui depositi temporanei.

9 SITI DI DESTINAZIONE FINALE

9.1 Ubicazione dei siti di recupero ambientale

Di seguito si riporta una corografia nella quale è individuata l'ubicazione dei siti di recupero ambientale individuato dal progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024



Figura 9-1 Corografia dei siti di recupero ambientale

Nelle schede conoscitive dei siti, allegate alla Relazione del progettista alla quale si rimanda per gli approfondimenti, sono sintetizzate le informazioni che seguono:

- Caratteristiche urbanistiche/destinazione d'uso
- Uso del suolo
- Vincoli esistenti
- Aree tutelate/Rete Natura/Aree boscate.

9.2 SRA4 Sicilia recupero ambientale venetico

Il deposito denominato SRA4 Venetico deriva direttamente dal Progetto Preliminare dell'Opera di Attraversamento approvato dal CIPE con delibera n°66 del 01/08/2003.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Il deposito è ubicato nel territorio comunale di Venetico e precisamente all'interno dell'area delimitata dalla linea ferroviaria Palermo-Messina (a valle) e dall'autostrada Messina Palermo (a monte). Allo stato attuale il sito si presenta come una cava di estrazione di argilla per la realizzazione di mattoni, con assenza di vegetazione all'interno dell'area e la presenza di piccoli laghi dovuti alla morfologia del sito, all'apporto meteorico e alla scarsa permeabilità dei suoli.

L'area di abbancamento non è attraversata da corsi d'acqua di cui all'elenco delle acque pubbliche. A lato del sito è presente un torrente, il Rio Senia, su cui sono stati di recente effettuati interventi di consolidamento spondale. Subito a valle dell'area di progetto, oltre alla ferrovia, è sito l'abitato di Venetico Marina. L'area non è soggetta a nessun tipo di dissesto idrogeologico.

L'area d'intervento ricade nelle zone normate dal Piano Regolatore Generale Comunale come zona Zone Produttive di Recupero di tipo b – recupero per discariche controllate.

Attualmente la viabilità esistente collega l'area di cava con la S.S. 113 Strada Nazionale Settentrionale Sicula all'interno dell'abitato di Venetico. Per la realizzazione del sito di deposito è prevista una viabilità alternativa, pista di cantiere P-SN8 che collegherà i quattro siti dell'area Venetico direttamente con l'autostrada Palermo Messina.

Trattasi di strada di cantiere che alla fine dei lavori potrebbe essere utilizzata come strada a servizio della comunità locale. Durante i lavori la strada sarà ad esclusivo transito di mezzi adatti alle operazioni e trasporto di materiali nei depositi specializzati e sarà rigorosamente chiusa al transito dei mezzi non autorizzati. Fa eccezione il tratto finale della strada che conduce a SRA5 (Comune di Torregrotta) nella quale il tratto ricadente nel citato comune resta aperta a transito misto. Non si riportano strade internamente all'area del deposito in quanto trattasi di piste di cantiere variabili in funzione delle fasi di ricolmamento del sito stesso.

Il deposito ha una capacità massima complessiva di circa 1.720.000 m³.

Gli interventi previsti fanno riferimento alla ricomposizione del paesaggio forestale per le aree situate in contesto naturale, in facies vegetazionali di passaggio fra la fascia termomediterranea e mesomediterranea. In questo senso l'obiettivo generale, su indicazioni del Piano Forestale Regionale della Regione Siciliana, è il mantenimento di coperture forestali al fine di prevenire e mitigare il rischio di desertificazione e secondariamente l'ampliamento della superficie forestale siciliana.

Il sito di deposito è stato progettato a carattere definitivo a seguito delle valutazioni di fattibilità, svolte sia sotto il profilo tecnico che di idoneità da un punto di vista ambientale, tenuto conto delle esigenze di rispetto delle importanti tutele sotto il profilo delle risorse naturali. La fattibilità ambientale è stata quindi principalmente valutata sulla base dei vincoli, delle relazioni con l'edificato residenziale e delle pressioni rispetto al grado di naturalità e di uso del suolo.

Le opere progettate rappresentano un adattamento al territorio del progetto preliminare nel rispetto delle indicazioni fornite dagli enti locali e di tutti gli studi di approfondimento posti in essere. In particolare, la selezione dei siti è avvenuta a seguito di una lunga fase di ricerca sul territorio, di valutazione dei vincoli e dell'idoneità sia sotto il profilo tecnico che ambientale. La scelta di ripristino finale renderà definitivo il sito riducendo anche ogni forma di impatto che sarebbe stata connessa a movimentazioni successive del materiale stoccato.

9.3 SRA5 Sicilia recupero ambientale torre grotta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Il deposito SRA5 Torregrotta è ubicato nel territorio comunale di Torregrotta e precisamente all'interno dell'area delimitata dalla linea ferroviaria Palermo-Messina (a valle) e dall'autostrada Messina Palermo (a monte).

Allo stato attuale il sito si presenta come una cava di argilla dismessa, con pareti verticali o sub verticali di profondità pari a circa 15/20 m, assenza di vegetazione all'interno dell'area e la presenza di un lago occupante il fondo dell'intera cava dovuto perlopiù alla morfologia del sito, all'apporto meteorico e alla scarsa permeabilità dei suoli (coeff. Permeabilità $K < 10^{-9}$).

L'area di abbancamento non è attraversata da corsi d'acqua di cui all'elenco delle acque pubbliche. Subito a valle dell'area di progetto, oltre alla ferrovia, è sito l'abitato di Torregrotta. L'area non è soggetta a nessun tipo di dissesto idrogeologico.

Il sito di deposito SRA5 sul PRG vigente ricade all'interno delle seguenti zone:

- D1 – Artigianali / industriali di completamento
- D2 - Artigianali / industriali di progetto
- D3 – Piano Regolatore ex A.S.I. agglomerato
- F – Parchi pubblici urbani e territoriali.

Il percorso per raggiungere il sito di deposito a partire dal cantiere operativo SI6 ha inizio dalla pista di cantiere V-SN3 e prosegue nella V-SE9. Allo svincolo S. Filippo si imbocca la A20 Messina – Palermo fino ad arrivare al sito SRA5 attraverso la pista P-SN8.

Il deposito ha una capacità complessiva di circa 1.450.000 metri cubi circa.

Gli interventi previsti fanno riferimento alla ricomposizione del paesaggio forestale per le aree situate in contesto naturale, in facies vegetazionali di passaggio fra la fascia termomediterranea e mesomediterranea. In questo senso l'obiettivo generale, su indicazioni del Piano Forestale Regionale della Regione Siciliana, è il mantenimento di coperture forestali al fine di prevenire e mitigare il rischio di desertificazione e secondariamente l'ampliamento della superficie forestale siciliana.

Il sito di deposito è stato progettato a carattere definitivo a seguito delle valutazioni di fattibilità, svolte sia sotto il profilo tecnico che di idoneità da un punto di vista ambientale, tenuto conto delle esigenze di rispetto delle importanti tutele sotto il profilo delle risorse naturali. La fattibilità ambientale è stata quindi principalmente valutata sulla base dei vincoli, delle relazioni con l'edificato residenziale e delle pressioni rispetto al grado di naturalità e di uso del suolo.

Le opere progettate seguono le indicazioni fornite dagli enti locali e di tutti gli studi di approfondimento posti in essere. In particolare, la selezione dei siti è avvenuta a seguito di una lunga fase di ricerca sul territorio, di valutazione dei vincoli e dell'idoneità sia sotto il profilo tecnico che ambientale. La scelta di ripristino finale renderà definitivo il sito riducendo anche ogni forma di impatto che sarebbe stata connessa a movimentazioni successive del materiale stoccato.

9.4 SRA6 Sicilia recupero ambientale Valdina 1

Il deposito è ubicato nel territorio comunale di Valdina e precisamente in loc. Tracoccia, a sud dell'autostrada Messina Palermo.

Allo stato attuale il sito si presenta come una cava di argilla dismessa, con pareti verticali o sub verticali di altezza pari a circa 50 m, assenza di vegetazione all'interno dell'area e la presenza di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

pozze più o meno profonde interessanti il fondo della cava dovute perlopiù alla morfologia del sito, all'apporto meteorico e alla scarsa permeabilità dei suoli (coeff. Permeabilità $K < 10^{-9}$).

L'area di abbancamento non è attraversata da corsi d'acqua di cui all'elenco delle acque pubbliche. A monte dell'area di progetto è presente la Strada Provinciale n. 58.

Il sito rientra parzialmente in zona P.A.I., tale dissesto originariamente è nato in quanto l'abbandono di una cava di argilla aveva determinato un allentamento del fronte argilloso e conseguente dissesto dell'area. Un primo intervento di consolidamento dell'area è stato già eseguito dall'Amministrazione comunale, mediante terrazzamenti con terre armate di contrasto al versante.

L'area d'intervento ricade nelle zone normate dal Piano Regolatore Generale Comunale come Zone Produttive di Recupero di tipo b – recupero per discariche controllate (art.35) e come zone di Riqualficazione con realizzazione di un parco delle cave (art. 35 N.T.A del PRG). Queste prevedono per le aree in oggetto recupero naturalistico e recupero per discariche controllate.

Attualmente la viabilità esistente collega l'area di cava con la viabilità comunale degli abitati di Tracocchia di Valdina e Torregrotta. Per la realizzazione del sito di deposito è prevista una viabilità alternativa, pista di cantiere P-SN8 che collegherà il sito di Torregrotta direttamente con l'autostrada Palermo Messina. Trattasi di strada di cantiere che alla fine dei lavori potrebbe essere utilizzata come strada a servizio della comunità locale. Durante i lavori la strada sarà ad esclusivo transito di mezzi adatti alle operazioni e trasporto di materiali nei depositi specializzati e sarà rigorosamente chiusa al transito dei mezzi non autorizzati.

Il deposito ha una capacità complessiva di circa 640.000 metri cubi circa.

Nella progettazione delle opere di mitigazione sono stati riconosciuti interventi che, recependo quanto previsto dalle specifiche tecniche e dall'analisi di compatibilità assumono come prioritarie la seguente finalità: ripristino e miglioramento del valore ecologico dei luoghi per le piante e gli animali.

Il sito di deposito è stato progettato a carattere definitivo a seguito delle valutazioni di fattibilità, svolte sia sotto il profilo tecnico che di idoneità da un punto di vista ambientale, tenuto conto delle esigenze di rispetto delle importanti tutele sotto il profilo delle risorse naturali. La fattibilità ambientale è stata quindi principalmente valutata sulla base dei vincoli, delle relazioni con l'edificato residenziale e delle pressioni rispetto al grado di naturalità e di uso del suolo.

Le opere progettate seguono le indicazioni fornite dagli enti locali e di tutti gli studi di approfondimento posti in essere. In particolare, la selezione dei siti è avvenuta a seguito di una lunga fase di ricerca sul territorio, di valutazione dei vincoli e dell'idoneità sia sotto il profilo tecnico che ambientale. La scelta di ripristino finale renderà definitivo il sito riducendo anche ogni forma di impatto che sarebbe stata connessa a movimentazioni successive del materiale stoccato.

9.5 SRA7 Sicilia recupero ambientale Valdina 2

Il deposito è ubicato nel territorio comunale di Valdina in località Acquasanta.

Allo stato attuale il sito si presenta come una cava di argilla dismessa, con pareti verticali o sub verticali di altezza pari a circa 50 m, assenza di vegetazione all'interno dell'area e la presenza di pozze più o meno profonde interessanti il fondo della cava dovute perlopiù alla morfologia del sito, all'apporto meteorico e alla scarsa permeabilità dei suoli (coeff. Permeabilità $K < 10^{-9}$).

L'area di abbancamento non è attraversata da corsi d'acqua di cui all'elenco delle acque pubbliche. Non sono presenti in prossimità del sito infrastrutture o strutture di una qualche importanza né vi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

sono vincoli sia dal punto di vista della “pericolosità che del rischio geomorfologico, che della pericolosità idraulica che per fenomeni di esondazione”.

L’area d’intervento ricade nelle zone normate dal Piano Regolatore Generale Comunale come Zone Produttive di Recupero di tipo b – recupero per discariche controllate (art. 35 N.T.A), con prescrizioni particolari relative alle zone di recupero del territorio, degradate da cave esaurite ed abbandonate, che costituiscono deturpamento ambientale e paesaggistico.

Queste prevedono per le aree in oggetto: recupero naturalistico (Parco delle cave) e recupero per discariche controllate

Attualmente la viabilità esistente collega l’area di cava con la viabilità comunale degli abitati di Valdina e Torregrotta. Per la realizzazione del sito di deposito è prevista una viabilità alternativa, pista di cantiere P-SN8 che collegherà i siti dell’area Venetico direttamente con l’autostrada Palermo-Messina. Trattasi di strada di cantiere che alla fine dei lavori potrebbe essere utilizzata come strada a servizio della comunità locale. Durante i lavori la strada sarà ad esclusivo transito di mezzi adatti alle operazioni e trasporto di materiali nei depositi specializzati e sarà rigorosamente chiusa al transito dei mezzi non autorizzati.

Il deposito ha una capacità complessiva di circa 319.000 metri cubi circa.

Nella progettazione delle opere di mitigazione sono stati riconosciuti interventi che, recependo quanto previsto dalle specifiche tecniche e dall’analisi di compatibilità assumono come prioritarie la seguente finalità: ripristino e miglioramento del valore ecologico dei luoghi per le piante e gli animali.

Il sito di deposito è stato progettato a carattere definitivo a seguito delle valutazioni di fattibilità, svolte sia sotto il profilo tecnico che di idoneità da un punto di vista ambientale, tenuto conto delle esigenze di rispetto delle importanti tutele sotto il profilo delle risorse naturali. La fattibilità ambientale è stata quindi principalmente valutata sulla base dei vincoli, delle relazioni con l’edificato residenziale e delle pressioni rispetto al grado di naturalità e di uso del suolo.

Le opere progettate seguono le indicazioni fornite dagli enti locali e di tutti gli studi di approfondimento posti in essere. In particolare, la selezione dei siti è avvenuta a seguito di una lunga fase di ricerca sul territorio, di valutazione dei vincoli e dell’idoneità sia sotto il profilo tecnico che ambientale. La scelta di ripristino finale renderà definitivo il sito riducendo anche ogni forma di impatto che sarebbe stata connessa a movimentazioni successive del materiale stoccato.

9.6 SRA8 – SRA8BIS – SRA8 TER Sicilia recupero ambientale Valdina 2

I siti in argomento ricadono all’interno del vecchio impianto Italcementi che comprendeva una cava di calcare nella parte Sud dell’area, a quota più elevata, e cave di argilla, nella parte a Nord, più bassa.

Il sito più a Sud, denominato **SRA8**, è quello di maggiore ampiezza; esso ha una sagoma allungata con una lunghezza in testa di circa 400 – 500 m e una larghezza, sempre in testa, dell’ordine di 100 m. Il dislivello massimo raggiunge gli 80 m circa; infatti, nel punto più alto a monte la quota è di circa 150 m s.m., nel punto più basso di circa 70 m.s.m..

I fronti di scavo, sagomati in terreni lapidei, sono stabili.

La forma allungata è favorevole alla formazione del deposito che sarà costituito da conglomerato e sabbie e ghiaie di Messina provenienti da gallerie autostradali e stazioni ferroviarie.

Il deposito ha una capacità complessiva di 2.365.000 m³.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Il sito **SRA8bis** riguarda la cava di argilla ubicata poco a valle di quella del sito SRA8. Si tratta di una cava a fossa di dimensione relativamente modesta che potrà accogliere circa 125.000 m³. Nel sito è ubicata una cassa di espansione del sistema di smaltimento delle acque superficiali.

Infine, il sito **SRA8 ter** è una piccola cava realizzata al piede di un versante, in prossimità della linea ferroviaria e di una stazione di trasformazione elettrica. Le pareti di scavo hanno altezza di circa m 20, oltre alla parte immersa al di sotto di un piccolo invaso che si è formato nella parte bassa cava. Il deposito è di soli 15.000 m³ circa è indispensabile per assicurare le condizioni di stabilità del sito SRA8 bis sovrastante.

Nei siti di cui sopra il materiale da porre a deposito viene portato in zona via mare, con un approdo temporaneo sul litorale di Saponara; esso, raggiunto il deposito, deve essere portato sino alla sommità del sito SRA8. È stato, quindi, redatto sia il progetto della viabilità esterna che collega i siti in argomento con il litorale senza attraversare il centro abitato, sia quello della viabilità interna.

9.7 SRA9 – SRA10 Sicilia recupero ambientale Valdina 1

Il due depositi sono ubicati nel territorio comunale di Valdina e precisamente in loc. Tracoccia, a sud dell'autostrada Messina Palermo fra il sito SRA6 ed SRA4.

Si tratta di due piccole cave di argilla. La prima, caratterizzata da andamento piano altimetrico di forma di forma irregolare, è ubicata ad est della strada Panoramica Tracoccia. La seconda confina con il banchinamento realizzato a seguito della frana che alcuni anni fa ha prodotto il crollo della galleria ferroviaria in costruzione e danneggiato la galleria autostradale Tracoccia. Al fondo della cava si è formato uno specchio d'acqua di cui non è nota la profondità.

A valle, il sito del deposito è delimitato da una stradella non asfaltata di accesso ai capannoni delle fornaci presenti poco più avanti. Al momento non si sussistono condizioni di pericolo per la stabilità dei fronti di scavo che hanno pendenza limitata.

Ad entrambi i siti si accede dall'alto, dalla viabilità già prevista nel Progetto Definitivo 2011 nonché dalla strada Panoramica citata e da stradelle di accesso ai capannoni.

I due depositi SRA9 e SRA10, hanno capienza rispettiva pari a 135.000 m³ e 435.000 m³.

9.8 CRA3 Calabria recupero ambientale

Il deposito, identificato come "CRA3", sarà realizzato nei comuni di Limbadi (VV) e Nicotera (VV) in una zona rurale denominata "Petto di Braghò", più semplicemente "Petto".

Tale zona, posta su un rilievo collinare, un tempo utilizzata come cava di inerti per la produzione del calcestruzzo e dei rilevati compresi nelle opere di costruzione del porto di Gioia Tauro, giace in stato di degrado ed abbandono. L'intensa attività estrattiva nel corso degli anni, ne ha infatti modificato l'assetto originario ed oggi l'area appare profondamente deturpata, con spaccature e fratture ben visibili, anche a molti chilometri di distanza.

Provenendo dal sito di scavo, lato continentale, il sito di deposito si raggiunge facilmente percorrendo l'autostrada A3 in direzione Nord fino all'attuale svincolo di Rosarno. Percorrendo poi brevi tratti delle strade statali e provinciali SS 18, SP 49 ed SP 54, ci si immette sulla SP 31 Nicotera – Limbadi, dalla quale, al km 12+573 si accede all'area di deposito.

L'accesso avverrà quindi sfruttando la pista che un tempo serviva agli automezzi per il trasporto del materiale di cava; tale pista, lunga circa 0,800 km, è in macadam (realizzato con fondo in scampoli

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

di cava, e strato superficiale in pietrisco e sabbia) rullato, di buona resistenza meccanica, eccetto un tratto iniziale in asfalto ormai degradato, ed occorrerà ripristinare alcuni tratti dissestati per una lunghezza complessiva pari a 0,300 m, per consentire il sicuro passaggio di mezzi pesanti a pieno carico.

Non vi sono fenomeni franosi o dissesti in atto.

Il deposito, che avrà una capacità di circa 1.520.000 m³, è stato progettato a seguito delle valutazioni di fattibilità, svolte sia sotto il profilo tecnico che di idoneità da un punto di vista ambientale, tenuto conto delle esigenze di rispetto delle importanti tutele sotto il profilo delle risorse naturali. La fattibilità ambientale è stata quindi principalmente valutata sulla base dei vincoli, delle relazioni con l'edificato residenziale e delle pressioni rispetto al grado di naturalità e di uso del suolo.

A lavori ultimati, cioè quando le aree precedentemente scavate saranno ricolmate ed il terreno rimodellato all'incirca secondo la conformazione naturale originaria, si sarà ottenuto il duplice obiettivo di restituire una grande superficie all'ambiente naturale e alla collettività e a ricreare parzialmente quel caratteristico paesaggio che è stato deturpato e lasciato in abbandono ormai da diversi decenni.

9.9 CRA4 Calabria recupero ambientale

Il deposito, identificato come "CRA4", sarà ubicato in "C.da Marro", zona rurale del comune di Terranova Sappo Minulio (RC) in prossimità del Torrente Marro, in un'area che è stata oggetto per anni di un'intensa attività estrattiva di ghiaia e sabbia. Ne risulta ad oggi un territorio, in prossimità di due profonde ed estese cavature, che versa in stato di abbandono e degrado.

Per raggiungere l'area, provenendo dal sito di scavo (opere a terra lato continentale), ci si immette direttamente sull'A3 (senza interessare minimamente la viabilità locale), in direzione Nord fino allo svincolo di Palmi. Successivamente si percorrono la SP 32, la SS 111 ed una stradella secondaria, non asfaltata, denominata vicinale "Pascalone Celentano", in buone condizioni, che porta direttamente al sito di deposito. Tale stradella non necessita di ammodernamento per consentire il transito degli automezzi pesanti (essendo vicino alla zona in esame un impianto per il confezionamento di calcestruzzo, la strada viene già quotidianamente percorsa da automezzi pesanti).

Non vi sono fenomeni franosi o dissesti in atto.

Il deposito, che avrà una capacità di circa 40.000 m³, è stato progettato a seguito delle valutazioni di fattibilità, svolte sia sotto il profilo tecnico che di idoneità da un punto di vista ambientale, tenuto conto delle esigenze di rispetto delle importanti tutele sotto il profilo delle risorse naturali. La fattibilità ambientale è stata quindi principalmente valutata sulla base dei vincoli, delle relazioni con l'edificato residenziale e delle pressioni rispetto al grado di naturalità e di uso del suolo.

A lavori ultimati, cioè quando il terreno sarà stato rimodellato all'incirca secondo la conformazione naturale originaria (ovviamente dopo aver asportato il materiale temporaneamente depositato), si sarà ottenuto l'obiettivo di restituire una grande superficie all'ambiente naturale e alla collettività per gli usi idonei (agricoltura, pascolo, ecc), evitando che la zona continui a rimanere un ambiente degradato ed inutilizzabile.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

9.10 CRA5 Calabria recupero ambientale

Il deposito, denominato "CRA5", sarà ubicato in loc.tà "Foresta", zona rurale del comune di Varapodio (RC) in prossimità del Torrente Calabro, in un'area che è stata oggetto per anni, di un'intensa attività estrattiva di ghiaia e sabbia. Ne risulta ad oggi un territorio caratterizzato da una profonda ed estesa cavatura che versa in stato di degrado.

Provenendo dal sito di scavo (opere a terra lato continentale), ci si immette direttamente sull'A3 (senza interessare minimamente la viabilità locale), in direzione Nord fino allo svincolo di Palmi. Successivamente si percorrono la SP32 e la SP 29, dalla quale al km 2+006 si imbecca la stradella vicinale "Litorale" che conduce direttamente al deposito.

L'area in esame, che si trova su un territorio abbastanza pianeggiante, è caratterizzata da un esteso scavo avente profondità media pari a 6,00 m. Si prevede di riempire definitivamente parte del fosso con 210.000 m³ di materiale.

Non vi sono fenomeni franosi o dissesti in atto.

La parte definitiva del deposito è stata progettata a seguito delle valutazioni di fattibilità, svolte sia sotto il profilo tecnico che di idoneità da un punto di vista ambientale, tenuto conto delle esigenze di rispetto delle importanti tutele sotto il profilo delle risorse naturali. La fattibilità ambientale è stata quindi principalmente valutata sulla base dei vincoli, delle relazioni con l'edificato residenziale e delle pressioni rispetto al grado di naturalità e di uso del suolo.

A lavori ultimati, cioè quando le aree precedentemente scavate saranno ricolmate ed il terreno rimodellato all'incirca secondo la conformazione naturale originaria, si sarà ottenuto l'obiettivo di restituire una grande superficie all'ambiente naturale e alla collettività per gli usi idonei (agricoltura, pascolo, ecc), evitando che la zona continui a rimanere un ambiente degradato ed inutilizzabile.

9.11 Volumi dei siti di destinazione finale

Successivamente vengono riepilogati i volumi dei siti di destinazione finale. Sono evidenziate in blu le discariche previste in progetto per il conferimento dei rifiuti.

Si ribadisce che tutti i volumi qui riportati di capienza dei siti di recupero ambientale, dovranno essere verificati nel progetto esecutivo con analisi di dettaglio e con l'implementazione della progettazione delle modalità di recupero ambientale per ciascun sito. Verrà sviluppata un'analisi multicriteria che permetterà di stabilire un ordine di priorità di utilizzo dei siti, sulla base delle caratteristiche degli stessi e sulla base delle effettive necessità del progetto esecutivo.

In fase esecutiva saranno effettuate le adeguate verifiche di stabilità dei fronti preesistenti. Analogamente, le verifiche saranno condotte anche in relazione alle attività di abbancamento, effettuando studi geotecnici per fasi di riempimento, finalizzati a garantire la massima stabilità dei fronti, sia in fase temporanea che definitiva.

Si specifica inoltre che in fase esecutiva verranno effettuate altresì indagini sulla qualità ambientale dell'acqua laddove vi siano bacini d'acqua nei siti indicati, oltre che dei materiali presenti sui fondi. Laddove necessario inoltre (come per i siti SRA9-SRA10) verranno effettuati i rilievi batimetrici in fase di PE utili alla definizione del volume di reale capienza dei bacini.

Anche le volumetrie a discarica effettivamente ricollocate saranno oggetto di rivalutazione a seguito dell'effettiva modalità di gestione dei materiali di scavo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx

Tabella 9-1 Volumetrie totali dei siti di destinazione (capacità del sito e volumetria abbancata). Nei riquadri in blu le discariche realizzate in progetto, come definiti dal PD

Volumi di destinazione				
Siti	Sicilia		Calabria	
	Capacità MAX Definitiva mc	Volume abbancato mc	Capacità MAX Definitiva mc	Volume abbancato mc
SRA4	1 720 000	1 219 996		
SRA5	1 450 000	1 028 485		
SRA6	640 000	389 504		
SRA7	319 000	226 267		
SRA8	2 365 000	1 439 339		
SRA8bis	125 000	76 075		
SRA8ter	15 000	9 129		
SRA9	135 000	82 161		
SRA10	435 000	264 741		
SRAS	385 000	385 000		
SRAS1	350 000	344 170		
SRAS2	180 000	177 002		
CRA3			1 520 000	1 348 123
CRA4			40 000	35 477
CRA5			210 000	186 254
CRAS			240 000	214 000

Tabella 9-2 Capacità dei siti di destino, comprese le discariche di progetto, e il volume che sarà abbancato e proveniente dagli scavi delle opere, come definiti dal PD

DESTINAZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO				
	Volumi massimi abbancabili		Volumi abbancati	
	Sicilia (m ³)	Calabria (m ³)	Sicilia (m ³)	Calabria (m ³)
Discarica	915 000	240 000	906 172	214 000
Siti di riqualificazione ambientale	7 204 000	1 770 000	4 735 697	1 569 854
Totale	8 119 000	2 010 000	5 641 869	1 783 854

10 GESTIONE E TRACCIABILITA' DEL MATERIALE DI SCAVO

10.1 Aspetti generali

Nel presente paragrafo si intendono descrivere le modalità con le quali l'esecutore intende assicurare la tracciabilità dei materiali dalla produzione all'utilizzo finale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Per quanto riguarda le modalità di deposito dei materiali da scavo, la tracciabilità dei materiali sarà assicurata avendo cura di utilizzare sistemi identificativi di ogni cumulo (cartellonistica), al fine di poterne rintracciare la tipologia e, inoltre, il sito e la lavorazione, WBS di provenienza.

In particolare, per quanto concerne il materiale di scavo lapideo che verrà rivalorizzato come sottoprodotto in impianti di produzione di calcestruzzo saranno definite apposite procedure di tracciabilità, per cui il materiale proveniente dall'opera in oggetto non dovrà essere miscelato con altro materiale presente in impianto e il suo effettivo utilizzo dovrà essere rendicontato in registri separati rispetto agli altri materiali. Dovrà essere altresì prevista presso l'impianto un'area apposita esclusivamente per i materiali provenienti dal cantiere in oggetto, con dettagliata cartellonistica identificativa.

Sia nella successiva fase progettuale, sia nella fase di attuazione dei lavori, la tracciabilità dei materiali di scavo sarà comunque garantita anche attraverso l'aggiornamento periodico, con particolare riferimento alle aree ad uso promiscuo (materiale di riutilizzo immediato - materiale in deposito temporaneo per il trasporto al deposito finale), dei layout dei siti di deposito in attesa di utilizzo assicurando la separazione tra le sotto-aree preposte.

Per l'utilizzo dei materiali di scavo nell'ambito del cantiere in qualità di sottoprodotti, si prevede il trasporto con automezzi dai siti di produzione a quelli di deposito (aree di stoccaggio) e, infine, a quelli di utilizzo (WBS interne al progetto).

Nel caso in cui si renda necessario impegnare la viabilità esterna al cantiere, il trasporto del materiale escavato sarà accompagnato dal *Documento di Trasporto*, (conforme a quanto indicato nell'Allegato 7 del D.P.R. 120/2017). Il Documento di Trasporto conterrà le informazioni anagrafiche del sito di produzione, le informazioni anagrafiche del sito di destinazione e del sito di deposito intermedio nonché le informazioni inerenti le condizioni di trasporto (anagrafica della ditta che effettua il trasporto, targa del mezzo utilizzato, numero di viaggi previsti, quantità e tipologia del materiale trasportato, data e ora del carico, data e ora di arrivo).

In fase di corso d'opera, sarà comunque cura dell'Appaltatore Produttore delle terre e rocce da scavo, garantire la tracciabilità dei materiali mediante la predisposizione di adeguata documentazione.

In merito alle esigenze di tracciabilità si ritiene utile inserire anche la definizione di sito riportata nelle *"Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo"*, approvate dal Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (SNPA), con delibera n. 54 del 9 maggio 2019, che rimandano alla definizione di "sito" prevista dal DPR 120/17. Per meglio identificare le caratteristiche del sito di produzione rispetto alla definizione normativa è utile considerare il "sito", inteso come area cantierata, è *l'area caratterizzata da contiguità territoriale in cui la gestione operativa dei materiali non interessa la pubblica viabilità.*

Diversamente, nel caso il trasporto su camion dal sito di scavo al deposito intermedio, ancorché lo stesso sia eseguito mediante percorsi individuati dal piano delle percorrenze, la movimentazione sarà considerata esterna o interna al cantiere a seconda che interessi o meno la viabilità pubblica.

Nel caso di movimentazione esterna, il trasporto del materiale da scavo è tracciato da apposito documento di trasporto (DDT) contenente le informazioni del produttore, del trasportatore, del sito di produzione, della causale del trasporto, ecc. Nel documento è trascritto l'esito dei confronti rispetto alle CSC (colonna A o colonna B) della Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, alla Parte quarta del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i riportati nei rapporti di prova delle verifiche di processo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

10.2 Piano delle Percorrenze

Le lavorazioni connesse con la realizzazione del ponte, e dei collegamenti stradali e ferroviari tra lo stesso e le reti infrastrutturali esistenti, comportano una molteplicità di movimenti di mezzi pesanti tra i diversi punti del territorio ove sono localizzati i cantieri ed i vari impianti accessori occorrenti.

Dai cantieri previsti per l'esecuzione delle opere vengono trasportati alle cave i volumi di terre idonee; dalle cave, dopo la lavorazione, gli inerti vengono trasportati agli impianti di betonaggio; a partire dagli impianti di betonaggio, vengono trasportati in cantiere i quantitativi di calcestruzzo occorrenti presso i cantieri.

Gli scavi non utilizzabili per inerti, i residui delle relative lavorazioni, i fanghi derivanti dai processi di consolidamento sono trasportati ai siti di recupero ambientale o a discarica dedicata, attraverso la viabilità esistente e per alcuni percorsi di nuova costruzione. Quota parte dei materiali raggiunge i depositi definitivi con trasporti via mare, pertanto, gli itinerari collegano cantieri, cave, siti di deposito e lavorazione con i pontili di carico e scarico.

I flussi di traffico rimangono inalterati per i materiali provenienti dagli scavi per le Opere di Collegamento comprese nelle aree Annunziata e Contesse che seguono i percorsi che conducono all'Autostrada A 20 in direzione Venetico.

Per non appesantire ulteriormente il traffico sulla viabilità di collegamento fra gli altri cantieri e i nuovi siti, il progetto definitivo ha determinato, come detto, la necessità di trasportare via mare parte delle terre di scavo e degli scarti di lavorazione.

Ciò comporta una maggiore concentrazione di traffico sulla direttrice nord della Panoramica nel tratto compreso fra l'area Pace e Ganzirri, in particolare, per il trasferimento delle terre al nuovo pontile nel campo industriale di Ganzirri ove, per il carico delle imbarcazioni, vengono installati gli impianti di stoccaggio e trasporto (con nastri).

Oltre a quanto riportato al §5.3.2 relativamente alla viabilità ante realizzazione dei pontili, relativamente alla movimentazione dei materiali si precisa che la pista PSN5 prevista da progetto (cfr. elaborato CZV0721_F0) , riguarda i collegamenti locali fra alcuni siti (in particolare, fra SI4, SRAS, AL2 e SC3-SI5) e non si tratta di un collegamento stabile fra i cantieri del settore nord e quelli molto più a sud (zona Contesse).

Il materiale indirizzato nelle aree litoranee tirreniche (Valdina, Venetico, ecc.), con origine dai cantieri di estrazione e/o lavorazione, percorre la Strada Panoramica dello Stretto, il viale Annunziata, lo svincolo Annunziata, ed infine il ramo di collegamento attraverso la galleria S. Jacchiddu, che permette un facile accesso all'A20 in direzione Palermo.

Si chiarisce inoltre che il viadotto Ritiro ovest dello svincolo Giostra (che garantisce la possibilità di ritornare sul percorso inverso, dai depositi verso i cantieri, quindi in direzione Palermo-Messina) non è ad oggi ancora completo, ma si prevede la sua ultimazione entro la data di effettiva operatività dei cantieri di progetto. In caso di mancato completamento in tempi utili, gli automezzi scarichi di ritorno verso Messina, potrebbero percorrere la viabilità alternativa costituita dalla SS.113 (più breve del percorso autostradale e che conduce direttamente sulla Panoramica dello Stretto), oppure, effettuare una inversione a Messina Centro, ritornando verso Palermo e uscendo verso i cantieri (sempre attraverso lo svincolo di Giostra).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

I movimenti dei mezzi di trasporto sul versante calabrese impegnano l'autostrada A3 e le sue diramazioni come andata e come ritorno, tenendo conto che i depositi risultano parzialmente temporanei per gli esuberanti di materiali scavati che devono essere recuperati e messi in opera per rilevati/riempimenti in tempi successivi.

In fase di progettazione esecutiva verrà sviluppato il piano delle percorrenze di dettaglio dal sito di produzione ai siti di depositi temporaneo e da quest'ultimi verso i depositi esterni, identificando percorsi e distanze, in funzione del cronoprogramma di dettaglio di progetto e delle tipologie di intervento/fasi operative.

Nella presente fase sono state verificate le percorrenze fino ai siti di recupero ambientale, dai cantieri operativi di pertinenza (cfr. elaborati CZV0721_F0 per la Sicilia e CZV_0647_F0 per la Calabria).

10.3 Obblighi degli esecutori

10.3.1 Documenti di trasporto

Il trasporto delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti fuori dal sito di produzione al sito di destinazione e/o al sito di deposito intermedio sarà accompagnato dal documento di trasporto (come quello indicato nell'Allegato 7 del DPR 120/17). Tale documentazione sarà predisposta dall'esecutore nella fase di corso d'opera.

Nel caso di trasporto dal sito di deposito intermedio al sito di destinazione, essendo evidentemente necessario disporre di un documento di trasporto anche in uscita dal deposito intermedio verso il sito di destinazione, sarà utilizzato il documento riportato in Allegato 7 modificando opportunamente la Sez. A.

Per quanto riguarda la modalità di compilazione, il modulo lascia spazio a diverse interpretazioni ma, secondo il sistema agenziale (SNPA), al fine di garantire una sufficiente tracciabilità dei materiali, occorrerà compilare un modulo per ogni viaggio, si interpreta che laddove l'allegato recita "automezzo" si intenda "viaggio".

Ciò premesso, in fase di progetto esecutivo sarà redatta una procedura atta a garantire la tracciabilità dei materiali da scavo: con l'applicazione di tale procedura ciascun volume di terra sarà identificato nelle diverse fasi, dalla produzione al trasporto fino all'eventuale deposito sino all'utilizzo.

10.3.2 Dichiarazione di avvenuto utilizzo

L'avvenuto utilizzo del materiale escavato, in conformità al Piano di Utilizzo, sarà attestato, dall'esecutore del Piano, mediante dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà (art. 47 e art. 38 del D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445), rilasciata ai sensi dell'art. 7 e Allegato 8 al DPR 120/17.

Dovrà essere valutata l'informatizzazione delle movimentazioni dei materiali a mezzo portale dedicato in cui possano essere registrati i DDT dei materiali qualificati come sottoprodotti trasportati esternamente al cantiere, in modo da fornire alla Committenza e alla Direzione Lavori i dati a consuntivo relativi ai volumi depositati ai diversi siti di destino finale ai fini di effettuare la Dichiarazione di avvenuto utilizzo nelle modalità di cui sopra.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

11 MATERIALI DI SCAVO GESTITI COME RIFIUTI

11.1 Aspetti Generali

Nel presente paragrafo si indicano le modalità di gestione di tutti i materiali di risulta provenienti dalle attività previste in progetto che si prevede di gestire nel regime dei rifiuti (materiali di scavo che si prevede di gestire in qualità di rifiuto, materiali provenienti dalle demolizioni, etc) ai sensi della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., privilegiando il conferimento presso siti autorizzati al recupero e, solo secondariamente, prevedendo lo smaltimento finale in discarica.

Si precisa che riguardo la gestione dei rifiuti il PD indica le volumetrie di materiali che si prevede di non riutilizzare nell'ambito delle lavorazioni (per caratteristiche geotecniche ed ambientali non idonee o perché non necessari alla realizzazione delle opere in progetto in relazione ai fabbisogni ed al sistema di cantierizzazione progettato) e che quindi saranno gestiti in regime rifiuti ai sensi della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., prevedendo lo smaltimento finale in discarica.

Tali materiali sono rappresentati da:

- materiali di scavo in esubero rispetto ai possibili riutilizzi interni/esterni o con caratteristiche chimiche e merceologiche non idonee al loro riutilizzo, la cui quantità non è definita ad oggi dal progetto definitivo che non ha identificato la presenza di terre contaminate; a tali rifiuti potrebbe essere attribuito il codice CER 17.05.04 "terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17.05.03";
- demolizioni ai quali si aggiungono le demolizioni/smaltimento dei materiali di risulta dei cantieri a cui può essere attribuito il codice CER 17.09.04 "rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 170901, 170902 e 170903";
- fanghi derivanti dagli impianti di lavorazione delle terre e rocce da scavo (SC1, SC2, SC3) o da quelli (IL1, IL2 collocati in SI7 e SI 8 rispettivamente) per la lavorazione delle sabbie ai fini del ripascimento.

Le destinazioni ipotizzate potranno essere determinate in maniera definitiva a seconda dei risultati delle analisi di caratterizzazione (sul tal quale e sull'eluato da test di cessione) a carico dell'Appaltatore nella successiva fase di realizzazione dell'opera per la corretta scelta delle modalità di gestione dei materiali di risulta ai sensi della normativa ambientale vigente.

In tale contesto, i possibili destini del materiale sono:

- il recupero, disciplinato dal D.M. 05/02/1998 s.m.i.;
- il conferimento a discaricata, disciplinato dall'ex D.M. 27/09/2010 s.m.i. (ora D.Lgs.n.121/2020).

Come detto i materiali verranno inviati a recupero o a discarica in funzione degli esiti delle verifiche analitiche: a seguito di tali verifiche si potrà valutare altresì se sia possibile, in un'ottica di gestione sostenibile del cantiere, conferire i rifiuti a destini che ne possano valorizzare le caratteristiche, come ad esempio per i rifiuti derivanti da demolizione si valuterà la possibilità di invio in impianti per la produzione di aggregati riciclati.

Circa la modalità di gestione **del deposito temporaneo** come definito ex art. 183 comma 1 lettera bb del D. Lgs 152/2006 è opportuno fare riferimento alla definizione stessa:

“deposito temporaneo”: *il raggruppamento dei rifiuti e il deposito preliminare alla raccolta ai fini del trasporto di detti rifiuti in un impianto di trattamento, effettuati, prima della raccolta, nel luogo in cui gli stessi sono prodotti, da intendersi quale l'intera area in cui si svolge l'attività che ha*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

determinato la produzione dei rifiuti o, per gli imprenditori agricoli di cui all'articolo 2135 del codice civile, presso il sito che sia nella disponibilità giuridica della cooperativa agricola, ivi compresi i consorzi agrari, di cui gli stessi sono soci, alle seguenti condizioni (omissis).

Durante il deposito, il materiale sarà caratterizzato per individuare il destino più appropriato alle sue proprie caratteristiche ambientali. A tal proposito sarà necessario effettuare:

- una caratterizzazione del rifiuto tal quale, utile a discriminarne le caratteristiche di pericolosità (secondo la norma UNI 10802);
- un test di cessione, che mi permetta di caratterizzare il materiale per definire la sua idoneità al recupero con procedura semplificata (ex D.M. 05/02/98) o la tipologia di discarica più adatta al suo smaltimento (ex D.M. 27/09/2010 s.m.i.).

A seconda degli esiti della caratterizzazione, in considerazione delle sue caratteristiche chimiche e di pericolosità, ciascun cumulo potrà essere inviato ad un eventuale impianto esterno con autorizzazione al recupero oppure ad un opportuno sito di smaltimento finale.

11.2 Buone pratiche per la gestione dello stoccaggio dei rifiuti

Un utile riferimento per le buone pratiche di attuazione rispetto alla gestione del deposito/stoccaggio dei rifiuti è costituito dalla “*Deliberazione Comitato Interministeriale 27 Luglio 1984: Rifiuti- Dpr 915/1982- Disposizioni per prima applicazione*”, che al punto 4 richiede siano osservate una serie di disposizioni generali per lo stoccaggio provvisorio. Di seguito si elencano le disposizioni che trovano applicazione nel caso in questione:

Se lo stoccaggio avviene in cumuli, questi devono essere realizzati su basamenti resistenti all’azione dei rifiuti. I rifiuti stoccati in cumuli devono essere protetti dall’azione delle acque meteoriche e, ove allo stato polverulento, dall’azione del vento.

Allo scopo di rendere nota, durante lo stoccaggio provvisorio, la natura e la pericolosità dei rifiuti, i recipienti fissi e mobili devono essere opportunamente contrassegnati con etichette o targhe, ben visibili per dimensioni e collocazione: nel caso in questione questo si può riferire ad ogni singolo cumulo, che dovrà essere qualificato con una segnaletica chiara e visibile.

Qualunque sia la modalità di gestione che si ritenga più opportuno scegliere per la fase operativa, sarà comunque conveniente adottare delle buone pratiche di gestione del rifiuto, finalizzate alla protezione ambientale dell’area e delle componenti ambientali interessate.

Un elenco minimo degli accorgimenti che si intendono adottare in sede esecutiva è il seguente:

- a) Evitare la miscelazione: lo stoccaggio deve essere effettuato per categorie omogenee di rifiuti;
- b) Scegliere il criterio (univoco) per la tenuta del deposito temporaneo, sempre temporale o volumetrico;
- c) Prendere le dovute precauzioni per non contaminare suolo, sottosuolo e acque di falda: si richiede che vi sia una superficie di deposito impermeabile, che i rifiuti siano stoccati in aree predisposte e confinate, che per gli eventuali rifiuti liquidi siano presenti idonei sistemi di contenimento degli sversamenti accidentali;
- d) Provvedere a una segnalazione chiara, coerente e precisa dei diversi cumuli.

11.3 Trasporto dei rifiuti a recupero/smaltimento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Nel caso in cui i materiali provenienti dalle attività di scavo siano qualificati di rifiuti essi potranno essere trasportati con le seguenti modalità:

- rifiuti non pericolosi:
 - dall'esecutore dell'appalto iscritto all'Albo Nazionale Gestori Ambientali ai sensi dell'articolo 212, comma 8, del D.Lgs. 152/06;
 - da Ditte iscritte all'Albo Nazionale Gestori Ambientali nella Categoria 2 ovvero 4 di competenza.
- rifiuti pericolosi:
 - da Ditte iscritte all'Albo Nazionale Gestori Ambientali nella Categoria 5.

11.4 Registrazione e documentazione inerente lo smaltimento e il recupero

La documentazione concernente le varie fasi dello smaltimento dei rifiuti prodotti sarà costituita da:

- a) Registri di Carico/Scarico dei rifiuti: nel Registro di Carico/Scarico conservato in cantiere saranno registrati tutti i rifiuti prodotti. È possibile **omettere la registrazione dei rifiuti non pericolosi CER 17** come precisato con nota ISPRA prot. 022028, 8 Aprile 2016: *"le imprese che rientrano nell'esclusione dal MUD in quanto produttori iniziali di rifiuti non pericolosi derivanti da attività di demolizione, costruzione e scavo sono solo le imprese che svolgono attività di costruzione e demolizione come attività principale. L'esclusione vale per tutti i rifiuti classificati con codici appartenenti alla famiglia dei CER 17 (rifiuti delle operazioni di costruzioni e demolizioni)."*
- b) Formulare di identificazione del rifiuto che saranno tenuti in cantiere ovvero sugli automezzi che trasportano il rifiuto a destino e quarta copia dei formulari stessi timbrata e firmata dall'impianto di smaltimento: all'atto del trasporto del rifiuto verrà emesso il formulario (documento di trasporto) contenete tutte le caratteristiche qualitative e quantitative del rifiuto trasportato, il luogo di smaltimento (o destinatario) del rifiuto ed il nominativo del trasportatore. Verranno emesse 4 copie del formulario che accompagnerà il rifiuto, la prima copia rimarrà in cantiere, la seconda copia al trasportatore, la terza al destinatario e la quarta copia timbrata e firmata dal destinatario tornerà entro un mese al produttore ad attestare il corretto smaltimento del rifiuto. Entro una settimana dal trasporto del rifiuto verrà registrata sul Registro di Carico/Scarico l'uscita del rifiuto smaltito indicandone codice, descrizione e quantità;
- c) Verbali di campionamento;
- d) Eventuali bollettini analitici completi di omologa per l'ammissione del rifiuto presso i singoli impianti;
- e) Eventuale elenco e autorizzazioni impianti di smaltimento utilizzati;
- f) Eventuale elenco e autorizzazioni autotrasportatori utilizzati.

11.5 Materiali gestiti come rifiuti nell'opera

Come già elencato precedentemente, nel Progetto Definitivo è stata stimata la quantità dei materiali dalle lavorazioni di progetto che verranno gestiti come rifiuti nell'opera, quali:

- Eventuali terre e rocce da scavo che risulteranno contaminate a seguito degli accertamenti analitici per la verifica di compatibilità a CSC (tabella 1, allegato 5 alla parte IV, Titolo V del D.lgs.152/06 e ss.mm.ii) - quantità non determinata dal PD;
- Demolizioni e rifiuti derivanti dalla scapitozzatura dei pali/diaframmi, nonché dai residui delle lavorazioni/trattamento di separazione/VTR dei materiali di scavo da consolidamento. Anche i

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

residui dalle operazioni di scavo in jet grouting saranno considerati rifiuto. È stata stimata dal progetto definitivo una quantità pari a:

a) Lato Sicilia:

Macerie: 155.800 t, da conferire a discarica SRAS

Scapitozzatura: 95.573 t, da conferire a discarica SRAS

VTR+iniezioni: 558.586 t, da conferire a discarica SRAS

Fanghi da lavorazione: 740.065 t, da conferire a discariche SRAS1 e SRAS2;

b) Lato Calabria, da conferire a discarica CRAS:

Macerie: non quantificata;

Scapitozzatura e fanghi: 111.783 t

VTR+iniezioni: 191.568 t

Il progetto esecutivo ridefinirà le quantità effettivamente inviate a discarica, anche in funzione delle scelte che verranno effettuate rispetto alle opere, alle modalità di scavo e alla gestione operativa del cantiere.

Come detto i materiali derivanti dagli scavi effettuati con tecniche di jet grouting sono da considerarsi rifiuti e come tali dovranno essere gestiti: il progetto esecutivo confermerà o meno l'opportunità del loro trattamento per il recupero in progetto come mps.

11.6 Smaltimento dei rifiuti dei siti di discarica appositamente progettati

I progetti relativi ad aree destinate a discarica di materiale classificabile come rifiuto non pericoloso ai sensi dell'ex D. Lgs. 36/2003 sono denominate SRAS, SRAS1 e SRAS2 e ricadono nella Provincia di Messina e CRAS per il versante Calabria. Il progetto definitivo prevedeva di inviare alle discariche fanghi filtro pressati, macerie di demolizioni, residui dalla separazione di VTR e spritz beton frantumato da scavo in galleria, proveniente dalle lavorazioni inerenti la costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina. In particolare:

- il sito SRAS (volume abbancabile 385.000 m³) nel territorio comunale di Messina;
- i siti SRAS1 (volume abbancabile 350.000 m³) e SRAS2 (volume abbancabile 180.000 m³) nel territorio comunale di Comuni di Valdina e di Torregrotta
- il sito CRAS (volume abbancabile 240.000 m³) nel territorio comunale di Seminara.

In ogni caso i rifiuti saranno smaltiti presso impianti idonei previa caratterizzazione e classificazione, come indicato al §11.1. I materiali verranno inviati a recupero o a discarica in funzione degli esiti delle verifiche analitiche; come già indicato precedentemente a seguito di tali verifiche si potrà valutare altresì se sia possibile, in un'ottica di gestione sostenibile del cantiere, conferire i rifiuti a destini che ne valorizzino le caratteristiche (demolizioni a impianti per produzione di aggregati riciclati).

Gli interventi relativi ai progetti dei siti si possono sommariamente descrivere in:

- eliminazione dell'acqua nelle zone depresse e successivo trattamento delle stesse;
- compattazione del terreno nel fondo della discarica al fine di eliminare alveoli ed asperità;
- posa o costipazione sul fondo di materiale minerale compattato (argilla) e con una conducibilità idraulica pari a $K \leq 10^{-7}$ cm/s depositato in strati uniformi compattati dello spessore massimo di 20 cm;
- posa di strato di geocomposito lungo le pareti con una conducibilità idraulica pari o superiore a $K \leq 10^{-7}$ cm/s;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

- posa di manto impermeabilizzante in HDPE sul fondo e sulle pareti di spessore 2,5 mm avente un coefficiente di permeabilità pari a $K = 1 \times 10^{-14}$ m/s;
- installazione della rete di drenaggio sul fondo per la raccolta delle acque di percolazione, convogliate nell'apposito pozzetto di raccolta mediante dei tubi \varnothing 110 microfessurati in HDPE rigido rivestiti di tessuto non tessuto sia in senso trasversale che longitudinale;
- stesa di ghiaietto a protezione del fondo e con funzioni drenanti di spessore pari a 50 cm.

A supporto e servizio della struttura di discarica sono previste le seguenti strutture:

- sistema di aspirazione del percolato con invio ai serbatoi per la successiva caratterizzazione e smaltimento;
- posa di manto in HDPE sulle pareti;
- impianto lavaggio mezzi;
- impianto di trattamento delle acque di lavaggio mezzi;
- impianto di trattamento delle acque di prima pioggia;
- locali uffici e servizi;
- pesa;
- area per verifica e controllo carichi rifiuti.

Terminata la fase di ricopertura sarà eseguita la rinaturalizzazione con il materiale precedentemente accantonato durante la fase iniziale di scotico, per i dettagli si rimanda agli elaborati specifici.

Come già detto precedentemente il progetto esecutivo dovrà ridefinire nel dettaglio tutte le quantità effettivamente inviate a discarica, in funzione delle scelte che verranno effettuate rispetto alle opere, alle modalità di scavo e alla gestione operativa del cantiere. I volumi abbancabili sono quindi da intendersi come volumi massimi da allocare: il PE andrà a ridefinire i volumi da gestire nelle discariche e quindi la capacità di cui effettivamente si necessiterà per la ricollocazione dei rifiuti.

L'implementazione, in fase di progetto esecutivo, della progettazione delle modalità di smaltimento dei rifiuti nei siti di discarica appositamente previsti andrà definire le modalità di abbancamento del materiale e terrà conto anche della stabilità dei fronti di cava preesistenti e di quelli che si andranno a realizzare nelle successive fasi di riempimento al fine di mitigare i pericoli di franamenti ed i rischi connessi per gli operatori.

11.6.1 SRAS

Il sito è ubicato in una cava di sabbie ghiaie di Messina, confinante con quella del sito. Il fronte di scavo raggiunge l'altezza massima di circa 80 – 90 m e inclinazione di circa 30°. Al sito si accede dalla strada che collega la litoranea di Messina con l'abitato di Marotta Superiore, a valle della quale corre la Fiumara della Guardia. Il volume del deposito previsto dal progetto definitivo è pari a 385.000 m³.

Il piede del deposito è realizzato con un rilevato di terra stabilizzata di argilla mista a calce o di sabbia e cemento, ammorsato nei terreni in posto.

11.6.2 SRAS1

Con il deposito si effettua il recupero di una cava di argilla che si trova a lato del sito SRA4. Si tratta di una cava aperta dal lato di valle e chiusa verso Ovest e verso Sud da pareti di scavo molto ripide quali verticali, dell'altezza di circa m 20. Al fondo della cava, depresso rispetto all'area circostante, si trovano due piccoli laghetti formati per l'accumulo delle acque di poggia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Al deposito si accede sia dalla viabilità interna ai depositi della zona, già prevista nel Progetto Definitivo 2011. Il volume del deposito previsto dal progetto definitivo è pari a 350.000 m³; quello, effettivo sarà leggermente più elevato perché si dovrà aggiungere il volume dei vuoti occupati dall'acqua presente al fondo del deposito.

11.6.3 SRAS2

Si tratta di una cava di argilla che si trova a monte del sito SRA7; la cava è aperta dal lato di valle e chiusa verso Sud da una parete di scavo verticale, dell'altezza di circa m 20. Al fondo della cava, depresso rispetto all'area circostante, si trova un laghetto formatosi per l'accumulo delle acque di poggia. L'area è alla sommità del bacino imbrifero e, pertanto, non riceve acqua da monte. Le condizioni di stabilità dei fronti di scavo sono solo apparenti e temporanee.

Senza l'intervento in progetto il fronte di scavo subirà un progressivo arretramento. Al deposito si accede sia dalla viabilità interna ai depositi della zona, già prevista nel Progetto Definitivo 2011 sia da monte una pista che ha inizio dalla strada che congiunge Fondachello con Valdina. Il volume del deposito previsto dal progetto definitivo è pari a 180.000 m³; quello, effettivo sarà leggermente più elevato perché si dovrà aggiungere il volume dei vuoti occupati dall'acqua presente al fondo del deposito.

11.6.4 CRAS

La discarica, denominata CRAS, sarà realizzata in un'area sita in "C.da Bizzola", zona rurale del comune di Seminara (RC). Tale area veniva un tempo utilizzata come cava di argilla e ad oggi versa in stato di abbandono e degrado. Provenendo dal sito di scavo (opere a terra lato continentale), ci si immette direttamente sull'A3 (senza interessare minimamente la viabilità locale), e il sito di deposito si raggiunge mediante il seguente percorso:

- Percorrenza dell'autostrada A3 in direzione NORD dal cantiere di Villa S. Giovanni fino allo svincolo di S. Elia - Melicuccà: 27,000 km; immissione sulla SS18;
- Percorrenza della strada SS18 fino alla SP26: 6,400 km; immissione sulla SP26;
- Percorrenza della strada SP26 fino all'arrivo al deposito: 2,100 Km. Totale km: 35,500.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

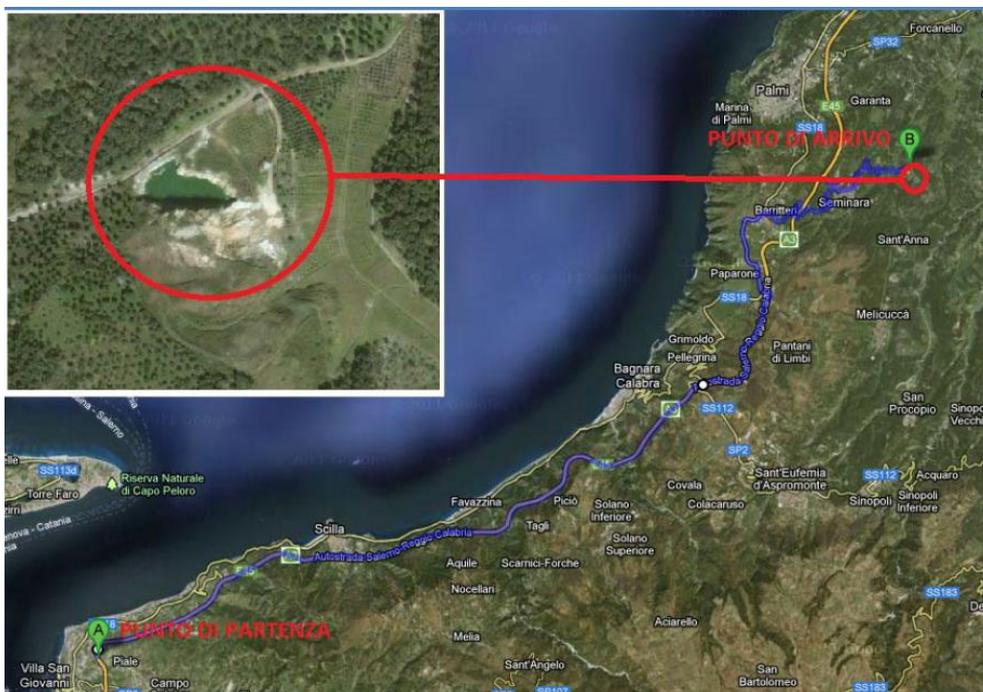


Figura 11-1 Ubicazione del sito ed individuazione percorso dal cantiere lato Calabria

L'area in esame, che si trova alla quota media di 160 m s.l.m., ha un'estensione pari a circa 20.200 m². Il volume del deposito previsto dal progetto definitivo è pari a 240.000 m³ di materiale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

12 VALIDITA' DEL PIANO DI UTILIZZO

La validità del piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi di quanto richiesto dal DPR 120/17, è pari alla durata del cantiere considerando le fasi realizzative dell'opera e il cronoprogramma che verrà definito. Queste verranno dettagliatamente sviluppate nel successivo livello progettuale.

Si ipotizza comunque che il piano di utilizzo possa avere validità di circa 8 anni pari alla durata di realizzazione dei lavori, per come prevista da progetto definitivo, di cui si riporta un estratto nella pagina che segue.

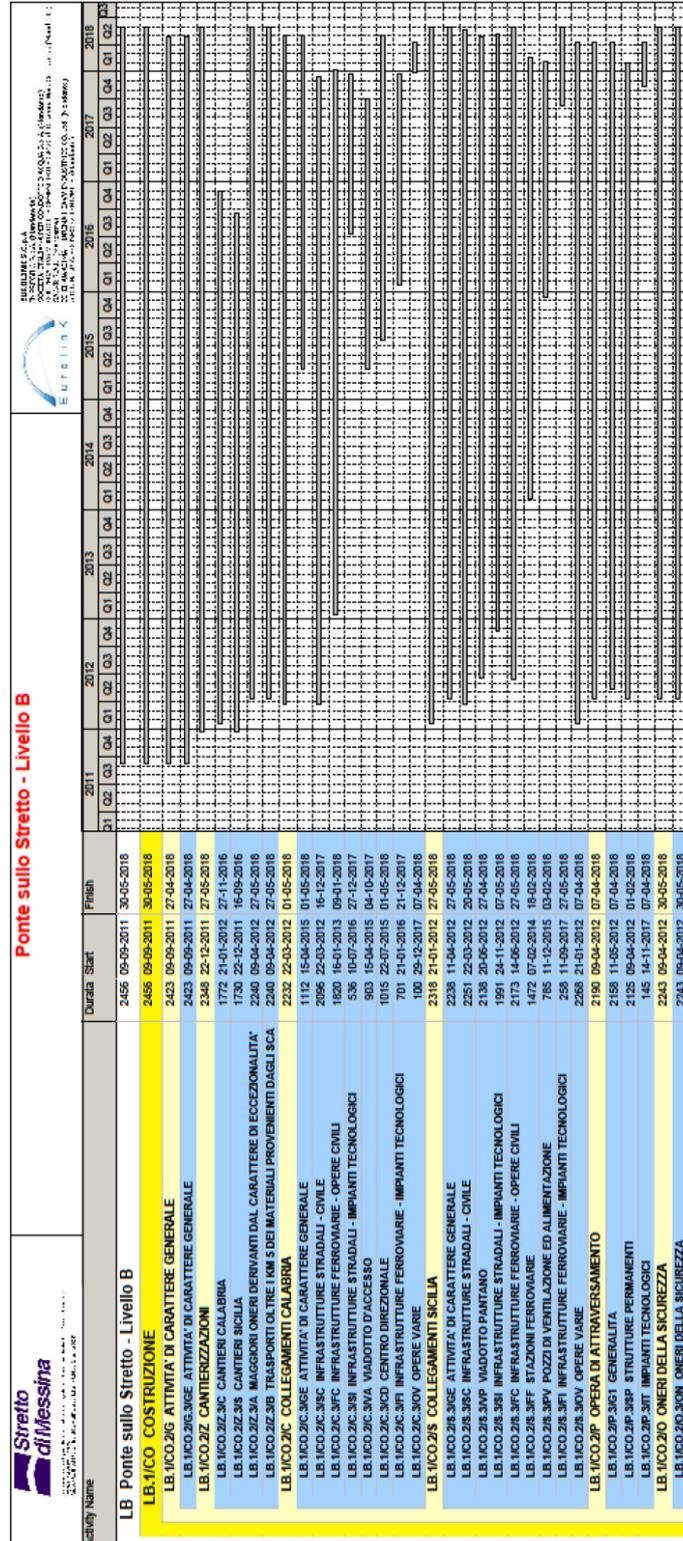


Figura 12-1 Cronoprogramma del progetto definitivo

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)</p>		<p><i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx</p>	<p><i>Rev</i> D</p>	<p><i>Data</i> 22/02/2024</p>

13 ALLEGATO 1: Sintesi analisi eseguite

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	Codice documento AMR0976_r03.docx	Rev D

PARAMETRO	Unità di misura	SONDAGGIO									
		C403	C404	C405	C407	C408	C410	C413	C416	C420 bis	C421
FRAZIONE GRANULOMETRICA (da 2 cm a 2 mm)	%p/p	10,7	9,9	10,2	4,8	8,8	9,4	17,5	9,2	4,4	4,1
RESIDUO A 105 °C	%p/p	94,2	94,6	95,1	98,1	97,2	96,0	96,1	96,9	97,9	98,4
RISULTATI ANALITICI SULLA FRAZIONE GRANULOMETRICA (< 2 mm) (VALORI espressi su sostanza secca)											
Antimonio	mg/Kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Arsenico	mg/Kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2,80	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Berillio	mg/Kg	0,180	0,13	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,12	< 0,1	< 0,9	< 0,1	< 0,1
Cadmio	mg/Kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cromo totale	mg/Kg	2,8	2,1	3,6	9,6	5,6	4,1	14,7	5,9	8,8	8,1
Cromo VI	mg/Kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Mercurio	mg/Kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nichel	mg/Kg	4,50	3,45	7,5	12,4	8,2	6,0	7,2	7,6	6,1	9,4
Piombo	mg/Kg	< 0,5	< 0,5	1,8	< 0,5	< 0,5	1,1	1,80	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Rame	mg/Kg	2,69	4,12	5,82	6,4	4,4	2,44	5,8	8,3	2,31	3,78
Selenio	mg/Kg	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Stagno	mg/Kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Zinco	mg/Kg	< 0,5	< 0,5	6,8	16,1	6,4	2,8	19,8	7,1	15,0	10,8
AROMATICI											
Benzene	mg/Kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Etilbenzene	mg/Kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Stirene	mg/Kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Toluene	mg/Kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Xilene	mg/Kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Sommatoria organici aromatici (da 20 a 23)	mg/Kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
AROMATICI POLICICLICI											
Benzo(a)antracene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Benzo(a)pirene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Benzo(b)fluorantene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Benzo(k)fluorantene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Benzo(g,h,i)perilene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Crisene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dibenzo(a,e)pirene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dibenzo(a,l)pirene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dibenzo(a,i)pirene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dibenzo(a,h)pirene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)	<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D

Dibenzo(a,h)antracene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Indenopirene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Pirene	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34)	mg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI												
Clorometano	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cloruro di vinile	mg/Kg	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Trocloretilene	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloroetilene	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenolo	mg/Kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
IDROCARBURI												
Idrocarburi leggeri C inferiore o uguale a 12	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Idrocarburi pesanti C superiore a 12	mg/Kg	< 10	< 10	14	< 10	< 10	< 10	< 10	26	18	< 10	< 10

Tabella di sintesi analisi Lato Calabria

		SONDAGGIO																					
		S408	S409	S410	S411	S412 bis	S413	S414 bis	S420	S422	S423	S434	S443	S445 bis	S447	S448	S449	S451 bis	S452	S452 bis	S454	S454 bis	S455
PARAMETRO	U.M.	CARATTERISTICHE FISICHE																					
Residuo secco a 105 °C	%	98,8	99,7	99,8	99,7	96,9	99,8	99,8	99,7	99,7	99,8	87,8	93,6	99,8	99,7	99,8	99,8	93,8	86,4	94	87	82,8	91,6
Umidità	%	1,2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	3,1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	12,2	6,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	6,2	13,6	6	13	17,2	8,4
Sopra vaglio 2 mm	%	50	42,1	37,3	44,4	35,7	39,9	44,9	54,7	44,8	47,8	31,3	26,8	38	40,5	42,3	44,4	24,6	58	23,2	< 1,0	14,5	33,6
Sotto vaglio 2 mm	%	50	57,9	62,7	55,6	64,3	60,1	55,1	45,3	55,2	52,2	68,7	73,2	62	59,5	57,7	55,6	75,4	42	76,8	99,2	85,5	66,4
		RISULTATI ANALITICI																					
Antimonio	mg/Kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Arsenico	mg/Kg	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	8	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Berillio	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cadmio	mg/Kg	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cromo totale	mg/Kg	22	16	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	17	21	< 15	< 15	< 15	18	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	19	16
Cromo VI	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercurio	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Nichel	mg/Kg	40	35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35
Piombo	mg/Kg	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	11	12	< 10	< 10	< 10	12
Rame	mg/Kg	19	< 10	14	19	13	11	< 10	12	20	13	< 10	17	14	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	17	25	< 10
Selenio	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	6	< 1	< 1	< 1
Stagno	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	2	< 1
Zinco	mg/Kg	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	60	52	< 50
IDROCARBURI																							
Idrocarburi totali	mg/Kg	36,4	60,9	85,4	66	54,1	29,7	48,4	74,4	39,6	47,5	26	68,7	108,1	43,8	26	26	26	26	26	26	46,2	26
Idrocarburi leggeri C<12	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg	35,4	59,9	84,4	65	53,1	28,7	47,4	73,4	38,6	46,5	< 25	67,7	107,1	42,8	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	45,2	< 25
IDROCARBURI ORGANICI AROMATICI																							

 Stretto di Messina	 EuroLink	Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

Tricloroetilene	mg/Kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Triclorometano	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
FENOLI NON CLORURATI																								
Fenolo	mg/Kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Metilfenolo (o-,m-,p-)	mg/Kg	< 0,06	< 0,06	< 0,01	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06

Tabella di sintesi analisi Lato Sicilia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		Codice documento AMR0976_r03.docx	Rev D	Data 22/02/2024

14 ALLEGATO 2: Possibili prodotti utilizzati in fase di scavo



TUNNELLING



TENSIOLATTIVO

GLOBALFOAM AS

GENERALITÀ

GLOBALFOAM AS è un agente schiumogeno ad elevate prestazioni, formulato con speciali tensioattivi anionici biodegradabili, adatto al trattamento dei terreni argillosi e sabbioso-limosi nelle gallerie scavate con fresa meccanica a piena sezione, con scudo di testa. Produce schiume molto stabili e può essere diluito sia con acqua pulita, che leggermente salina, anche con elevata durezza. Il prodotto, una volta iniettato, impartisce al terreno le caratteristiche seguenti:

- Diminuzione della permeabilità
- Maggiore stabilità durante lo scavo
- Minore coesività (nel caso di terreni argillosi)
- Minore frizione ed abrasività interna, con conseguente diminuzione del consumo energetico ed un più facile trasporto del materiale di risulta, nonché minore usura delle parti meccaniche
- Migliorata deformazione plastica

DOSAGGIO ED APPLICAZIONE

Il prodotto va diluito in acqua, nelle seguenti percentuali:

- In condizioni normali: 0,5 - 1,5% in peso
- In condizioni di elevata pressione d'acqua: 1 - 2% in peso

La schiuma viene ottenuta mediante insufflaggio d'aria entro **GLOBALFOAM AS** in soluzione acquosa ed, a sua volta, iniettata al 30-60% del volume del terreno scavato.

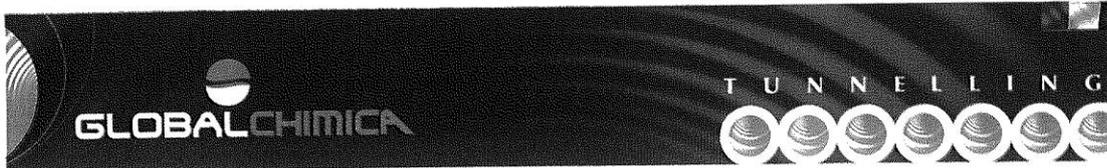
CARATTERISTICHE TECNICHE
(a +20 °C)

Aspetto	liquido trasparente incolore o leggermente paglierino
Densità	1,04 ± 0,02 Kg/l
pH (per soluzione all'1%)	7
Solubilità in acqua	totale



NOTA: Le informazioni ivi contenute si basano sulle nostre migliori conoscenze ma non costituiscono garanzia per l'utilizzatore, date le numerose possibilità applicative che sfuggono al nostro controllo. L'utilizzatore ha pertanto il dovere di effettuare i tests necessari a valutare l'idoneità del prodotto all'impiego richiesto.

<p>GLOBALCHIMICA s.r.l. Piazzale B.P. 12 (C.so Europa) 10088 Volpiano (Torino) Italy Tel. +39 0119951663 • Fax +39 011 9951664 www.globalchimica.com • info@globalchimica.com</p>	<p>Ufficio tecnico commerciale: E.P.C. CONSULTING s.r.l. Via dei Serpenti, 132 • 00184 Roma (Italy) Tel. +39 064742581 • Fax +39 064744091 www.epcconsulting.it • epc.cons@virgilio.it</p>
--	---



GRASSO DI TESTA

GLOBALSEAL TBM/T

GENERALITÀ

GLOBALSEAL TBM/T è un sigillante utilizzabile nelle gallerie scavate con una fresa meccanica a sezione piena, caratterizzato da resistenza particolare nei confronti del fango, dell'acqua e della polvere.

GLOBALSEAL TBM/T ha adesione eccellente anche su superfici umide ed elevata resistenza al dilavamento (inf. a 6%), è stabile a notevoli pressioni e, grazie alla mancanza di inerti abrasivi e sostanze chimiche aggressive ed, in modo particolare, grazie all'elevato potere di scorrimento, risulta adatto ad essere utilizzato su tutte le parti rotanti delle frese.

Data la sua consistenza, il prodotto è facilmente pompabile ed applicabile.

GLOBALSEAL TBM/T deve essere conservato nel contenitore originale, ben chiuso ed ad una temperatura non superiore ai 50 °C.

GLOBALSEAL TBM/T non è un prodotto pericoloso, è biodegradabile, non tossico; non presenta minaccia alcuna per la sicurezza degli operai. Le precauzioni raccomandate sono quindi le solite da usarsi al momento del maneggio: uso di guanti ed occhiali di protezione.

CARATTERISTICHE TECNICHE (a +20 °C e 60% U.R.)

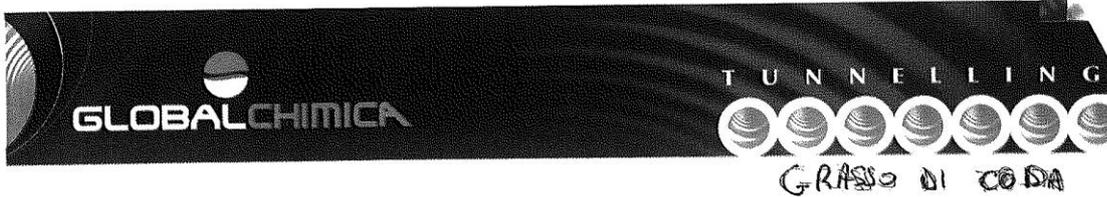
Odore	lieve
Colore	nero
Apparenza	fibroso
Peso specifico	1,2 ± 0,050 Kg/dm ³
Consistenza	255 - 275
Punto di infiammabilità	> 190 °C
Proprietà di pompaggio	40 - 50 gr/min
Volatilità	≤ 2%
Water wash-out test (perdita)	< 6%
Test di adesione	> 35'
Biodegradabilità	> 60% dopo 22 gg



NOTA: Le informazioni ivi contenute si basano sulle nostre migliori conoscenze ma non costituiscono garanzia per l'utilizzatore, date le numerose possibilità applicative che sfuggono al nostro controllo. L'utilizzatore ha pertanto il dovere di effettuare i tests necessari a valutare l'idoneità del prodotto all'impiego richiesto.

GLOBALCHIMICA s.r.l.
Piazzale B.P. 12 (C.so Europa)
10088 Volpiano (Torino) Italy
Tel. +39 0119951663 • Fax +39 011 9951664
www.globalchimica.com • Info@globalchimica.com

Ufficio tecnico commerciale:
E.P.C. CONSULTING s.r.l.
Via dei Serpenti, 132 • 00184 Roma (Italy)
Tel. +39 064742581 • Fax +39 064744091
www.epcconsulting.it • epc.cons@virgilio.it



GLOBALSEAL TBM/C

GENERALITÀ

GLOBALSEAL TBM/C è un sigillante utilizzabile nelle gallerie scavate con una fresa meccanica a sezione piena per impedire alle boiacche di backfilling, all'acqua o alle malte di penetrare lateralmente allo scudo ed arrivare così al fronte dello scavo. La sua resistenza al calore diminuisce il rischio di fiamma nelle frese. GLOBALSEAL TBM/C è un prodotto facilmente pompabile ed adesivo con qualsiasi tipo di substrato, molto resistente al dilavamento anche da parte dell'acqua marina. Non si decompone sotto l'effetto di elevate pressioni meccaniche.

GLOBALSEAL TBM/C deve essere conservato nel contenitore originale, ben chiuso ed ad una temperatura non superiore ai 50 °C.

GLOBALSEAL TBM/C non è un prodotto pericoloso, è biodegradabile, non tossico; non presenta minaccia alcuna per la sicurezza degli operai. Le precauzioni raccomandate sono quindi le solite da usarsi al momento del maneggio: uso di guanti ed occhiali di protezione.

CARATTERISTICHE TECNICHE (a +20 °C e 60% U.R.)

Odore	lievemente aromatico
Colore	beige
Apparenza	fibroso
Peso specifico	1,3 ± 0,050 Kg/dm ³ (metodo interno)
Consistenza	240 - 260 (ASTM D217 - D97)
Punto di infiammabilità	> 205 °C (ASTM D92)
Proprietà di pompaggio	50 - 55 gr/min - (US Steel LT37, a pressione di 10 bar e Temp. 25 °C)
Volatilità	≤ 3 (ASTM D1264)

Armacon 11



NOTA: Le informazioni ivi contenute si basano sulle nostre migliori conoscenze ma non costituiscono garanzia per l'utilizzatore, date le numerose possibilità applicative che sfuggono al nostro controllo. L'utilizzatore ha pertanto il dovere di effettuare i tests necessari a valutare l'idoneità del prodotto all'impiego richiesto.

GLOBALCHIMICA s.r.l.
 Piazzale B.P. 12 (C.so Europa)
 10088 Volpiano (Torino) Italy
 Tel. +39 011 9951663 • Fax +39 011 9951664
www.globalchimica.com • info@globalchimica.com

Ufficio tecnico commerciale:
E.P.C. CONSULTING s.r.l.
 Via del Serpenti, 132 • 00184 Roma (Italy)
 Tel. +39 064742581 • Fax +39 064744091
www.epcconsulting.it • epc.cons@virgilio.it

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/17 (Fase di riavvio L.58/2023)		<i>Codice documento</i> AMR0976_r03.docx	<i>Rev</i> D	<i>Data</i> 22/02/2024

15 ALLEGATO 3: “Attività di Ricerca sull’impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile”, redatto da GEEG, startup di “La Sapienza” Università di Roma.” - Report 1 ottobre 2020



GEEG
GEOTECHNICAL & ENVIRONMENTAL
ENGINEERING GROUP

Startup di



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle
bentoniti per applicazioni di ingegneria civile

Report 1

20 Ottobre 2020



Diego Sebastian

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

INDICE

1	Introduzione	1
2	L'utilizzo dei fanghi bentonitici e dei fluidi polimerici	1
2.1.1	Sostegno del foro.....	2
2.1.2	Il trasporto dei detriti.....	3
2.1.3	L'azione lubrificante / la riduzione dell'attrito.....	3
2.1.4	La separazione	4
3	Bentoniti.....	4
3.1	Il materiale, i prodotti commerciali e la composizione mineralogica.....	4
3.2	Il processo produttivo	5
3.3	I prodotti commerciali.....	7
4	Aspetti ambientali legati all'utilizzo delle bentoniti.....	7
4.1	Indicazioni generali	7
4.2	Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto.....	8
4.3	L'utilizzo di bentoniti nella realizzazione di pali e diaframmi	9
4.3.1	Densità	10
4.3.2	Viscosità Marsh.....	11
4.3.3	Fluid loss	12
4.3.4	pH	12
4.3.5	Spessore del filtercake	13
4.3.6	Commenti	13
5	Conclusioni	13
6	Bibliografia.....	16

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

1 Introduzione

Nell'ambito delle attività di progettazione sviluppate da Italferr è emersa la necessità di rispondere a specifiche prescrizioni di approfondimenti in merito all'utilizzo dei fluidi bentonitici utilizzati durante la realizzazione di pali e diaframmi in relazione ai rischi per l'ambiente e per la salute umana.

Italferr ha affidato a GEEG, startup innovativa di "Sapienza" Università di Roma, lo sviluppo di una attività di Ricerca in supporto alla progettazione di opere in sotterraneo sviluppate da Italferr, finalizzata ad approfondire la composizione e l'impatto ambientale delle attività di realizzazione dei pali e dei diaframmi con particolare riferimento all'utilizzo di fluidi/fanghi bentonitici anche in relazione al potenziale utilizzo del materiale di smarino come sottoprodotto nell'ambito della normativa sulle terre e rocce da scavo.

L'attività di Ricerca, attualmente in corso, ha portato innanzitutto a definire in modo chiaro le informazioni, i dati e le evidenze disponibili in letteratura e acquisite da GEEG in anni di ricerca sperimentale sui prodotti commerciali (bentoniti) utilizzati per la preparazione dei fluidi di perforazione, sulle loro specifiche tecniche, sulle modalità di utilizzo e sugli eventuali rischi legati all'interazione con l'ambiente in fase di utilizzo, durante la vita utile delle opere realizzate e in relazione al riutilizzo, come sottoprodotto, delle terre e rocce da scavo poste a contatto con tali fluidi.

Inoltre, la stessa attività di Ricerca porterà alla messa a punto di specifici protocolli sperimentali finalizzati ad acquisire direttamente in laboratorio informazioni specifiche e aggiuntive rispetto a quanto disponibile in letteratura al fine di fornire un quadro completo ed esaustivo dell'interazione tra i fluidi/fanghi bentonitici e le terre e rocce da scavo.

Il presente documento contiene una descrizione dei principali elementi in merito ai materiali, alle modalità di utilizzo e all'interazione con l'ambiente utili a mettere a fuoco eventuali rischi, verificare le opportune contromisure, affinare gli strumenti di mitigazione e impostare le attività di controllo da eseguire in sito durante la realizzazione degli interventi previsti dal progetto.

Le informazioni inserite all'interno di questo documento saranno integrate durante le fasi successive dell'attività di ricerca sperimentale con dati e misure sperimentali eseguite su materiali effettivamente utilizzati nella realizzazione di pali e diaframmi.

2 L'utilizzo dei fanghi bentonitici e dei fluidi polimerici

La bentonite è un prodotto commerciale diffusamente impiegato nell'ingegneria civile che trova anche larghissimo impiego in molti altri ambiti quali il trattamento e la purificazione delle acque, come supporto nell'agricoltura e nel giardinaggio, nella produzione del vino, nell'industria dei cosmetici, in quella alimentare e in una lunga lista di processi di produzione tra i quali quelli dei mangimi, della carta e della ceramica.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

Limitatamente alle applicazioni di ingegneria civile i due macro-settori in cui la bentonite è ampiamente utilizzata da decenni, in soluzione acquosa sottoforma di fluidi, sono la realizzazione di perforazioni (pali e diaframmi) e lo scavo di gallerie con TBM, Micro-TBM e altre tecnologie no-dig.

Nelle perforazioni l'utilizzo di sospensioni di bentonite permette la stabilizzazione del foro, sigillandone le pareti, impedendo il collasso durante le operazioni, e garantisce il trasporto fuori dallo scavo del residuo solido prodotto (smarino).

Nel caso del Tunnelling e del MicroTunnelling invece il ruolo della bentonite è duplice, da una parte serve come nel caso dei pali e dei diaframmi a stabilizzare il cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e al trasporto dello smarino verso l'esterno, dall'altra serve come lubrificante evitando o riducendo l'usura degli utensili di scavo.

Un fluido di perforazione deve svolgere diverse funzioni:

- sostegno del foro;
- trasporto dei detriti in superficie;
- riduzione dell'attrito tra gli utensili di scavo e le pareti del foro;
- raffreddamento e pulizia degli utensili di scavo.

A tale scopo nel tempo ha preso piede e si è ampiamente diffuso l'utilizzo dei fluidi bentonitici ottenuti aggiungendo all'acqua poche unità percentuali in peso di bentonite (di norma tra il 4.5% e il 9%), miscelando e lasciando a riposo per garantire la dispersione e l'idratazione delle particelle.

2.1.1 Sostegno del foro

Il fango bentonitico possiede proprietà tixotropiche: con tixotropia si intende il comportamento di un fluido non newtoniano in cui la viscosità diminuisce all'aumentare del tempo di applicazione dello sforzo di taglio a parità di tutte le altre condizioni.

La tixotropia permette al fluido bentonitico di stabilizzare le pareti dello scavo per il tempo necessario a eseguire il getto grazie alla formazione sulle pareti del foro di un film di spessore millimetrico praticamente impermeabile denominato *cake*, *mudcake* o *filtercake*.

Affinché si formi tale membrana scarsamente permeabile è necessario che la pressione del fluido all'interno della perforazione sia sempre superiore alla pressione interstiziale, in questo modo il fango tende a penetrare di pochi millimetri nel terreno circostante; tale filtrazione porta a una riduzione della velocità del fluido e, per quanto detto precedentemente, a un aumento della propria viscosità, andando quindi a creare sul contorno del cavo realizzato mediante la perforazione una parete caratterizzata da coefficienti di permeabilità molto bassi (Figura 1). La bassissima permeabilità che caratterizza il *filtercake* consente di applicare sulla superficie del cavo una tensione efficace stabilizzante pari alla differenza tra la pressione del fango all'interno della perforazione e la pressione dell'acqua interstiziale del terreno.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

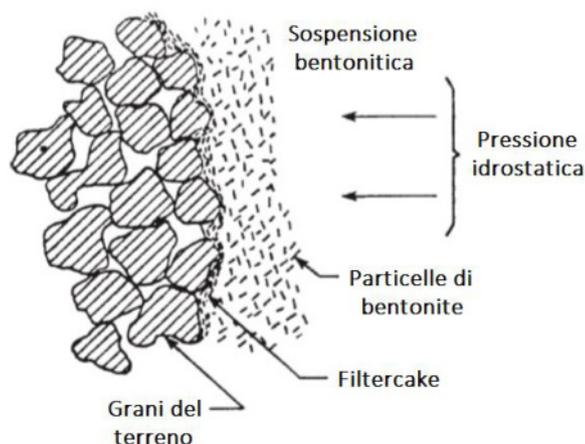


Figura 1: Formazione del filtercake.

Questo procedimento permette di sostenere la superficie scavata (le pareti del foro del palo o del diaframma) fino al momento del getto del calcestruzzo garantendo la possibilità di realizzare il palo o il diaframma con delle geometrie necessarie ad assolvere utilmente il proprio compito.

2.1.2 Il trasporto dei detriti

Oltre alla primaria necessità di garantire la stabilità del foro durante la realizzazione del palo o del diaframma (e, conseguentemente, la minimizzazione degli effetti di detensionamento nelle zone di terreno limitrofe), il fango bentonitico è utilizzato per trasportare verso la superficie e successivamente all'esterno del foro il materiale rimosso dalle attrezzature di scavo, detto smarino.

A seconda delle tecnologie di scavo utilizzate i flussi di fluido bentonitico in ingresso e di fango bentonitico (fluido bentonitico più smarino) in uscita sono gestiti in modo leggermente differenti; tuttavia in tutte le tecnologie un ruolo determinante è svolto dalla densità del fango bentonitico, necessaria a mantenere in sospensione lo smarino e la sua stabilità, intesa come capacità della bentonite di rimanere omogeneamente dispersa nell'acqua e non comportare fenomeni di separazione o sedimentazione.

2.1.3 L'azione lubrificante / la riduzione dell'attrito

Nell'ambito della realizzazione di opere in sotterraneo (gallerie idrauliche, ferroviarie o stradali) sono ampiamente utilizzate tecnologie trenchless quali microtunnelling, spingitubo o, nel caso di grandi diametri, Tunnel Boring Machines.

In questo tipo di applicazioni, le principali funzioni dei fanghi di perforazione sono sia il supporto del foro che l'impermeabilizzazione, per le quali è sufficiente un comportamento tixotropico già descritto, ma anche la lubrificazione per la quale spesso si fa ricorso all'aggiunta di polimeri o alle bentoniti definite "estese" di cui si parlerà approfonditamente nei capitoli seguenti.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

L'azione lubrificante serve infatti laddove, a causa delle dimensioni del fronte di scavo e conseguentemente dell'entità degli attriti che si generano tra gli utensili di scavo e il terreno/roccia, è necessario ridurre l'usura degli utensili utilizzando lo stesso fango bentonitico anche come lubrificante.

Nelle applicazioni ingegneristiche che prevedono l'utilizzo di microtunnelling e altre tecnologie no-dig, quindi, spesso si fa ricorso all'utilizzo di bentoniti estese o additivate in cantiere mediante l'aggiunta dei polimeri.

Gli aspetti legati alla composizione delle bentoniti saranno approfonditamente trattati nel seguito di questo documento.

2.1.4 La separazione

Come detto, nel caso di utilizzo dei fanghi bentonitici per la realizzazione di pali e diaframmi, la necessità è quella da una parte di sostenere il cavo durante il tempo necessario a completare la perforazione fino alla quota di progetto e a eseguire il getto di calcestruzzo, ma anche convogliare verso la bocca del foro il materiale scavato.

Durante la realizzazione del foro, infatti, il sistema di circolazione dei fanghi include una linea che convoglia il fluido di perforazione contenente i detriti di scavo in sospensione a un impianto di separazione.

La separazione è essenzialmente descrivibile come una separazione meccanica delle particelle più grossolane (detriti) dal fluido (acqua) e dalle particelle più piccole (bentonite) e comporta una serie di passaggi consecutivi. Il processo è suddiviso in diverse fasi che prevedono una successione di vagli meccanici utili a separare i detriti più grossolani e una centrifuga, un sistema di filtropresse o delle semplici vasche di decantazione per separare le particelle più sottili dall'acqua con l'ausilio di idrocycloni.

La separazione consente da una parte il recupero dello smarino sotto forma di solido privato della maggior parte del fango bentonitico e dall'altra il recupero della bentonite che viene reimpressa in circolo incrementando la velocità di perforazione e riducendo il consumo delle pompe e delle parti soggette a usura.

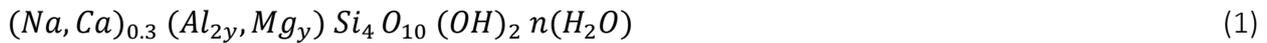
3 Bentoniti

3.1 Il materiale, i prodotti commerciali e la composizione mineralogica

Con bentonite (numero EC 215-108-5, numero CAS 1302-78-9) si intende il nome commerciale di una serie di prodotti a base di argille, principalmente montmorillonite sodica, calcica e potassica; in particolare le bentoniti comunemente in commercio non contengono meno del 60% di smectite e nella maggior parte dei casi superano il 70%. La montmorillonite, infatti, appartiene al gruppo delle smectiti ed è un fillosilicato di alluminio e magnesio la cui struttura cristallina è composta da strati

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

ottaedrici di allumina (Al_2O_3) interposti tra due strati di tetraedri di silice (SiO_2), la cui formula chimica (1) è di seguito espressa:



Ulteriori minerali che compongono la restante parte della bentonite possono essere altri minerali argillosi quali illite, caolinite etc. oltre che quarzo, cristobalite, zeolite, mica, feldspato e calcite.

La bentonite è originata dalla devetrificazione o decomposizione parziale di ceneri vulcaniche vetrose, di tufi vulcanici o colate laviche, o anche dalla decomposizione di intrusivi ipoabissali.

La bentonite è di per sé una risorsa naturale non rinnovabile che si trova nel sottosuolo di particolari zone in Italia e nel mondo, estratta mediante procedimenti meccanici tipici della tradizione mineraria.

A causa della sua composizione mineralogica di natura impura di fillosilicato di alluminio, le particelle di bentonite hanno una notevole capacità di assorbimento dell'acqua: consistono infatti in sottilissimi fogli cristallini di minerali argillosi con carica negativa raggruppati in pacchetti da ioni positivi di sodio, potassio, magnesio o calcio in uno strato di acqua assorbita. Gli ioni calcio forniscono un legame più forte rispetto agli ioni sodio, per cui la montmorillonite calcica, così come quella magnesiacca, è meno efficace nel trattenere molecole d'acqua rispetto a quella sodica. Gli ioni potassio stabiliscono legami ancora più forti tra i foglietti di argilla in quanto la loro dimensione è tale da non permettere che ci siano spazi tra questi. Dunque la sostituzione del sodio con calcio, magnesio o potassio nella montmorillonite riduce notevolmente la capacità di assorbimento dell'acqua.

Da quanto detto si evince che la tipologia di bentonite più efficace per gli scopi ingegneristici è quella sodica.

3.2 Il processo produttivo

Il processo produttivo prevede, a partire dal materiale estratto, una prima fase di purificazione al fine di ridurre la presenza di eventuali impurezze mineralogiche indesiderate. Successivamente può essere necessaria l'attivazione, qualora si tratti di bentonite calcica o magnesiacca: tramite l'aggiunta di carbonato di sodio (Na_2CO_3) o soda ($NaOH$) si favorisce la sostituzione tra i cationi Ca^{2+} (Mg^{2+}) e Na^+ nello spazio intra-lamellare al fine di ottenere una bentonite sodica con migliori prestazioni in termini di assorbimento d'acqua e potere rigonfiante (Figura 2, Figura 3).

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

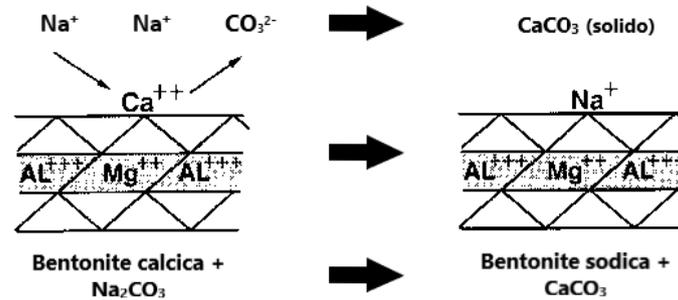


Figura 2: Schema di attivazione della bentonite calcica con carbonato di sodio.

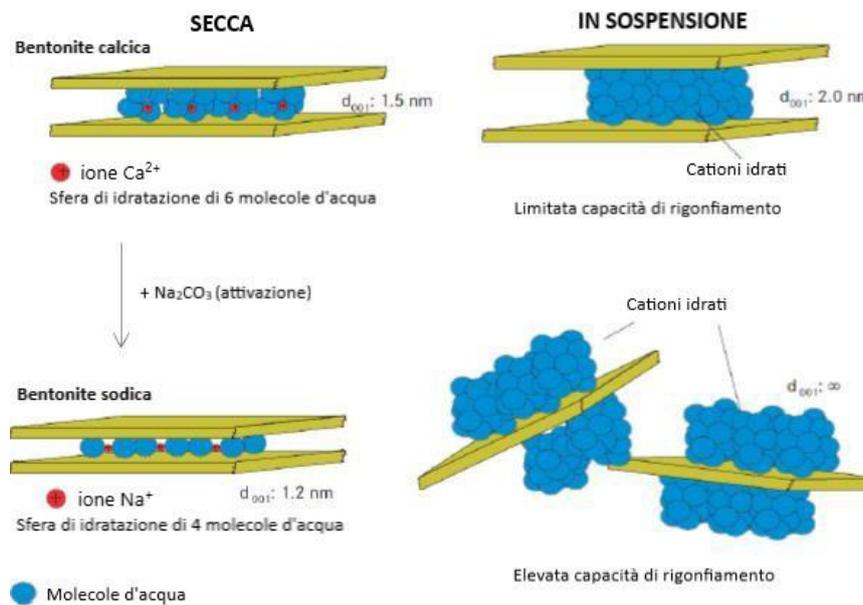


Figura 3: Confronto tra bentonite calcica e sodica.

Segue una fase di essiccazione a temperatura controllata (non oltre i 500°C) per ridurre l'umidità evitando la rimozione dell'acqua interstiziale che inertizzerebbe la bentonite. Infine viene eseguita la macinazione o il setacciamento a seconda del tipo di applicazione per conferire alla bentonite la granulometria desiderata.

Per alcune specifiche applicazioni la bentonite viene additivata, o più propriamente "estesa", con l'aggiunta di additivi a seconda della funzione da assolvere. In questa fase che caratterizza alcuni prodotti commerciali vengono introdotti polimeri naturali come amidi e cellulose, sintetici come i poliacrilati (PA), o ancora semi-sintetici come le carbossimetilcellulose (CMC) o le cellulose polianioniche (PAC). Gli additivi comunemente utilizzati nei fluidi di perforazione sono classificati in:

- viscosizzanti;
- fluidificanti;
- disperdenti;
- emulsionanti;

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

- inibitori di corrosione;
- flocculanti;
- controllori di pH;
- inibitori dell'attività delle argille;
- conservanti.

3.3 I prodotti commerciali

In commercio esistono diversi prodotti che rispondono al nome di "bentonite". Questi prodotti commerciali includono bentoniti calciche e sodiche, naturali ed estese (mediante l'aggiunta di polimeri naturali o sintetici).

Questi prodotti devono essere accompagnati da una scheda tecnica che le identifichi nelle categorie sopra menzionate con specifico riferimento alla presenza di additivi. La dicitura "non estesa", "priva di additivi/polimeri" o "polymer free" è necessaria per escludere la presenza di additivi naturali o sintetici.

Nel caso di bentoniti estese, l'eventuale presenza di sostanze pericolose per l'uomo o per l'ambiente deve essere specificata mediante l'accompagnamento di schede di sicurezza del prodotto contenente tutte le classi di rischio e le informazioni necessarie a trattare il prodotto con le opportune precauzioni.

4 Aspetti ambientali legati all'utilizzo delle bentoniti

4.1 Indicazioni generali

Dal punto di vista ambientale e della salvaguardia della salute, la bentonite non è considerata pericolosa né per l'ambiente né per l'uomo secondo il Regolamento EC 1272/2008 e la Direttiva 67/548/EC attualmente in vigore.

La bentonite non è separatamente classificata dall'Occupation Health and Safety Administration (OSHA) e non è stata classificata come cancerogeno dall'OSHA, dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) e dal Programma Tossicologico Nazionale (NTP).

La bentonite è esente dalla Registrazione REACH secondo l'allegato V.7. Una valutazione del rischio è stata condotta con la supervisione della European Bentonite Association (EUBA) e il risultato è che la bentonite non è una sostanza pericolosa. Perciò, in assenza di rischi identificati, l'impiego della sostanza è considerato sicuro.

Nelle bentoniti estese la presenza di composti organici polimerici o monomerici nei prodotti commerciali impiegati per la preparazione dei fanghi bentonitici provoca l'instaurarsi di interazioni fra la miscela e il terreno con cui entra in contatto, in particolare con la microflora e/o la microfauna. L'interazione può causare effetti eco-tossici a seconda della tipologia di interazione che si instaura in

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

funzione delle condizioni ambientali e del terreno, della presenza o meno di ossigeno disciolto, delle caratteristiche intrinseche dei composti presenti nella miscela bentonitica e della compresenza di determinati composti nello stesso ambiente, in parte o del tutto provenienti dalla miscela bentonitica e in parte dal terreno.

Nonostante non siano tossici, i polimeri sintetici a base di poliacrilati degradano molto lentamente e di conseguenza permangono nel materiale di scavo. Materiali semi-sintetici come le carbossimetilcellulose (CMC) o le cellulose polianioniche (PAC) degradano molto più velocemente e non sono tossiche. Recentemente è stato registrato un incremento dell'utilizzo di polimeri naturali biodegradabili, i quali sono però spesso trattati con biocidi per controllare il tasso di decomposizione e rallentare i fenomeni di degradazione delle caratteristiche fisiche e reologiche dei fluidi. Agenti condizionanti particolarmente sicuri dal punto di vista ambientale sono quelli basati su materiali naturali come la gomma Guar, gli Xanthani o i gel di semi di carruba.

In ogni caso, da questo punto di vista, non sembra ragionevole a priori estendere quanto inserito nei primi capoversi di questo paragrafo indistintamente a tutte le bentoniti intese come prodotti commerciali, includendo in questa categoria anche le bentoniti estese mediante l'aggiunta di polimeri sintetici o naturali.

Esiste in questi casi la possibilità di eseguire studi sperimentali finalizzati a definire potenziali effetti eco-tossicologici in relazione a specifici prodotti, applicazioni e terreni interessati.

Lo studio per individuare il possibile impatto ambientale delle miscele bentonitiche deve quindi partire dallo studio del materiale solido commerciale, analizzandone in primis parametri aggregati caratterizzanti, quali pH e carico organico totale (TOC). Successivamente si deve individuare l'eventuale presenza di metalli pesanti, che potrebbero essere presenti come "by-products" durante il processo di lavorazione del materiale (in quanto vengono impiegati come catalizzatori nella produzione degli additivi organici). Infine, una volta preparata la miscela bentonitica, è bene studiare le caratteristiche della fase liquida, dopo aver eseguito il processo di separazione liquido/solido, così da individuare eventuali fenomeni di trasporto di materia dal materiale solido alla fase liquida in contatto.

Gli additivi organici, comunemente denominati "polimeri", possono essere aggiunti anche durante la miscelazione della bentonite commerciale con l'acqua di miscelazione, per i motivi già brevemente discussi. La caratterizzazione di questi additivi risulta essere simile a quella eseguita sulla fase liquida della miscela bentonitica, in quanto prevede sia una fase di caratterizzazione chimica che ecotossicologica.

4.2 Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto

In base al DPR 120/2017 è possibile definire il terreno scavato quale sottoprodotto in funzione di determinate caratteristiche chimico-fisiche. Nel dettaglio, rispetto alla classe dei sottoprodotti, il DPR riporta quanto segue: il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 184-bis, comma

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

1, lettera d), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno delle terre e rocce da scavo, comprendenti anche gli additivi utilizzati per lo scavo, sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Qualora per consentire le operazioni di scavo sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti non comprese nella citata tabella, il soggetto proponente fornisce all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4.

Senza la pretesa di essere esaustivi in questo paragrafo si vuole sottolineare come, per quanto contenuto nel presente documento, nel caso delle bentoniti non estese, si può escludere la presenza di sostanze inquinanti e pertanto, ai fini della caratterizzazione come sottoprodotto, sarà sufficiente l'esecuzione dei test di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali previsti in ogni caso.

Nel caso in cui invece si volesse inserire la possibilità di utilizzo delle bentoniti estese, e in particolar modo per le bentoniti estese con polimeri di origine non naturale, in assenza di informazioni sul profilo eco-tossicologico dei citati polimeri, sembra più opportuno in via del tutto cautelativa riferirsi al caso in cui "sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti" e pertanto che il soggetto proponente fornisca all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4.

4.3 L'utilizzo di bentoniti nella realizzazione di pali e diaframmi

Nell'ambito della realizzazione di pali e diaframmi la bentonite è contenuta dal filter cake all'interno del foro scavato; lo strato di pochi millimetri di spessore (variabile a seconda della granulometria del terreno) infatti è proprio ciò che isola il foro e permette contestualmente la stabilizzazione dello stesso. **La tenuta del filter cake consente quindi di escludere anche fenomeni di interazione tra la bentonite e il terreno scavato all'interno del palo/diaframma con l'ambiente circostante.**

A questo proposito si deve ricordare come, nell'ingegneria ambientale, i pannelli di bentonite trovano una delle più apprezzate applicazioni proprio come sistemi di isolamento e contenimento degli inquinanti organici e inorganici.

Gli eventuali rischi legati all'utilizzo della bentonite si devono quindi andare a ricercare, non tanto durante le attività di realizzazione del palo o del diaframma, quanto nell'interazione con il terreno

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

scavato e nelle eventuali successive fasi di riutilizzo dello smarino e di smaltimento del fango bentonitico alla fine delle attività.

In questo senso l'unico elemento potenzialmente critico sembra legato all'utilizzo di bentoniti estese e, in particolare, ai prodotti estesi mediante polimeri di origine non naturale.

Nell'ambito della realizzazione dei pali e dei diaframmi, come specificato nei capitolati relativi a pali e micropali e relativi a paratie di pali, diaframmi e palancole di Italferr, le norme di riferimento riguardanti le proprietà dei fanghi stabilizzanti sono:

- UNI EN 1536:2015 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati";
- UNI EN 1538:2015 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi".

Vengono riportate nella sottostante Tabella 1 le caratteristiche della sospensione di bentonite fresca indicate dalle normative.

Tabella 1: Caratteristiche della sospensione di bentonite fresca indicate dalle normative

Proprietà	Valore	Unità di misura
Densità	< 1.10	g/cm ³
Viscosità Marsh	32 ÷ 50	s
Fluid loss	< 30	cm ³
pH	7 ÷ 11	-
Spessore filtercake	<3	mm

Ai fini della valutazione dell'impatto ambientale delle bentoniti utilizzate per queste attività è dirimente riuscire a determinare se tali applicazioni possono essere eseguite secondo le prescrizioni dei capitolati precedentemente citati utilizzando bentoniti non estese.

In merito, nei seguenti paragrafi sono stati raccolti dati sperimentali di letteratura acquisiti nell'ambito da attività di Ricerca svolte alla Sapienza utili a dimostrare che esistano bentoniti commerciali non estese in grado di garantire il soddisfacimento di tali requisiti senza la necessità di aggiungere polimeri o altri additivi di qualsiasi natura.

I dati proposti fanno riferimento a prodotti commerciali (Laviosa Bentosund 120 E e Laviosa Bentosund 120 ET) disponibili sul mercato e attualmente utilizzati per la realizzazione di pali e diaframmi. L'utilizzo di prodotti commerciali è finalizzato a dimostrare concretamente la possibilità di realizzare pali e diaframmi senza fare ricorso a bentoniti estese. Le successive fasi sperimentali dell'attività di Ricerca in corso contemplerà l'utilizzo di più prodotti commerciali da diversi fornitori.

4.3.1 Densità

In riferimento ad attività sperimentali condotte, sono riportati nella seguente Figura 4 i valori di densità ottenuti da prove eseguite su un fango costituito da bentonite sodica naturale (Laviosa Bentosund 120 ET) a diverse concentrazioni ed il limite imposto dalla normativa.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

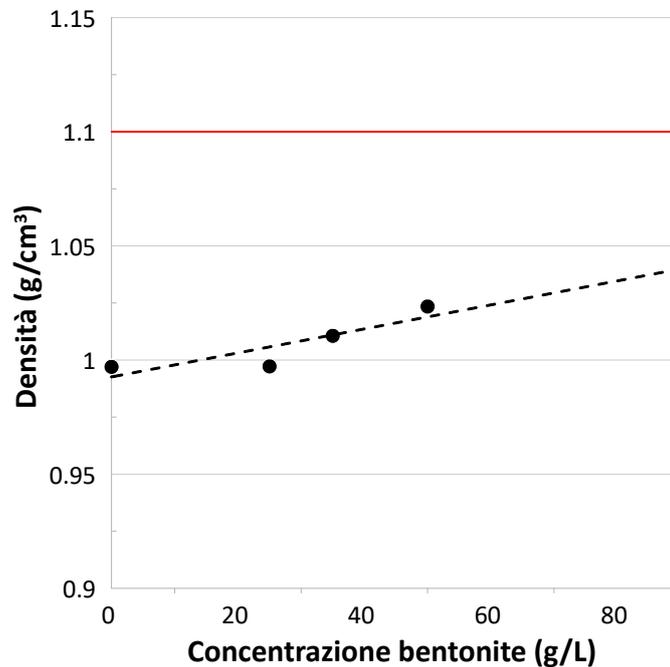


Figura 4: Valori di densità ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione lineare di tali valori e limite imposto dalla normativa.

Dai risultati ottenuti e dall'interpolazione effettuata è possibile osservare come i limiti di normativa siano ampiamente rispettati per le concentrazioni di bentonite sodica naturale testate pari a 25 g/L, 35 g/L e 50 g/L, corrispondenti alle percentuali in peso di 2.5%, 3.5% e 5% e fino a circa il 9%.

4.3.2 Viscosità Marsh

In riferimento ad attività sperimentali condotte, sono riportati nella seguente Figura 5 i valori di viscosità Marsh ottenuti da prove eseguite su un fango costituito da bentonite sodica naturale (Laviosa Bentosund 120 ET) a diverse concentrazioni e i limiti imposti dalla normativa.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

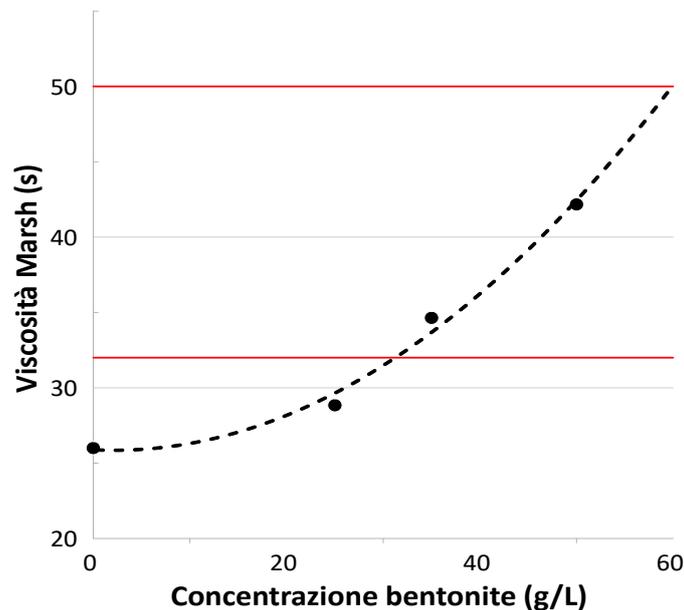


Figura 5: Valori di viscosità Marsh ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione polinomiale di tali valori e limite imposto dalla normativa.

Dai risultati ottenuti e dall'interpolazione effettuata è possibile osservare come per concentrazioni di bentonite sodica naturale comprese tra 32 g/L e 60 g/L (ovvero 3.2% e 6%) i limiti di normativa siano rispettati.

4.3.3 Fluid loss

Dalla scheda tecnica delle bentoniti sodiche naturali Laviosa Bentosund 120E ed ET, è possibile apprendere come, per una concentrazione pari al 5%, il fluid loss del fango bentonitico dopo 24 ore di maturazione sia rispettivamente compreso tra 20-25 e inferiore a 25 ml e dunque rispetti i limiti di normativa.

4.3.4 pH

In riferimento ad attività sperimentali condotte, è possibile osservare come il valore di pH ottenuto analizzando il liquido derivante dalla centrifugazione del fango bentonitico costituito da bentonite sodica naturale (Laviosa Bentosund 120 ET) ad una concentrazione del 4.5% risulti essere pari a 9.6 e dunque rispetti i limiti imposti dalla normativa.

Inoltre, dalla scheda tecnica delle bentoniti sodiche naturali Laviosa Bentosund 120E ed ET è possibile apprendere come, per una concentrazione pari al 5%, il valore di pH ottenibile dal fango bentonitico dopo 24 ore di maturazione sia rispettivamente compreso tra 8.5-10.5 e 7- 11 e dunque rispetti i limiti di normativa.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

4.3.5 Spessore del filtercake

Dalla scheda tecnica delle bentoniti sodiche naturali Laviosa Bentosund 120E ed ET è **possibile apprendere come, per una concentrazione pari al 5%, lo spessore del filtercake ottenibile dal fango bentonitico dopo 24 ore di maturazione sia rispettivamente compreso tra 1-1.5 e inferiore a 3 mm e dunque rispetti i limiti di normativa.**

4.3.6 Commenti

Appare quindi chiaro come sia appropriato, in questa fase progettuale fare riferimento alle bentoniti naturali in quanto è stata verificata l'esistenza di più di una bentonite naturale non estesa disponibile in commercio in grado di garantire il rispetto dei requisiti previsti dai capitolati e dalle normative di riferimento senza includere composti potenzialmente dannosi per l'ambiente. Questo rende non necessario l'utilizzo di bentoniti estese ai fini della realizzazione degli interventi previsti dal Progetto.

La possibilità di proporre, nelle successive fasi progettuali (Progettazione Esecutiva) l'utilizzo di bentoniti estese o di polimeri o additivi non è comunque da escludere ma si ritiene sia opportuno subordinare tale utilizzo, soprattutto nel caso di bentoniti estese con polimeri non naturali, allo svolgimento di studi di caratterizzazione chimica ed eco-tossicologica degli stessi finalizzata ad escludere effetti dannosi sull'ambiente.

5 Conclusioni

A conclusione della seguente trattazione, appare utile raccogliere alcuni dei punti più rilevanti raccolti nel presente documento.

- con bentonite si intende il nome commerciale di una serie di prodotti contenenti non meno del 60% e generalmente almeno il 70% di smectite (solitamente montmorillonite, fillosilicato di alluminio e magnesio) considerata, dal punto di vista geotecnico, ricadente nella categoria delle argille;
- per la restante parte le bentoniti naturali, o non estese, includono la presenza di altri minerali argillosi quali illite, caolinite, oltre che quarzo, cristobalite, zeolite, mica, feldspato e calcite, mentre nel caso delle bentoniti estese si trova inoltre l'aggiunta di additivi o polimeri naturali come amidi e cellulose, sintetici come i poliacrilati (PA), o ancora semi-sintetici come le carbossimetilcellulose (CMC) o le cellulose polianioniche (PAC);
- in commercio esistono diversi prodotti commerciali che rispondono al nome di "bentonite" tra i quali bentoniti calciche, magnesiache e sodiche, naturali ed estese (mediante l'aggiunta di polimeri naturali o sintetici);
- dal punto di vista dei rischi per la salute dell'uomo e dell'ambiente la bentonite:
 - o non è considerata pericolosa né per l'ambiente né per l'uomo secondo il Regolamento EC 1272/2008 e la Direttiva 67/548/EC attualmente in vigore;

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

- non è separatamente classificata dall'Occupation Health and Safety Administration (OSHA);
 - non è stata classificata come cancerogeno dall'OSHA, dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) e dal Programma Tossicologico Nazionale (NTP);
 - è esente dalla Registrazione REACH secondo l'allegato V.7;
 - è stata definita una sostanza non pericolosa a seguito di una valutazione del rischio condotta con la supervisione della European Bentonite Association (EUBA).
- nonostante non siano tossici, i polimeri sintetici presenti nelle bentoniti estese degradano molto lentamente e di conseguenza permangono nel materiale di scavo; i polimeri naturali basati su materiali naturali come gomma di Guar, Xanthani o gel di semi di carruba sono generalmente considerati particolarmente sicuri dal punto di vista ambientale;
 - la tenuta del filter cake che si crea al contorno del foro scavato necessaria alla corretta realizzazione di pali e diaframmi consente di escludere in ogni caso fenomeni di interazione tra la bentonite e il terreno scavato all'interno del palo/diaframma con l'ambiente circostante. Il meccanismo è concettualmente analogo a quello dei pannelli di bentonite che trovano una delle più apprezzate applicazioni proprio come sistemi di isolamento e contenimento degli inquinanti organici e inorganici;
 - nel caso delle bentoniti non estese, si può escludere la presenza di sostanze inquinanti e pertanto, ai fini della caratterizzazione come sottoprodotto, sarà sufficiente l'esecuzione dei test di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali;
 - nel caso invece delle bentoniti estese, e in particolar modo per le bentoniti estese con polimeri di origine sintetica o semi-sintetica, in assenza di informazioni sul profilo eco-tossicologico dei citati polimeri, sembra più opportuno in via del tutto cautelativa riferirsi al caso in cui "sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti" e pertanto che il soggetto proponente fornisca all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4;
 - esistono bentoniti naturali non estese disponibili in commercio in grado di garantire il rispetto dei requisiti dai capitolati e dalle normative di riferimento per la realizzazione di pali e diaframmi senza includere composti potenzialmente dannosi per l'ambiente; questo rende non necessario l'utilizzo di bentoniti estese ai fini della realizzazione degli interventi descritti.
 - la possibilità di proporre, nelle fasi successive della progettazione (Progetto Esecutivo), l'utilizzo di bentoniti estese o di polimeri o additivi per la realizzazione di pali e diaframmi non è comunque da escludere ma si ritiene sia opportuno subordinare tale utilizzo, soprattutto nel caso di bentoniti

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

estese con polimeri non naturali, allo svolgimento di studi di caratterizzazione chimica ed ecotossicologica degli stessi finalizzata ad escludere effetti dannosi sull'ambiente.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

6 Bibliografia

- Bohnoff G., Shackelford C., Malusius M., Scalia J., Benson C., Edil T., Di Emidio G., Katsumi T., Mazzieri F., "Novel bentonites for containment barrier applications", 2013.
- Decreto legislativo 3 aprile 2006 numero 152, "Norme in materia ambientale (DL 152/06)", 2006.
- Decreto del presidente della Repubblica 13 giugno 2017 numero 120, "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo (DPR 120/17)", 2017.
- Ente Italiano di Normazione, "Esecuzione dei lavori geotecnici speciali – Pali trivellati (UNI EN 1536:2015)", 2015.
- Ente Italiano di Normazione, "Esecuzione dei lavori geotecnici speciali – Diaframmi (UNI EN 1538:2015)", 2015.
- Ente Italiano di Normazione, "Industrie del petrolio e del gas naturale – Materiali per fluidi di perforazione – Specificazioni e prove (UNI EN ISO 13500:2011)", 2011.
- Inglethorpe S. D. J., Morgan D. J., Highley D. E., Bloodworth A. J., "Industrial Minerals Laboratory Manual: Bentonite", 1993.
- Karagüzel C., Çetinel T., Boylu F., Çinku K., Çelik M. S., "Activation of (Na, Ca)-bentonites with soda and MgO and their utilization as drilling mud", 2010.
- Laviosa Chimica Mineraria SpA, "Bentosund 120 E Technical Data Sheet".
- Laviosa Chimica Mineraria SpA, "Bentosund 120 ET Technical Data Sheet".
- Luckham P. F., Rossi S., "The colloidal and rheological properties of bentonite suspensions", 1999.
- Mewis J., Wagner N. J., "Thixotropy", 2009.
- Miliziano S., Mascarucci Y., Rotisciani G. M., Sacconi S., Marcellino P., "Pali trivellati", 2019.
- Milligan G., "Lubrication and soil conditioning in tunnelling, pipe jacking and microtunnelling", 2000.
- Singh Dhiman A., "Rheological properties and corrosion characteristics of drilling mud additives", 2012.