

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. INGEGNERIA AMBIENTALE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO

Relazione generale

SCALA:

-


COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I Q 0 1 0 1 R 5 2 R G T A 0 0 0 0 0 0 2 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione per recepire richieste RFI e CSLPP	A. Colonna	Dicembre 2023	S.Viglietta	Dicembre 2023	L.Martinelli	Dicembre 2023	S. Padulosi Marzo 2024 ITALFERR S.p.A. Ing. Padulosi Ordine degli Ingegneri di n. 25827 sez. A	
B	Emissione recepimento osservazioni Dibattito Pubblico	A. Colonna	Marzo 2024	S.Viglietta	Marzo 2024	L.Martinelli	Marzo 2024		


File: IQ0101R52RGTA0000002B

n. Elab.:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA</p> <p>QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA</p>												
<p>PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DA SCAVO</p> <p>Relazione generale</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>2 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	2 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	2 di 86								

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
2.1	DEFINIZIONE E CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ DEL D.P.R. 120/17	10
3	CONFORMITA' DEL PIANO DI UTILIZZO ALL'ALLEGATO 5 DEL DPR 120/2017	15
4	SITI DI PRODUZIONE	18
4.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E TOPO-CARTOGRAFICO	18
4.1.1	<i>Caratteristiche del progetto</i>	<i>20</i>
4.1.2	<i>Descrizione delle fasi esecutive dei lavori.....</i>	<i>24</i>
4.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	29
4.2.1	<i>Inquadramento geologico</i>	<i>29</i>
4.2.2	<i>Inquadramento geomorfologico.....</i>	<i>38</i>
4.2.3	<i>Inquadramento idrogeologico.....</i>	<i>38</i>
4.2.4	<i>Cartografia del piano stralcio per l'assetto idrogeologico.....</i>	<i>41</i>
4.3	USO PREGRESSO DEL SITO ED INTERFERENZE CON AREE A RISCHIO CONTAMINAZIONE ..	45
4.3.1	<i>Fonti conoscitive.....</i>	<i>45</i>
4.3.2	<i>Siti di interesse nazionale (sin) e regionale (sir)</i>	<i>45</i>
4.3.3	<i>Siti contaminati e potenzialmente contaminati</i>	<i>48</i>
4.4	CAMPIONAMENTO ED ANALISI	54
4.4.1	<i>Indagini ambientali sui terreni lungolinea</i>	<i>55</i>
5	METODICHE DI SCAVO, ANALISI E OPERAZIONI SUI SOTTOPRODOTTI.....	61
5.1	TECNICHE DI SCAVO.....	61
5.1.1	<i>Scavo Tradizionale.....</i>	<i>61</i>

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 3 di 86


5.1.2	Fondazioni e opere di sostegno	61
5.2	QUADRO DEI MATERIALI DI SCAVO PRODOTTI	61
5.3	TRATTAMENTI NORMALE PRATICA INDUSTRIALE	63
5.4	ATTIVITA' DI CONTROLLO E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	63
5.4.1	Modalità di caratterizzazione dei materiali di scavo	64
5.4.2	Rispetto dei requisiti di qualità ambientale.....	66
5.4.3	Monitoraggio ambientale connesso al Piano di utilizzo (CO).....	67
6	SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO	70
6.1	IL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE	70
6.2	MODALITÀ DI DEPOSITO DEI MATERIALI DI SCAVO.....	74
6.3	MODALITÀ DI TRASPORTO	76
6.4	CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO.....	77
7	SITI DI DEPOSITO FINALE.....	78
7.1	RIUTILIZZO FINALE INTERNO AL PROGETTO	79
7.2	RIUTILIZZO FINALE ESTERNO AL PROGETTO	80
7.3	CARATTERIZZAZIONE DEI SITI DI DEPOSITO FINALE INDIVIDUATI.....	82
7.4	EFFICACIA DEL PIANO DI UTILIZZO	82

ALLEGATI

Allegato 1: Quantitativi di materiali di scavo prodotti e Tabella di riutilizzo

Allegato 2: Cronoprogramma lavori

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.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 4 di 86

1 INTRODUZIONE

Il presente documento rappresenta il Piano di Utilizzo dei materiali di scavo (di seguito PUT), redatto secondo le indicazioni del Decreto del Presidente della Repubblica del 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”* e si prefigge lo scopo di rappresentare le modalità di gestione e di utilizzo dei materiali da scavo prodotti nell’ambito dei lavori di realizzazione delle opere relative al progetto di quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera, che si inquadra nel quadro complessivo degli interventi previsti nello scenario di potenziamento dell’offerta ferroviaria delle direttrici Milano-Genova e Torino-Alessandria-Piacenza. Nell’ambito dei Progetti per il Piano Lombardia ed al fine di dare continuità all’attivazione del Terzo Valico dei Giovi, RFI ha valutato l’opportunità di effettuare un potenziamento infrastrutturale del corridoio Milano – Genova, includendo negli interventi da realizzare anche il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera.

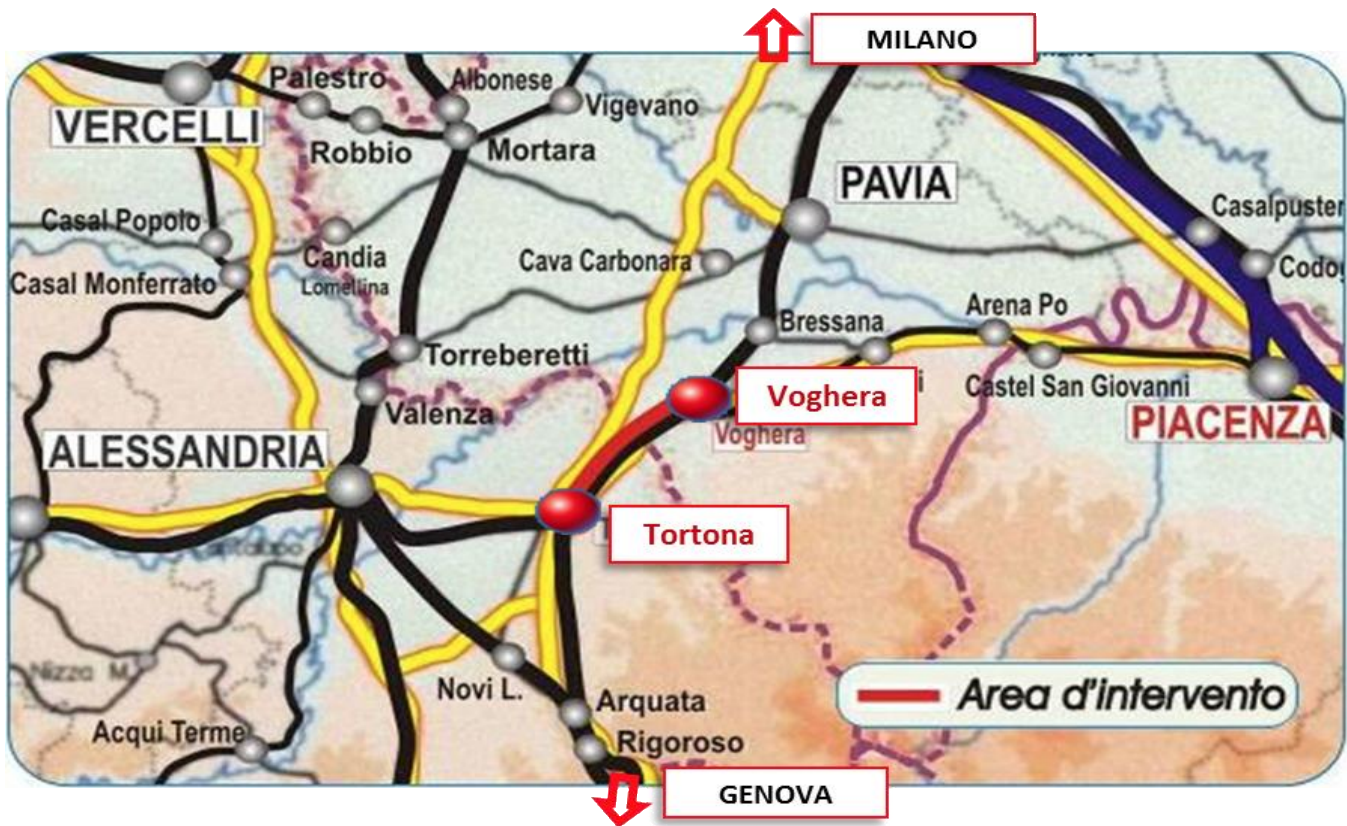



Figura 1 - Inquadramento del progetto

Il quadruplicamento tra Tortona e Voghera permetterà di disporre della capacità necessaria per soddisfare gli incrementi di traffico sulle due direttrici. Il layout infrastrutturale di progetto consentirà una separazione dei flussi di traffico tra i collegamenti Torino/Alessandria - Piacenza e le relazioni Milano - Genova, garantendo una riduzione delle interferenze negli impianti, a beneficio di un incremento complessivo della regolarità di circolazione.

In particolare, è prevista in progetto un'opera di scavalco che consentirà di instradare i treni provenienti da Genova (via TVG)/Alessandria e diretti verso Piacenza sulla "linea Piacenza" senza interferire con i treni provenienti da Milano e diretti verso Genova (via TVG)/Alessandria, che costituiscono il flusso principale secondo il nuovo modello di esercizio. Con quest'opera, da un lato si eliminano le interferenze sulla "linea Milano" in stazione di Tortona, dall'altro si consente una più equa ripartizione dei flussi sui quattro binari.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 6 di 86

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova coppia di binari tra la Stazione di Tortona e di Voghera, in affiancamento a quella esistente, per un'estesa di circa 16 km.

Il perimetro dell'intervento riguarda la tratta Tortona (esclusa) – Voghera (esclusa). Gli interventi previsti negli impianti di Tortona e Voghera sono minimali e atti ad accogliere i nuovi binari di quadruplicamento.


È previsto l'adeguamento della fermata di Pontecurone per l'inserimento dei due nuovi binari e di conseguenza saranno adeguati a STI i marciapiedi a servizio viaggiatori (altezza pari a H=55 cm e lunghezza utile di 250 m).

Tutto ciò premesso, il presente Piano di Utilizzo delle Terre e rocce di scavo (PUT) è stato redatto per descrivere la gestione di tali materiali prodotti dai lavori di realizzazione dell'opera in progetto appena descritta.

Il Piano di Utilizzo, redatto secondo le indicazioni di cui all'Allegato 5 del Decreto sopra citato e secondo le "Linee Guida sull'applicazione della disciplina l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" del nuovo manuale pubblicato dal Consiglio del SNPA (Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale), con delibera n. 54/2019 di approvazione, costituisce parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e descrive le modalità di gestione dei materiali da scavo prodotti dai lavori di realizzazione dell'opera ferroviaria. In particolare, il documento indica le quantità e le modalità di gestione delle terre e dei materiali che si originano nell'ambito delle attività di realizzazione delle opere, nelle fasi di produzione, trasporto ed utilizzo, nonché il processo di tracciabilità dei materiali dai siti di produzione ai siti di deposito intermedio ed ai siti di destinazione.

Il documento, pertanto, contiene le informazioni necessarie ad appurare che i materiali derivanti dalle operazioni di scavo eseguite per la realizzazione dell'opera in progetto rispondano ai criteri dettati dal Regolamento e stabiliti sulla base delle condizioni previste dall'art. 184bis, comma 1 del D.Lgs. n. 152 del 2006 e ss.mm.ii., in modo da poter essere escluse dal regime normativo dei rifiuti e quindi essere gestite come sottoprodotti ai sensi dell'art. 183, comma 1, lett. qq) del Decreto.


Tale approccio risponde all'esigenza di migliorare l'uso delle risorse naturali limitando, di fatto, il ricorso all'approvvigionamento di materiali da cava, e di prevenire, nel rispetto dell'art. 179, comma 1, del D.Lgs. n. 152 del 2006 e ss.mm.ii, la produzione di rifiuti.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 7 di 86


2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il Piano di Utilizzo dei materiali di scavo è stato redatto in conformità al D.P.R 120/2017. Tuttavia, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, si riportano di seguito le principali disposizioni normative nazionali e locali applicabili alle finalità del presente studio.


- **Decreto Legislativo del 3 settembre 2020, n. 121** - Attuazione della direttiva (UE) 2018/850, che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti;
- **Decreto-Legge 16 luglio 2020, n. 76** – testo coordinato con la legge di conversione 11 settembre 2020, n. 120 (in questo stesso S.O.), recante: «Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale.»
- **Delibera del 9 maggio 2019, n. 54** – Approvazione del manuale "Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo";
- **Decreto Ministero dell'Ambiente del 1 marzo 2019, n. 46** - Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
- **Decreto del Presidente della Repubblica del 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 del 11 novembre 2014, n. 164** - "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 12 settembre 2014, n. 133 (c.d. Decreto Sblocca Italia) - "Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive";
- **Legge del 11 agosto 2014, n. 116** - "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 24 giugno 2014, n. 91, recante disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea";

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>8 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	8 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	8 di 86								

- Decreto del Ministero dell'Ambiente del 3 giugno 2014, n. 120** - competenze e funzionamento dell'Albo Gestori Ambientali;
- Decreto Legge 31 maggio 2014, n. 83 (c.d. Decreto Cultura)** - recante "Disposizioni urgenti per la tutela del patrimonio culturale, lo sviluppo della cultura e il rilancio del turismo";
- Decreto legge 31 agosto 2013 n. 101** - Termine iniziale di operatività del SISTRI al 1° ottobre 2013;
- Legge del 9 agosto 2013, n. 98** - "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69 (c.d. Del Fare), recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia";
- Legge del 24 giugno 2013, n. 71** - "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 26 aprile 2013, n. 43 recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'area industriale di Piombino, di contrasto ad emergenze ambientali, in favore delle zone terremotate del maggio 2012 e per accelerare la ricostruzione in Abruzzo e la realizzazione degli interventi per Expo 2015. Trasferimento di funzioni in materia di turismo e disposizioni sulla composizione del CIPE";
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare prot. 0000096 del 20 marzo 2013** "Definizione termini iniziali di operatività del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI)";
- Decreto 14 febbraio 2013, n. 22** "Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di determinate tipologie di combustibili solidi secondari (CSS), ai sensi dell'articolo 184 -ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni";
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare 11 gennaio 2013** - derubricazione SIN;
- Legge 24 marzo 2012, n. 28** - "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n.2, recante misure straordinarie ed urgenti in materia ambientale";
- Decreto Ministeriale 22 dicembre 2010** - "Modifiche ed integrazioni al decreto 17 dicembre 2009, recante l'istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti";

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>9 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	9 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	9 di 86								


- Decreto Legislativo 3 dicembre 2010, n. 205** - "Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive";
- Decreto Ministeriale 27 settembre 2010** - "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005";
- Decreto Legislativo 29 giugno 2010, n. 128** - "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69";
- Legge 27 febbraio 2009, n. 13** - "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 dicembre 2008, n. 208, recante misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente";
- Legge 28 gennaio 2009, n. 2** - "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 29 novembre 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";
- Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4** - "Ulteriori disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 152, recante norme in materia ambientale";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152** - "Norme in materia Ambientale". Il D.Lgs. recepisce in toto l'articolato del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n. 22 relativamente ai rifiuti;
- Decreto Ministeriale 29 luglio 2004, n. 248** - "Disciplina delle attività di recupero, trattamento e smaltimento dei beni di amianto e prodotti contenenti amianto";
- Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, n. 36** - "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti";
- Legge 23 marzo 2001, n. 93** - Disposizioni in campo ambientale (collegato ambientale) pubblicata sulla Gazzetta ufficiale del 4 aprile 2001 n. 79;

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>10 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	10 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	10 di 86								


- Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998** – Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22;
- Decreto Ministeriale 5 aprile 2006, n. 186** - Decreto di modifica del Decreto Ministeriale 5/2/98 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5.2.97, n. 22";
- Deliberazione 27 luglio 1984** - Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti;
- Legge 22 luglio 1975, n. 382** - "Norme sull'ordinamento regionale e sulla organizzazione della Pubblica Amministrazione" - legge delega al Governo;
- Decreti del 1972 (n. 3 del 14 gennaio) e del 1977 (n. 616 del 24 luglio)**, in seguito ai quali le cave rientrano tra le materie di competenza delle regioni, che possono così emanare leggi autonome in materia, pur nel rispetto della normativa nazionale;
- D.P.R 24 luglio 1977, n. 616** - "Attuazione della delega di cui all'art.1 della legge 22 luglio 1975, n. 382 (art. 62)", è stato attuato il trasferimento delle competenze in materia "cave e torbiere" dallo Stato alle Regioni;
- Regio Decreto 29 luglio 1927, n. 1443** che distingue le attività estrattive di cava e di miniera in relazione alla tipologia di materiale estratto

2.1 DEFINIZIONE E CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ DEL D.P.R. 120/17

Con particolare riferimento all'applicazione del D.P.R. 120/2017 e a quanto riportato all'art. 2 (Definizioni) comma 1 dello stesso, si riportano di seguito gli elementi chiave inerenti alla gestione delle terre e rocce da scavo in qualità di sottoprodotti provenienti dall'opera ferroviaria in progetto:

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 11 di 86

- si considerano lavori, tutte le attività di costruzione, scavo, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro e manutenzione relativi alla realizzazione del quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera della Linea Milano-Genova;
 - si considera come opera, ai sensi dell'art. 2 del D.P.R. 120/2017, l'insieme dei lavori di costruzione del quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera della Linea Milano-Genova;
 - sono considerate terre e rocce da scavo tutti i materiali derivanti dagli scavi finalizzati alla realizzazione dell'opera ferroviaria, anche contenenti materiali antropici, conformi ai limiti di cui alle colonne A e B, Tabella 1, allegato 5 alla parte IV del D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii; le terre e rocce da scavo sono costituite da suolo derivante da attività di scavo attraverso tradizionali mezzi meccanici con l'utilizzo di materiali per il consolidamento delle opere di fondazione;
 - l'Autorità Competente di cui all'art. 5, comma 1, lettera o) del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. è identificata nel Ministero della Transizione Ecologica;
 - i siti di produzione in cui sono generate le terre e rocce da scavo, sono le wbs/parti d'opera in cui è stata suddivisa l'opera, in funzione della loro ubicazione, così come individuati nel presente Piano di Utilizzo;
 - i siti di deposito intermedio previsti sono i cantieri operativi CO-01 e CO-02, le aree di stoccaggio denominate AS.01, AS.02, AS.04, AS.05, AS.06, i siti di deposito terre denominati DT.01.
 - i siti di destinazione sono wbs/parti d'opera facenti parte dell'opera stessa o siti esterni in cui il sottoprodotto verrà utilizzato come di seguito individuati;
 - il Proponente che presenta il Piano di Utilizzo è RFI S.p.A. (di cui Italferr S.p.A. rappresenta il soggetto tecnico);
 - il Produttore delle terre e rocce da scavo, sarà il soggetto (o più soggetti) incaricato da RFI S.p.A. affidatario dei lavori.
 - l'Esecutore che attuerà il Piano di Utilizzo sarà il Produttore delle terre e rocce da scavo per le wbs/parti d'opera interne al cantiere nonché il soggetto (o più soggetti) incaricato da RFI S.p.A. e il Proprietario/Gestore dei siti di destinazione finale esterni.
- Inoltre, in riferimento a quanto previsto dall'art. 4 (Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti) del D.P.R. 120/2017 si riportano di seguito i requisiti che le terre


	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>12 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	12 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	12 di 86								

e rocce da scavo oggetto del presente Piano di Utilizzo soddisfano per essere qualificate sottoprodotti, in dettaglio:

- le terre e rocce da scavo saranno prodotte dai lavori di realizzazione del quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera della Linea Milano-Genova, il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- le terre e rocce da scavo prodotte saranno utilizzate secondo quanto definito nel presente Piano di Utilizzo in parte per la formazione di opere in terra e/o di opere di rinverdimento e mitigazione ambientale nell'ambito dei lavori in oggetto ed in parte per il rimodellamento dei siti di deposito definitivi individuati nel presente documento;
- le terre e rocce da scavo sono idonee ad essere utilizzate direttamente al termine del ciclo di produzione senza alcun ulteriore trattamento diverso dalle operazioni di normale pratica industriale descritte successivamente;
- come riportato di seguito nel presente documento sulla base delle indagini di caratterizzazione ambientale ad oggi eseguite, il materiale da scavo soddisfa i requisiti di qualità ambientale secondo l'Allegato 4 del suddetto Decreto, riportante le *"Procedure di caratterizzazione chimico-fisica e accertamento delle qualità ambientali"*. Tali requisiti verranno inoltre confermati attraverso le ulteriori indagini che verranno eseguite in corso d'opera ai sensi dell'Allegato 9 *"Procedure di campionamento in corso d'opera e per i controlli e per le ispezioni"*.

Il comma 3 definisce sia la percentuale in peso pari al 20% massimo di componente antropico possibile presente affinché una terra e roccia da scavo possa essere qualificata come riporto e quindi come sottoprodotto, nonché quali sono i parametri di qualità ambientale per tali materiali oltre ai requisiti già fissati al comma 2.

Pertanto, in caso di scavo di materiale di riporto, suddetti requisiti saranno verificati rispettivamente secondo la metodica riportata in Allegato 10 del Decreto, ed effettuato il Test di Cessione secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero», pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>13 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	13 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	13 di 86								

sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo.


In caso di terre e rocce da scavo contenenti amianto presente in affioramenti geologici naturali, come definito al comma 4, il limite applicabile per tale parametro ai fini del loro utilizzo quali sottoprodotti è riferito alla Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo n. 152 del 2006, secondo quanto previsto dall'allegato 4 al presente regolamento. Il parametro amianto è escluso dall'applicazione del test di cessione.

Il comma 5 del suddetto articolo afferma inoltre che *"La sussistenza delle condizioni di cui al comma 2 del presente articolo è comprovata dal proponente tramite il Piano di Utilizzo"*.


Relativamente alle condizioni di applicabilità del D.P.R. 120/2017, si precisa che in fase di Progetto di Fattibilità tecnico-economica e di redazione del presente PUT si è posta particolare attenzione nell'individuazione dei siti di deposito intermedio, dove le terre e rocce da scavo verranno temporaneamente depositate in attesa del loro trasferimento al sito di destinazione finale, aventi una capacità complessiva tale da assicurare il deposito delle stesse in qualità di sottoprodotti, anche nel caso in cui la possibilità di dare esecuzione al Piano di Utilizzo venisse meno in corso d'opera per eventi eccezionali quali, per esempio: la rescissione del contratto o il fallimento dell'Esecutore del PUT, la necessità di riappaltare l'opera secondo le onerose procedure previste dalla normativa vigente in materia di opere pubbliche, la sopraggiunta indisponibilità di uno o più siti di destinazione finale dei sottoprodotti individuati nel PUT, ecc.

Appare evidente, infatti, che qualora si verificasse una o più delle suddette ipotesi, le terre e rocce da scavo oggetto del presente PUT non risulteranno "abbandonate" e pertanto non vi sarà alcuna volontà di disfarsene da parte del Produttore o del Proponente del PUT; essendo del tutto assente, pertanto, il requisito soggettivo inerente la volontà di disfarsi del bene - necessario per la qualifica in qualità di rifiuti - le terre e rocce da scavo continueranno ad essere gestite in qualità di sottoprodotti in attesa di presentare all'Autorità Competente, ove necessario, un'eventuale Variante al PUT approvato ai sensi dell'art. 15 del D.P.R. 120/2017.

Occorre infine precisare che il Programma Lavori relativo alle opere in progetto potrà essere dettagliato solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>14 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	14 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	14 di 86								

specifiche esigenze operative di cantiere, pertanto ai fini della completa tracciabilità dei materiali di scavo, le eventuali modifiche rispetto a quanto previsto all'interno del presente PUT - anche se ritenute non sostanziali né comportanti Varianti al PUT (ridistribuzione dei riutilizzi interni senza variazione dei quantitativi in gioco, redistribuzione dei sottoprodotti nelle diverse aree di stoccaggio, dettaglio sul conferimento dei materiali di scavo provenienti dalla tratta in esecuzione) verranno opportunamente comunicate all'Autorità Competente.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>15 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	15 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	15 di 86								

3 CONFORMITA' DEL PIANO DI UTILIZZO ALL'ALLEGATO 5 DEL DPR 120/2017

Il Piano di Utilizzo è stato pertanto redatto sulla base dei contenuti richiesti dall'Allegato 5 del D.P.R. 120/2017; ad evidenza di quanto affermato si riporta di seguito la puntuale corrispondenza delle tematiche affrontate nel PUT e negli elaborati tecnici ad esso allegati ai singoli contenuti richiesti dall'Allegato 5 del D.P.R. 120/2017.

Secondo quanto previsto dal suddetto allegato *"Il Piano di Utilizzo indica che i materiali da scavo derivanti dalla realizzazione di opere o attività manutentive di cui all'articolo 1, comma 1 lettera a) del presente regolamento saranno utilizzate, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi purché esplicitamente indicato"*.

Nel dettaglio il piano di utilizzo indica:

- 1. l'ubicazione dei siti di produzione delle terre e rocce da scavo con l'indicazione dei relativi volumi in banco suddivisi nelle diverse litologie;*


Nel presente Piano di Utilizzo il tema è affrontato nel Cap. 4 e documento correlato *"Schede Tecniche dei Siti di Produzione – IQ0101R52SHTA0000001"*;

- 2. l'ubicazione dei siti di destinazione e l'individuazione dei cicli produttivi di destinazione delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti, con l'indicazione dei relativi volumi di utilizzo suddivisi nelle diverse tipologie e sulla base della provenienza dai vari siti di produzione. I siti e i cicli produttivi di destinazione possono essere alternativi tra loro;*

L'ubicazione dei siti di destinazione delle terre e rocce da scavo nonché gli approfondimenti tecnici -degli stessi, sono riportati nei Cap. 6 e 7 e documenti correlati *"Schede tecniche dei siti di deposito intermedio – IQ0101R52SHTA0000002"* e *"Schede tecniche dei siti di deposito finale – IQ0101R52SHTA0000003"*.

Si precisa che non sono previsti cicli produttivi di destinazione delle terre e rocce da scavo.

- 3. le operazioni di normale pratica industriale finalizzate a migliorare le caratteristiche merceologiche, tecniche e prestazionali delle terre e rocce da scavo per il loro utilizzo, con riferimento a quanto indicato all'allegato 3;*

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 16 di 86

All'interno del Piano di Utilizzo il tema è affrontato nel Cap. 5, qualora si renda necessario si possono prevedere trattamenti di normale pratica industriale quali selezione granulometrica, riduzione volumetrica e stesa al suolo sulle terre e rocce da scavo.

4. *le modalità di esecuzione e le risultanze della caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo eseguita in fase progettuale in conformità alle previsioni degli allegati 1, 2 e 4, precisando in particolare:*

- *i risultati dell'indagine conoscitiva dell'area di intervento (ad esempio, fonti bibliografiche, studi pregressi, fonti cartografiche) con particolare attenzione alle attività antropiche svolte nel sito o di caratteristiche geologiche-idrogeologiche naturali dei siti che possono comportare la presenza di materiali con sostanze specifiche;*

Nel presente Piano di Utilizzo il tema è affrontato nel Cap. 4 e documento correlato "Schede Tecniche dei Siti di Produzione – IQ0101R52SHTA0000001";

- *le modalità di campionamento, preparazione dei campioni e analisi con indicazione del set dei parametri analitici considerati che tenga conto della composizione naturale delle terre e rocce da scavo, delle attività antropiche pregresse svolte nel sito di produzione e delle tecniche di scavo che si prevede di adottare, esplicitando quanto indicato agli allegati 2 e 4;*


Nel presente Piano di Utilizzo il tema è affrontato nel CAP. 4 e 5 e documento correlato "Schede Tecniche dei Siti di Produzione – IQ0101R52SHTA0000001";

- *la necessità o meno di ulteriori approfondimenti in corso d'opera e i relativi criteri generali da seguire, secondo quanto indicato nell'allegato 9, parte A;*

Nel Piano di Utilizzo, al par. 5.4, sono stati riportati i criteri generali di esecuzione della caratterizzazione in corso d'opera, conformemente a quanto stabilito dall'Allegato 9 del D.P.R.;

5. *l'ubicazione degli eventuali siti di deposito intermedio in attesa di utilizzo, anche alternativi tra loro, con l'indicazione della classe di destinazione d'uso urbanistica e i tempi del deposito per ciascun sito;*

All'interno del Piano di Utilizzo, nel documento correlato "Schede tecniche dei siti di deposito intermedio – IQ0101R52SHTA0000002" e nel cap. 6 si riporta l'ubicazione dei siti

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 17 di 86


di deposito temporaneo, delle aree tecniche e delle aree di stoccaggio nonché l'indicazione delle classi di destinazione urbanistica e i tempi di deposito.

6. *i percorsi previsti per il trasporto delle terre e rocce da scavo tra le diverse aree impiegate nel processo di gestione (siti di produzione, aree di caratterizzazione, siti di deposito intermedio, siti di destinazione e processi industriali di impiego), nonché delle modalità di trasporto previste (ad esempio, a mezzo strada, ferrovia, slurrydotto, nastro trasportatore);*

All'interno del Piano di Utilizzo, le modalità di trasporto previste per la movimentazione delle terre e rocce da scavo dai siti di produzione, depositi intermedi e siti di destinazione sono descritte nel cap. 6 e nei documenti correlati "Schede tecniche dei siti di deposito intermedio - IQ0101R52SHTA0000002" e "Corografia viabilità di conferimento ai siti di destinazione finale - IQ0101R52CZTA0000001".

Al fine di esplicitare quanto richiesto, i punti 1. 2. 3. 4. e 5. e 6. sono esplicitati nei documenti correlati:

- IQ0101R52SHTA0000001 "Piano di Utilizzo - Schede tecniche dei siti di produzione"
- IQ0101R52SHTA0000002 "Piano di Utilizzo - Schede tecniche dei siti di deposito intermedio"
- IQ0101R52SHTA0000003 "Piano di Utilizzo - Schede tecniche dei siti di deposito finale"
- IQ0101R52CZTA0000001 "Corografia viabilità di conferimento ai siti di destinazione finale"

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 18 di 86

4 SITI DI PRODUZIONE

Al fine di fornire un quadro completo delle caratteristiche dei siti di produzione delle terre di seguito si riportano le seguenti informazioni:

- Inquadramento territoriale e topo-cartografico
- Inquadramento geologico ed idrogeologico
- Uso pregresso del sito ed interferenze con aree a rischio contaminazione
- Campionamento e analisi

Ulteriori dettagli sui singoli siti di produzione delle terre sono riportati nelle schede cartografiche (doc. correlato IQ0101R52SHTA0000001A "*Piano di Utilizzo – Schede tecniche dei siti di produzione*") che comprendono:

- Schede cartografiche dei siti di produzione
- Stratigrafie
- Ubicazione punti di indagine suolo e sottosuolo
- Tabelle riepilogative e rapporti di prova indagini di caratterizzazione ambientale Terreni.

4.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E TOPO-CARTOGRAFICO

L'area oggetto di studio si colloca nel settore centro-occidentale della Pianura Padana, non lontano dalle prime propaggini collinari dell'Appennino, tra la parte sud-occidentale della Lombardia e quella sud-orientale del Piemonte. Le aree interessate dagli interventi in esame si sviluppano a ridosso della Linea Ferroviaria Milano Genova, a cavallo dei confini regionali che separano il Piemonte e la Lombardia, ricadendo, in Provincia di Alessandria (Piemonte), nei territori comunali di Tortona e Pontecurone e, in provincia di Pavia (Lombardia), nel Comune di Voghera. Non interessati direttamente dagli interventi ma immediatamente limitrofi ad essi sono, invece, i territori dei comuni di Viguzzolo (AL) e Castelnuovo Scivina (AL). Il corridoio coinvolto, con uno sviluppo di circa 16 km, interessa le aree residenziali e produttive poste in corrispondenza dei capoluoghi dei tre comuni attraversati e le zone a vocazione agricola che vi si frappongono.



VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA

QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO

Relazione generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	19 di 86



Figura 2 - Inquadramento amministrativo dell'intervento


4.1.1 Caratteristiche del progetto

La tratta in oggetto si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 16.2 km nell'ambito territoriale delle province di Alessandria e Pavia.

L'intervento ha origine dalle curve di ingresso della stazione di Tortona lato Ovest e termina nei pressi della radice lato Tortona della stazione di Voghera.

L'intervento prevede:

- il quadruplicamento in affiancamento ai binari della linea Tortona – Voghera ed il mantenimento con parziale adeguamento della linea storica;
- interventi minimali presso gli impianti di Tortona e Voghera, finalizzati ad accogliere i nuovi binari di quadruplicamento.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 21 di 86

- un'opera di scavalco della linea Genova-Milano sulla linea Alessandria-Piacenza;
- la sistemazione della fermata di Pontecurone;
- la realizzazione di 4 fabbricati tecnologici per l'inserimento e la gestione degli enti di stazione e di linea;
- la sola demolizione della linea primaria già dismessa.

Il tracciato di progetto si sviluppa completamente, ad eccezione delle aree interessate da risoluzione di interferenze viarie od idrauliche e dell'area dello scavalco, in rilevato. Il piano del ferro nei tratti in rilevato presenta altezze medie sul piano campagna circostante comprese tra 0,5 e 1,5 m.



Figura 3 - Inquadramento dell'intervento su ortofoto (Google Earth) – 1 di 4



Figura 4 - Inquadramento dell'intervento su ortofoto (Google Earth) – 2 di 4



Figura 5 - Inquadramento dell'intervento su ortofoto (Google Earth) - 3 di 4



Figura 6 - Inquadramento dell'intervento su ortofoto (Google Earth) - 4 di 4

La sede ferroviaria del quadruplicamento si sviluppa in allargamento rispetto a quella esistente. L'allargamento, lungo lo sviluppo del progetto, assume interassi pari a 4.00m (in uscita da Tortona), 8.60m (interasse standard del presente quadruplicamento), 7.60m (in entrata a Voghera). Ci sono anche situazioni in cui il quadruplicamento, per esigenze di tracciato, è su sede propria.

Lo smaltimento delle acque meteoriche raccolte dalla nuova sede ferroviaria e dalla semipiattaforma esistente avverrà, per questo motivo, solo nell'area posta a nord.

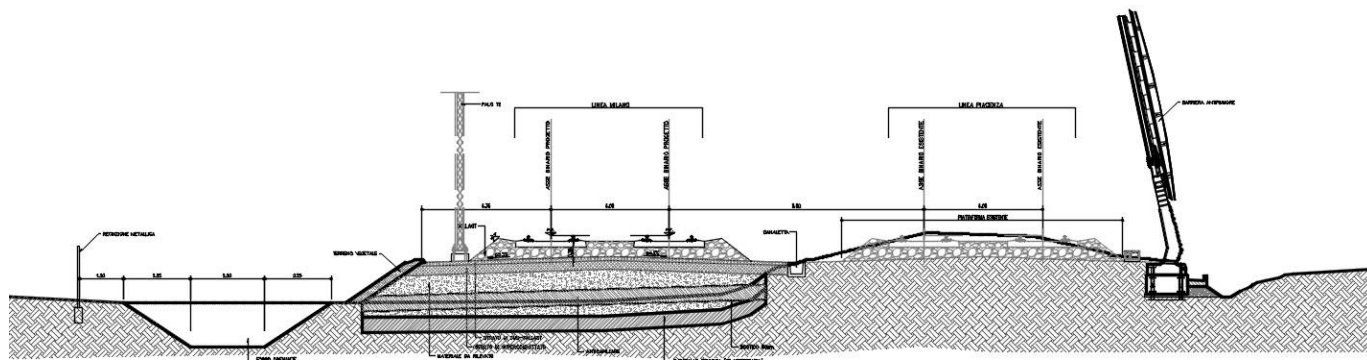



Figura 7 - Sezione tipo in rilevato

Di seguito si riporta un riepilogo delle principali opere ferroviarie di linea previste in progetto:

- SL01 RIFACIMENTO SOTTOVIA CARLO ROMAGNOLO AL KM 55+774.49
- SL02 PROLUNGAMENTO SOTTOPASSO FERMATA DI PONTECURONE AL KM 63+644.40
- SL03 NUOVO SOTTOPASSO CICLOPEDONALE VIA TORINO AL KM 64+004.46
- SL04 NUOVO SOTTOVIA STRADA VICINALE SAN GIACOMO - VIGNA GERBIDA AL KM 64+836.52
- IV01 NUOVO CAVALCAFERROVIA S.R. 10 AL KM 56+149.47
- IV02 NUOVO CAVALCAFERROVIA S.P. 93 AL KM 64+270.57
- VI01 PONTE SU VIABILITÀ VIA BAXILIO AL KM 55+542.15
- VI02 PONTE SU STRADA TEGORETTO DAL KM 57+574.19 AL KM 57+599.09
- VI03 VIADOTTO DI APPROCCIO ALLA GA01 LATO TORTONA DAL KM 57+754.75 AL KM 58+152.55
- VI04 VIADOTTO DI APPROCCIO ALLA GA01 LATO VOGHERA DAL KM 58+321.16 AL KM 58+944.42
- VI05 PONTE SU STRADA MARCAZOLO DAL KM 58+748.97 AL KM 58+766.97
- VI06 PONTE SUL TORRENTE GRUE DAL KM 59+110.22 AL KM 59+143.22
- VI07 PONTE SUL TORRENTE CALVENZA DAL KM 60+428.75 AL KM 60+497.00

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>24 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	24 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	24 di 86								

- VI08 PONTE SU STRADA PICCAGALLO DAL KM 62+526.40 AL KM 62+450.40
- VI09 PONTE SUL TORRENTE CURONE DAL KM 64+382.27 AL KM 64+800.52
- VI10 PONTE SUL TORRENTE LIMBIONE DAL KM 65+525.80 AL KM 65+543.80
- VI11 PONTE SU STRADA BAGNOLO DAL KM 65+685.00 AL KM 65+699.00
- VI12 PONTE SU VIA CIGNOLI DAL KM 35+893.52 AL KM 35+911.02
- VI13 PONTE SU VIABILITÀ VIA LOMELLINA - CORSO XXVII MARZO DAL KM 69+791.32
- GA01 GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO DAL KM 58+152.55 AL KM 58+321.16

La galleria artificiale "a farfalla" di scavalco si sviluppa tra le progressive km 58+152 e km 58+321 della linea ferroviaria Genova-Milano. Si tratta di un manufatto scatolare finestrato fondato su pali di sviluppo pari a circa 172 m, che consente alla linea Genova-Milano di sopra passare la Alessandria-Piacenza.

4.1.2 Descrizione delle fasi esecutive dei lavori

Le macrofasi di realizzazione sono impostate in modo da consentire la continuità dell'esercizio durante i lavori, oppure prevedendo che alcune attività siano eseguite sfruttando una o più interruzioni, nel caso in cui siano completamente interferenti con l'esercizio.

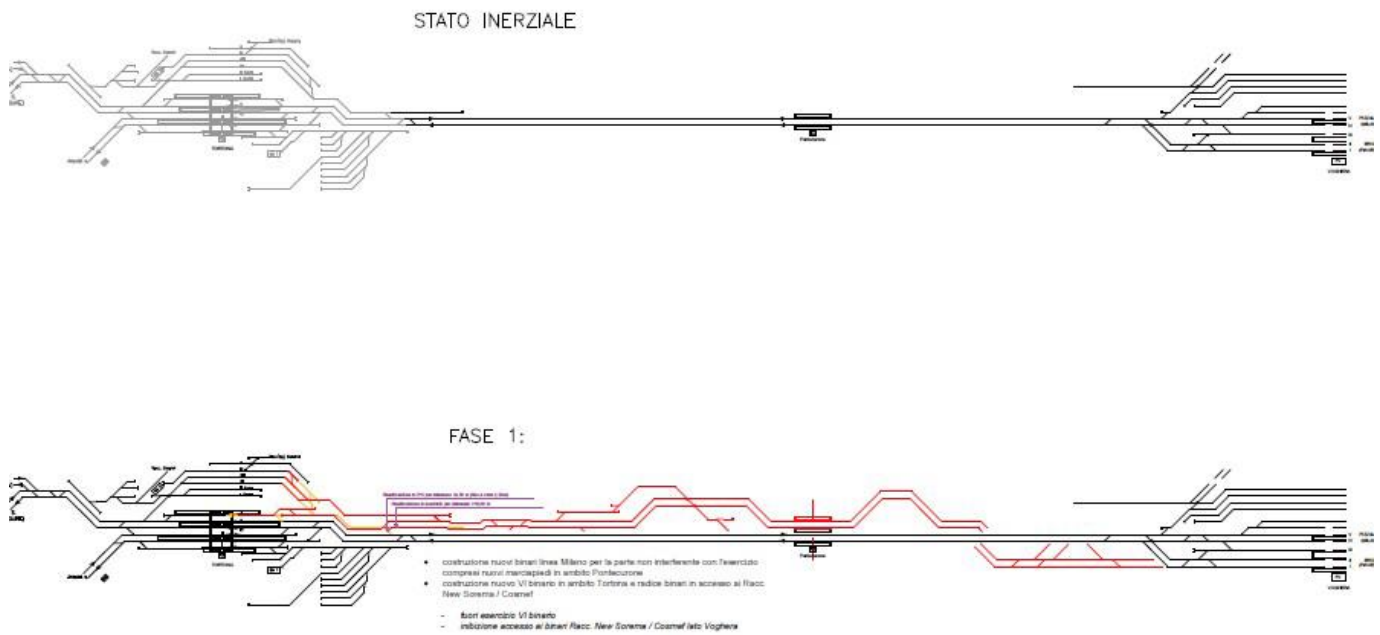


Figura 8 – Stato inerziale e Fase 1

Durante la macrofase 1 si prevede la realizzazione dei nuovi binari della linea Milano per la parte non interferente con l'esercizio ferroviario, prevedendo anche la costruzione dei nuovi marciapiedi in ambito fermata Pontecurone.

In ambito stazione di Tortona si realizza il nuovo binario VI, mediante lo spostamento del paraurti esistente e il collegamento al binario pari della nuova linea attraverso una nuova comunicazione. Viene, inoltre, modificata la radice di accesso ai raccordi New Sorema e Cosmef, collegandoli direttamente al binario pari della nuova linea Milano.

La macrofase 1 prevede, pertanto, in ambito stazione di Tortona, l'indisponibilità lato Voghera del binario VI e dei binari di accesso ai raccordi industriali.

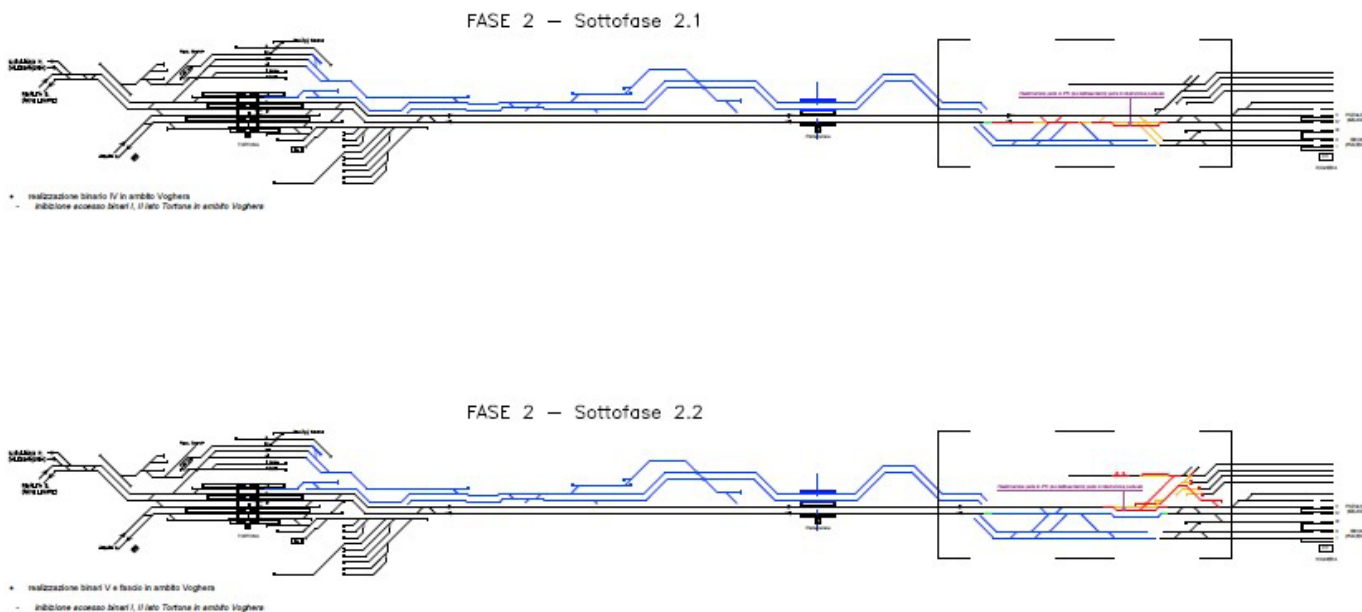


Figura 9 – Fase 2

La macrofase 2 è suddivisa in 3 sottofasi, delle quali le prime due (fase 2.1 e 2.2) riguardano l'ambito stazione di Voghera, mentre la terza sottofase (2.3) coinvolge principalmente gli allacci e l'adeguamento dei binari in ambito stazione di Tortona.

Durante la sottofase 2.1 si effettua la modifica dell'attuale radice del binario IV in ambito stazione di Voghera: questa avviene mediante la demolizione di parte del binario IV e dei tratti iniziali dei binari I e II che, pertanto, sono fuori esercizio. Il nuovo tracciato del IV binario viene allacciato alla linea esistente tramite un tratto un flesso provvisorio.

Durante questa prima sottofase sarà inibito l'accesso ai binari I e II in ambito stazione di Voghera.

La sottofase 2.2 prevede, in ambito Voghera, il rifacimento di parte della radice lato Tortona del binario V e del fascio di binari ed esso collegati. Il nuovo tratto di binario

realizzato sarà, anch'esso, collegato all'attuale binario V mediante una porzione in provvisorio.

Durante la sottofase 2.2 sarà inibito l'accesso ai binari I e II lato Tortona.

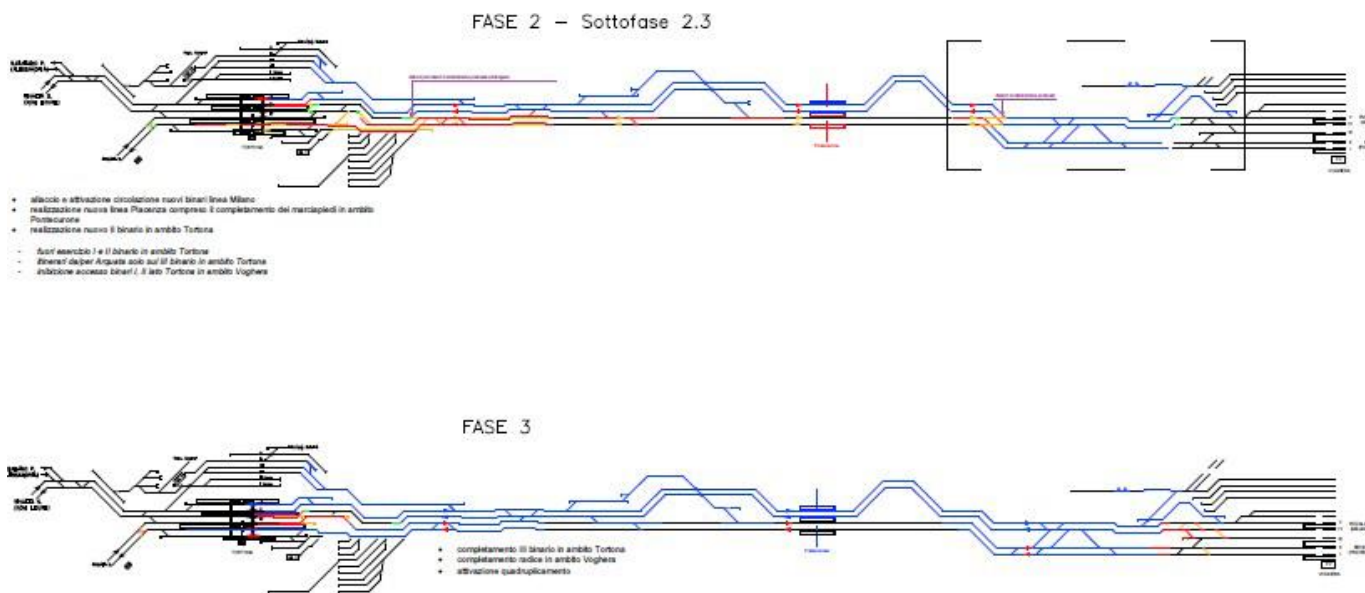


Figura 10 – Sottofase 2.3 e Fase 3

La sottofase 2.3 prevede l'allaccio dei binari IV e V precedentemente predisposti ai nuovi binari della linea Milano con attivazione e spostamento della circolazione a doppio binario sugli stessi.

Viene, quindi, realizzata la nuova linea per Piacenza mediante il rifacimento di parti di binari dell'attuale tratta di linea compresa tra Tortona e Voghera, insieme al completamento dei nuovi marciapiedi in ambito fermata di Pontecurone.

In ambito Tortona, viene realizzato il II binario e parte del marciapiede ad esso afferente, insieme a parte del marciapiede relativo ai binari IV e V, lato Voghera.

Durante questa sottofase sar  inibito l'accesso ai binari I e II lato Tortona in ambito Voghera, e lato Voghera in ambito stazione di Tortona; gli itinerari da e per Arquata in ambito Tortona, inoltre, potranno svolgersi solo sul binario III.

Durante la macrofase 3 viene completato il binario III in ambito Tortona, insieme al rifacimento di parte del marciapiede ad esso afferente; viene inoltre, completato il collegamento della linea Milano al binario IV.

In ambito Voghera, si completa la radice dei binari da I a V, col conseguente allaccio alla nuova linea.

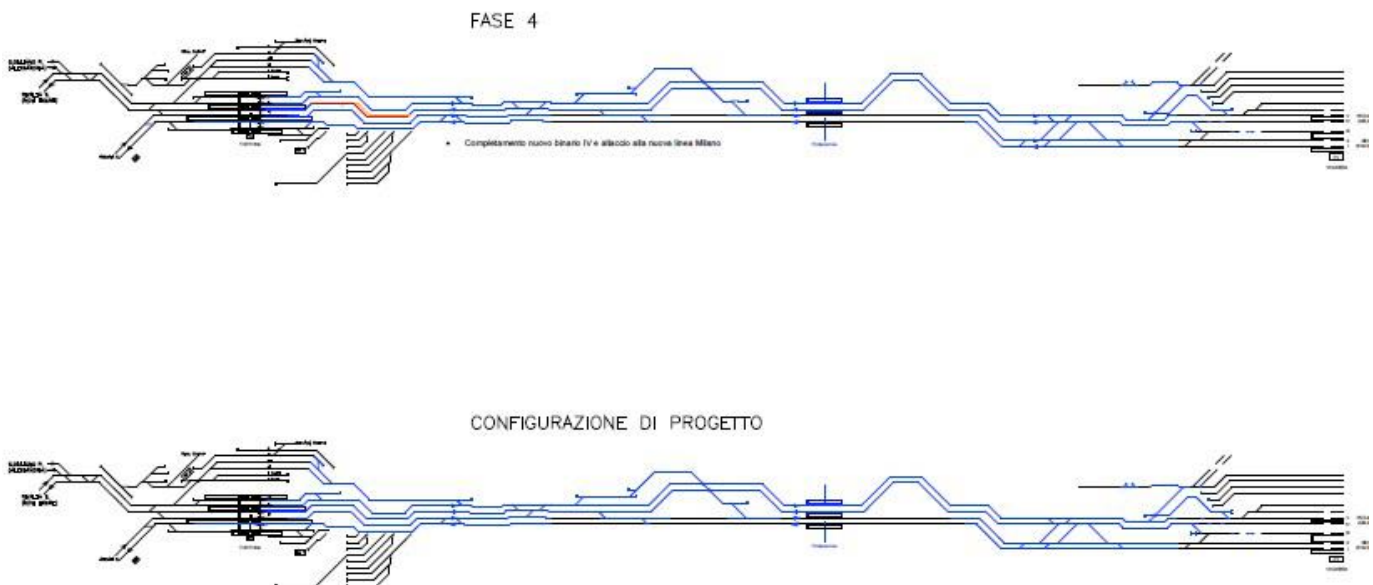



Figura 11 - Fase 4 e configurazione di progetto finale

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>29 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	29 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	29 di 86								

La macrofase 4 prevede il completamento del binario IV in ambito Tortona, col successivo allaccio e attivazione della linea Milano.

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Si riporta di seguito una sintesi degli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici che caratterizzano l'area di indagine.

4.2.1 Inquadramento geologico

Il territorio tra Tortona e Voghera si colloca, dal punto di vista geologico, all'interno di un ampio ripiano alluvionale che costituisce parte della Pianura Padana a sud del Fiume Po, nelle immediate vicinanze del margine collinare appenninico. L'area è compresa tra il Foglio geologico 70 (Alessandria) e il Foglio 71 (Voghera) dell'IGM (scala 1:100000; <http://www.isprambiente.gov.it>), di cui si riporta l'unione di due stralci riguardanti l'area, a titolo di esempio (cfr. figura seguente).



Figura 12 - Unione di due stralci dei Fogli 70 (Alessandria) e 71 (Voghera) della Carta Geologica d'Italia (1:100000), in riferimento all'area in esame (stralci non in scala; <http://www.isprambiente.gov.it>).

L'area interessata dall'opera si estende su depositi alluvionali per lo più sabbiosi e ghiaiosi, attribuibili in parte a depositi fluviali e in parte a depositi di megafan, con età che va dal Pleistocene all'attuale. Il substrato, che affiora nella porzione meridionale dell'area, è costituito da corpi sedimentari per lo più di epoca oligo-miocenica.

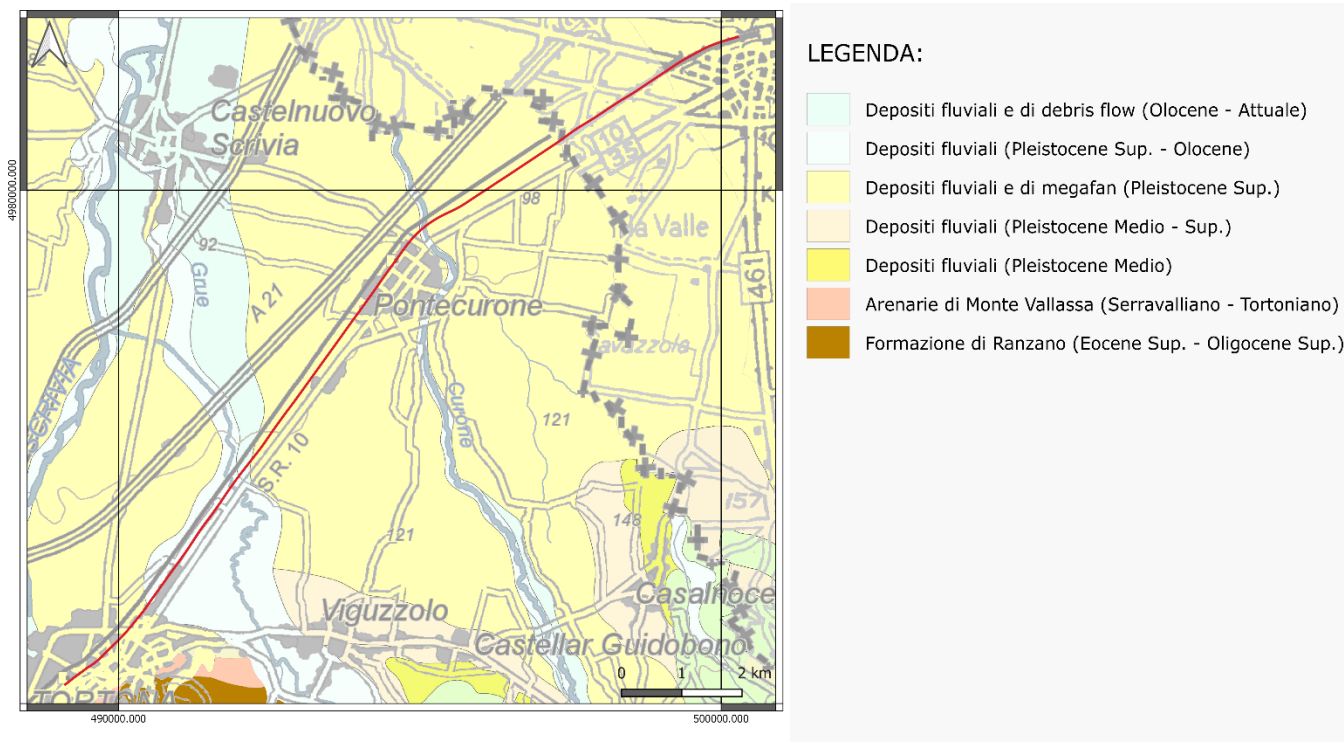



Figura 13 - Carta geologica dell'area in esame. In rosso è riportato il tracciato ferroviario

Le unità litostratigrafiche che costituiscono il substrato roccioso nell'intorno dell'area di studio appartengono al periodo Cretaceo superiore - Miocene. Sono unità costituite da sedimenti marini di profondità variabile. Affiorano nella fascia collinare collocata ad est e sud-est del presente tratto della Pianura Padana.

I depositi quaternari presenti sono di genesi fluviale, di età variabile a seconda della zona; i depositi più recenti (Olocene - Attuale) sono distribuiti lungo il corso del Torrente Grue e del Torrente Curone, che intersecano il tracciato ferroviario, nonché parallelamente al Torrente Scrivia, che scorre a est di Tortona. Nei restanti tratti, le coperture sono per lo più costituite da depositi fluviali e di megafan, attribuiti al Pleistocene superiore; nella porzione sud-orientale dell'area sono presenti altri depositi alluvionali sempre riferibili al Pleistocene.

Le unità geologiche presenti nella zona di progetto, identificate nel foglio CARG 178 Voghera sono descritte di seguito dalla più antica alla più recente, sulla base di quanto riportato nelle Note illustrative del Foglio 178 [44, pp. 56-95].

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 32 di 86

Brecce argillose di Baiso (BAI)

Corpi argillosi a tessitura caotica precedentemente cartografati come "Calcari di Zebedassi". Sono brecce poligeniche a matrice argillosa grigia o varicolori con clasti eterometrici. La tessitura dei depositi è caotica e si ritiene che la loro origine sia dovuta a una serie di colate sottomarine.

Il contatto inferiore è in genere per discordanza, con le formazioni appartenenti all' Unità Tettonica di Cassio; il contatto superiore è discontinuo con le Marne di Monte Piano. Lo spessore è molto variabile, al massimo di circa 300 m.

Affiora poco più a sud dell'area in esame (fascia verde scuro in Figura 12). Età: EOCENE

Marne di Monte Piano (MMP)


Formazione costituita da marne argillose e argille marnoso – siltose grigie a stratificazione indistinta. Sono interpretate come sedimenti pelagici deposti in un bacino profondo, e rappresentano una stasi negli apporti sedimentari grossolani nel prisma ligure.

Il contatto inferiore è, per discontinuità, con le brecce argillose di Baiso (non identificabili nell'area di studio); il contatto superiore è con la Formazione di Ranzano, per discordanza.

Affiora poco più a sud dell'area in esame (fascia verde chiaro in Figura 12). Età: EOCENE INFERIORE - EOCENE SUPERIORE

Formazione di Ranzano (RAN)

È suddivisa in cinque membri informali, due sovrapposti e tre eteropici fra loro; dato questo assetto, è possibile identificare tre distinti intervalli stratigrafici, verticalmente sovrapposti e non eteropici, delimitati da superfici di inconformità. Le superfici che delimitano i membri alla base e al tetto sono superfici di cambiamento compositazionale e, allo stesso tempo, superfici di discordanza angolare o di significativo cambiamento di facies. All'interno di ogni membro si osserva una notevole variabilità laterale e verticale delle facies e in realtà ogni membro risulta costituito da uno o più sistemi torbiditici, ognuno con organizzazione interna fining- and thinning-upward. La successione stratigrafica della Formazione di Ranzano è piuttosto variabile, a seconda di quale area del bacino si consideri.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>33 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	33 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	33 di 86								

Affiora nella porzione meridionale dell'area oggetto di studio (Figura 13). Età: EOCENE SUPERIORE – OLIGOCENE SUPERIORE

Arenarie di Monte Vallassa (AVL)

Sono arenarie bioclastiche e biocalcareni, bruno-giallastre in patina e grigie in frattura, con contenuto fossilifero a molluschi, briozoi, foraminiferi bentonici, alghe e, più rari, brachiopodi ed echinidi. In subordinate sono presenti conglomerati fini a bioclasti e biocalciruditi, con clasti di rocce metamorfiche verdi; si intercalano marne sabbiose grigio-azzurre bioturbate. La stratificazione è in genere mal definita e le arenarie si presentano per lo più massive o in strati amalgamati, talora molto alterati a formare banchi sabbiosi; a tratti è evidente la stratificazione obliqua. Le bancature sono comunemente caratterizzate da aspetto nodulare, connesso a cementazione differenziale.

Nella parte superiore della successione del Monte Vallassa (Guardamonte), una delle migliori sezioni per l'osservazione dei caratteri litologici e sedimentologici, le arenarie bioclastiche grossolane presentano fori di litodomi, indicatori del permanere di una condizione di acque basse. In generale, si tratta comunque di sedimenti di ambiente litorale e di piattaforma interna ed esterna, con una componente terrigena associata alla sedimentazione carbonatica di piattaforma a foraminiferi bentonici, molluschi e alghe.


Lo spessore massimo conservato è compreso tra 350 e 400 m.

Il limite inferiore è in discordanza sulla Formazione di Contignaco, sulla Formazione di Antognola o sulle brecce di Baiso (non presenti nell'area di interesse). Il limite superiore è con le marne di Sant'Agata Fossili, anche in questo caso in discordanza.

Affiora nella porzione meridionale dell'area oggetto di studio (Figura 13). Età: MIOCENE MEDIO

Argille di Lugagnano o Argille Azzurre (FAA)

Argille marnose con livelli più o meno sabbiosi-siltosi, di colore grigio azzurro, a frattura concoide sulle superfici fresche e a stratificazione generalmente indistinta. Nella porzione inferiore, l'unità può comprendere lenti conglomeratiche fossilifere a struttura massiva.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 34 di 86

L'ambiente deposizionale è variabile tra l'epibatiale superiore di passaggio al circalitorale (acque relativamente profonde) e la parte superiore del circalitorale; si tratta probabilmente di depositi di piattaforma terrigena.

Lo spessore complessivo è di circa 140 m.

Il contatto con i sottostanti conglomerati di Cassano Spinola è netto; talvolta si ritrovano invece alla formazione di Sapigno, con un limite litologico segnato da una lacuna stratigrafica. Il limite superiore è netto e discordante con i depositi quaternari.

Affiorano poco più a est dell'area in esame (giallo acceso in Figura 13). Età: PLIOCENE

Sabbie di Asti (AST)

Alternanza di sabbie argillose e sabbie gialle più o meno stratificate, con livelli ghiaiosi e intercalazioni marnose. Localmente si riscontrano marne sabbiose, sabbie e arenarie giallastre più o meno cementate, con ricche associazioni a macrofossili.

La sedimentazione di questi depositi è avvenuta a una profondità di una decina di metri, in regime idrodinamico non elevato [46].


Lo spessore stimato è di circa 100 m.

Il contatto basale è, alla scala dell'affioramento, discordante, sulle sottostanti Argille Azzurre. Al tetto si ha il passaggio, ipotizzato discontinuo e discordante, con i depositi quaternari continentali.

Affiorano poco più a est dell'area in esame (giallo in Figura 13). Età: PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE

Depositi quaternari

Si tratta di depositi alluvionali appartenenti al Sintema di Voghera [44, p. 95] e cartografati come fl nei Fogli 70 (Alessandria) e 71 (Voghera) alla scala 1:100000 [47], [48]. Fanno parte di questo sintema tutti i depositi fluviali pleistocenici riportati in Figura 13 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, Sono per lo più ghiaie a supporto clastico o di matrice, clasti arrotondati con selezione da discreta a buona e intercalazioni sabbiose e limose.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 35 di 86

I depositi fluviali olocenici sono anch'essi prevalentemente depositi grossolani ghiaioso-sabbiosi: si tratta dei depositi del canale di scorrimento, del letto ordinario e di esondazione, sedimentati dal T. Scrivia, dal T. Grue e dal T. Curone.


Il tracciato ferroviario si sviluppa interamente sui depositi quaternari. Di seguito si riporta una descrizione della "geologia del tracciato" per tratte omogenee.

Tratta 1, da km 21+195 a km 22+095

I primi chilometri del tracciato si sviluppano nell'area urbana di Tortona. I primi 2-3 metri circa della successione stratigrafica sono rappresentati da terreni di riporto antropico (Unità R), costituito, in principal modo, da ghiaia sabbioso limosa con ciottoli e con possibile diffusa presenza di laterizi. Tra i 2-3 m e i 5 m di profondità è presente un orizzonte continuo a limi argilloso sabbiosi passanti a sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate (Unità 1). Tra i 5 m e i 12 m circa di profondità sono presenti alternanze sabbioso ghiaiose in abbondante matrice limoso argillosa (Unità 2). A partire dai 12 m di profondità i sondaggi geognostici realizzati (S1 e S2) hanno incontrato il "Substrato", qui rappresentato, in buona ipotesi, dai primi termini della successione marina Pliocenica (Argille di Lugagnano?).

Tratta 2, da km 22+095 a km 23+765

Il tracciato ferroviario in esame si sviluppa in ambito urbano (periferia di Tortona) anche lungo la "tratta 2". I primi 2 metri circa della successione stratigrafica sono rappresentati da terreni di riporto antropico (Unità R), costituito, in principal modo, da ghiaia sabbioso limosa con ciottoli e con possibile diffusa presenza di laterizi. Tra i 2 e i 14 - 15 m circa di profondità sono presenti alternanze sabbioso ghiaiose in abbondante matrice limoso argillosa (Unità 2) e/o in matrice limoso argillosa subordinata (Unità 3): i terreni dell'Unità 2 (a diffusa presenza dei termini più fini limoso argillosi) e dell'Unità 3 (a sabbie e ghiaie dominanti) si interdigitano in chiaro rapporto di eteropia. Orizzonti più marcatamente fini limoso argillosi (Unità 1) si incontrano lungo questa tratta solamente in lenti discontinue e di spessore modesto (sondaggio S3 ed S4), a partire dai 4 - 6 m circa di profondità. A partire dai 15 m di profondità i sondaggi geognostici qui realizzati (S3 e S4) hanno

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>36 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	36 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	36 di 86								

incontrato il "Substrato", qui rappresentato, in buona ipotesi, dai primi termini della successione marina Pliocenica (Argille di Lugagnano?). La profondità di rinvenimento del Substrato Pliocenico (o Miocenico?) aumenta sensibilmente spostandosi verso Voghera (allontanandosi dal settore di collina ubicato a Sud di Tortona e caratterizzato dall'affioramento delle unità di Substrato).


Tratta 3, da km 23+765 a km 29+900

Il primo metro della successione stratigrafica è rappresentato da terreni di riporto (Unità R) costituiti, in principal modo, da terreni agricoli di coltivo a sabbie limose predominanti. Fino ai 6 - 8 m di profondità è presente un orizzonte continuo a limi argilloso sabbiosi passanti a sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate (Unità 1). A partire dai 6 - 8 m di profondità (fino ai 30 m circa, massima profondità investigata) sono presenti alternanze sabbioso ghiaiose in abbondate matrice limoso argillosa (Unità 2) e/o in matrice limoso argillosa subordinata (Unità 3): i terreni dell'Unità 2 (a diffusa presenza dei termini più fini limoso argillosi) e dell'Unità 3 (a sabbie e ghiaie dominanti) si interdigitano in chiaro rapporto di eteropia. Tra i 12 (sondaggio S9) e i 15 m (sondaggio S7) di profondità si incontrano lenti di spessore modesto a limi sabbioso argillosi (Unità 1), la cui continuità laterale risulta del tutto subordinata. Il Substrato non è stato intercettato.

Tratta 4, da km 29+900 a km 31+860

I primi 2 metri della successione stratigrafica sono rappresentati da terreni di riporto (Unità R) costituiti, in principal modo, da terreni agricoli di coltivo a sabbie limose predominanti. Fino ai 13 - 14 m di profondità è presente un orizzonte continuo a limi argilloso sabbiosi passanti a sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate (Unità 1). Da segnalare il grande spessore (12 m circa) che caratterizza in questo settore l'orizzonte limoso argilloso superficiale (Unità 1). A partire dai 14 m di profondità (fino ai 30 m circa, massima profondità investigata) sono presenti alternanze sabbioso ghiaiose in abbondate matrice limoso argillosa (Unità 2). Il Substrato non è stato intercettato.

Il viadotto sul Torrente Curone, pk 31+745, si imposta in corrispondenza di questa tratta omogenea (tratta 4), caratterizzata, come descritto, dal grande spessore riconosciuto per

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>37 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	37 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	37 di 86								

l'orizzonte limoso argilloso superficiale (Unità 1). In fase di progettazione delle sue opere di fondazione, sarà necessario tenere conto delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni intercettati.

Tratta 5, da km 31+860 a km 33+550


Il primo metro della successione stratigrafica è rappresentato da terreni di riporto (Unità R) costituiti, in principal modo, da terreni agricoli di coltivo a sabbie limose predominanti. Fino ai 5 - 6 m di profondità è presente un orizzonte continuo a limi argilloso sabbiosi passanti a sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate (Unità 1). A partire dai 5 - 6 m di profondità (fino ai 30 m circa, massima profondità investigata) sono presenti alternanze sabbioso ghiaiose in abbondante matrice limoso argillosa (Unità 2) e/o in matrice limoso argillosa subordinata (Unità 3): i terreni dell'Unità 2 (a diffusa presenza dei termini più fini limoso argillosi) e dell'Unità 3 (a sabbie e ghiaie dominanti) si interdigitano in chiaro rapporto di eteropia. Il Substrato non è stato intercettato.

Tratta 6, da km 33+551 a km 35+100

I primi 2 metri della successione stratigrafica sono rappresentati da terreni di riporto (Unità R) costituiti, in principal modo, da terreni agricoli di coltivo a sabbie limose predominanti. Fino a circa 10m di profondità è presente un orizzonte continuo a limi argilloso sabbiosi passanti a sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate (Unità 1). A partire dai 10 m di profondità (fino ai 30 m circa, massima profondità investigata) sono presenti alternanze sabbioso ghiaiose in abbondante matrice limoso argillosa (Unità 2). Tra i 12 e i 15 m (sondaggi S19, S20 e S21) di profondità si incontrano lenti di spessore e continuità laterali di una certa importanza costituite da limi sabbioso argillosi (Unità 1). Il Substrato non è stato intercettato.

Tratta 7, da km 35+100 a km 37+184

Gli ultimi chilometri del tracciato si sviluppano nell'area urbana di Voghera. I primi 2 metri circa della successione stratigrafica sono rappresentati da terreni di riporto antropico (Unità R), costituito, in principal modo, da ghiaia sabbioso limosa con ciottoli e con possibile

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 38 di 86

diffusa presenza di laterizi. Fino ai 5 - 6 m di profondità è presente un orizzonte continuo a limi argilloso sabbiosi passanti a sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate (Unità 1). A partire dai 5 - 6 m di profondità (fino ai 30 m circa, massima profondità investigata) sono presenti alternanze sabbioso ghiaiose in abbondante matrice limoso argillosa (Unità 2). Il Substrato non è stato intercettato.

4.2.2 Inquadramento geomorfologico

Da un punto di vista geomorfologico, il tracciato ferroviario in oggetto si sviluppa in un contesto generale caratterizzato dal passaggio tra il settore collinare pedeappenninico, a Sud, e la Pianura Alessandrino - Tortonese a Nord. Le opere di progetto, in particolare, si impostano completamente nell'area di pianura, che risulta colmata da depositi alluvionali di origine Pleistocenico-Attuale.


Gli unici elementi morfologici rilevabili con una certa continuità sono rappresentati dal corso dei torrenti appenninici (immissari di destra del Fiume Po), qui rappresentati dal T. Scivia, dal T. Curone, dal T. Grue e dal T. Staffora, in scorrimento da Sud verso Nord.

4.2.3 Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico dei Depositi alluvionali della Piana di Alessandria (e di Tortona) può essere diviso in due contesti separati che interessano, rispettivamente, la zona di pianura e le fasce collinari a Sud della stessa.

L'intera Piana Alessandrina - Tortonese è colmata da depositi alluvionali quaternari, caratterizzati da un'elevata potenzialità idrica. Lo spessore del "materasso" alluvionale e, di conseguenza, la potenzialità dell'Acquifero Principale in esso contenuto, crescono progressivamente spostandosi da sud (dove le alluvioni si "agganciano" al substrato, in affioramento lungo le pendici collinari) verso nord.

La sequenza stratigrafica tipica di questi depositi è rappresentata da un'alternanza più o meno eterogenea di orizzonti ghiaioso sabbiosi che, in ampie ed estese fasce, lasciano il posto ad orizzonti più marcatamente limoso sabbiosi se non limoso argillosi. Nei primi 10 m di profondità dal piano campagna, in particolare, sono diffusamente presenti orizzonti fini

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>39 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	39 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	39 di 86								

limoso sabbiosi che, dove predominanti, determinano una leggera artesianità alla falda in essi contenuta.

In Figura 14 è riportata una sezione litologico - stratigrafica orientata da Sud verso Nord e passante in prossimità di Voghera (Baroni et. Al., 1988). Dall'analisi di tale profilo è possibile riconoscere il progressivo approfondimento del substrato marino pre-quadernario che si incontra spostandosi da Sud verso Nord; è possibile, allo stesso tempo, riconoscere la sequenza stratigrafica tipica del deposito, rappresentato da un'alternanza piuttosto eterogenea di orizzonti a granulometria estremamente variabile.

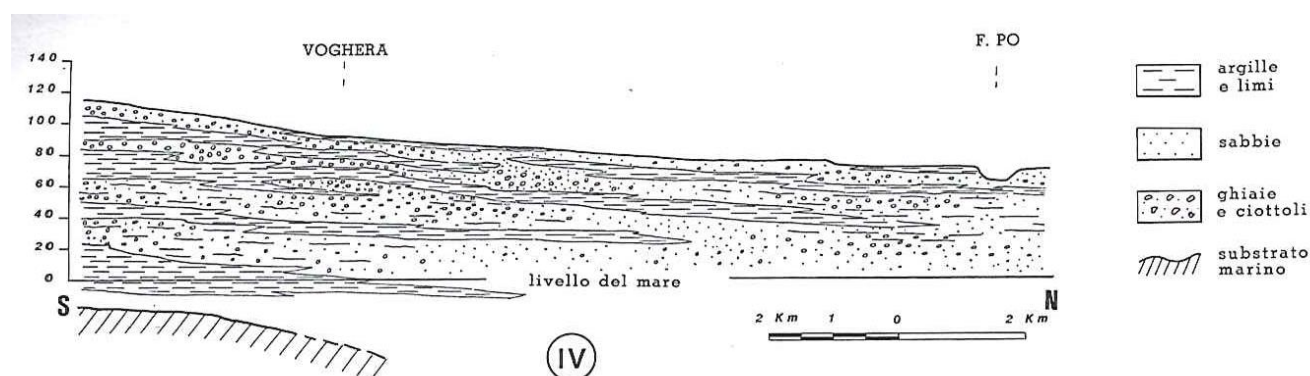


Figura 14 - Profilo litologico-stratigrafico S-N (Baroni et al., 1988)

La permeabilità caratteristica di questi terreni risulta fortemente controllata dalla distribuzione della frazione fine limoso-argillosa: i terreni superficiali, a predominanza limoso - argillosa, presentano una permeabilità piuttosto bassa; i terreni più marcatamente sabbioso ghiaiosi, diffusi a profondità maggiori, presentano una permeabilità media.

A fini dello sviluppo del progetto è stato effettuato un monitoraggio piezometrico, tutt'ora in corso, iniziato nel dicembre 2020 di cui si riporta una mappa con l'individuazione dei 17 punti monitorati lungo il tracciato.

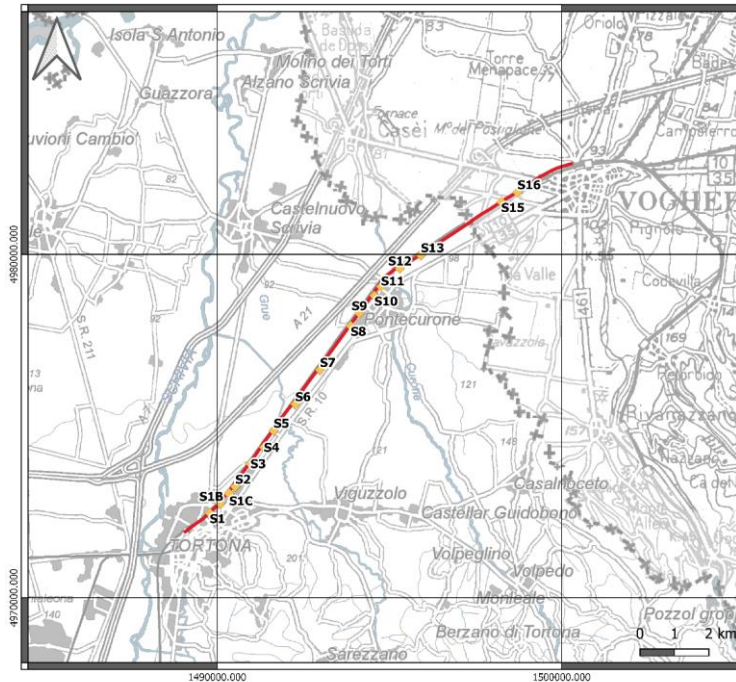


Figura 15 - Ubicazione dei punti di misura utilizzati nel corso della campagna di monitoraggio piezometrico. La linea rossa rappresenta il tracciato ferroviario oggetto di studio.

L'andamento nel tempo delle misure ad oggi effettuate nell'ambito della suddetta attività di monitoraggio, mostra come la falda acquifera, in linea di massima, subisce un incremento di livello nella stagione invernale; incremento che tende ad attenuarsi a inizio primavera per poi farsi mediamente costanti.

Per quanto riguarda, invece, il livello della falda, nella tabella in basso non riportati per ogni piezometro, i valori massimi di soggiacenza espressi sia come quota sul livello del mare sia come profondità rispetto al piano campagna, da cui emerge che tale valore si attesta lungo il tracciato, tra gli 8 e i 16 metri circa dal p.c..


ID	Data	Quota falda (m s.l.m.)	Quota p.c. (m s.l.m.)	Soggiacenza (m da p.c.)
S1B	10/12/2020	97.70	112.00	14.30
S1 C1	10/12/2020	103.92	112.00	8.08
S1 C2	05/02/2021	103.87	112.00	8.13
S2	13/01/2021	96.45	110.00	13.55

ID	Data	Quota falda (m s.l.m.)	Quota p.c. (m s.l.m.)	Soggiacenza (m da p.c.)
S3 C1	13/01/2021	95.08	110.00	14.92
S3 C2	13/01/2021	95.97	110.00	14.03
S4	07/04/2021	94.27	110.00	15.73
S5	05/03/2021	91.76	106.00	14.24
S7	07/04/2021	90.70	103.00	12.30
S8 C1	05/05/2021	90.09	102.00	11.92
S8 C2	05/05/2021	90.08	102.00	11.92
S9	05/05/2021	89.07	102.00	12.93
S10 C1	05/05/2021	86.43	100.00	13.58
S10 C2	05/05/2021	86.44	100.00	13.56
S11 C1	05/05/2021	85.88	99.00	13.12
S11 C2	05/05/2021	85.72	99.00	13.28
S12	05/05/2021	86.80	99.00	12.20
S13	05/05/2021	80.18	94.00	13.82
S15 C1	07/04/2021	77.72	92.00	14.28
S15 C2	07/04/2021	77.82	92.00	14.18
S16	07/04/2021	78.32	91.00	12.68

Tabella 1 - Livello massimo della falda rilevato durante la campagna di monitoraggio, per ogni piezometro; il livello è indicato sia come quota sul livello del mare sia come soggiacenza

4.2.4 Cartografia del piano stralcio per l'assetto idrogeologico

I corsi d'acqua presenti nell'area di studio fanno parte del bacino del Po. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del fiume Po, adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001, e successive varianti, disciplina l'estensione della delimitazione e della normazione delle fasce relative ai corsi d'acqua

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 42 di 86

appartenenti al bacino del Po. L'allegato al titolo II delle norme di attuazione del PAI definisce la seguente articolazione in fasce:

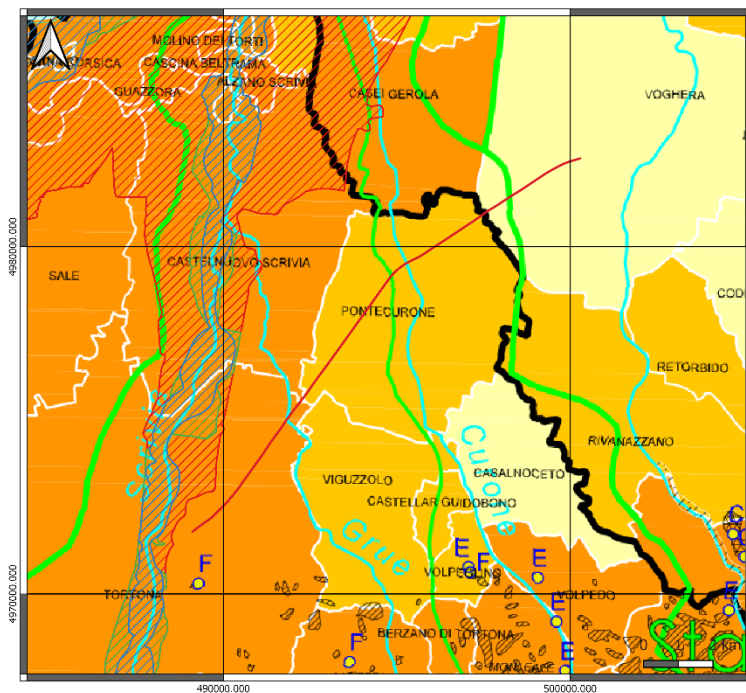
- Fascia di deflusso della piena (Fascia A);
- Fascia di esondazione (Fascia B);
- Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C).

Inoltre, il PAI definisce le classi di rischio riguardanti fenomeni di esondazione, processi di trasporto in massa lungo la rete idrografica e deposito sulle conoidi, fenomeni franosi e valanghe. Le aree comunali sono così classificate per fasce di rischio per ognuna di queste categorie, secondo il seguente schema:

- moderato - R1;
- medio - R2;
- elevato - R3;
- molto elevato R4.

Dalla lettura della Figura 16 che riporta uno stralcio di un elaborato del PRG che riporta le aree a rischi e le fasce di rispetto del PAI si evidenzia che:

- In merito alla classificazione del Rischio, il comune di Tortona e quello di Castelnuovo Scivia ricadono in fascia di rischio 3, con componenti di rischio associate a fenomeni di esondazione e, limitatamente all'area di Tortona, di frana; il comune di Pontecurone in fascia di rischio 2, per soli fenomeni di esondazione; il comune di Voghera in fascia di rischio 1, anch'esso per soli fenomeni di esondazione.
- Per quanto riguarda la suddivisione in fasce fluviali, il PAI definisce le fasce di rispetto solamente per il Torrente Scivia: l'estensione di tali fasce non interessa il tratto ferroviario in esame



LEGENDA:

- Rischio totale R1
- Rischio totale R2
- Rischio totale R3
- Fascia A
- Fascia B
- Fascia C
- F Centro abitato - F = Frana
- E Centro abitato - E = Esondazione
- Limite di bacino idrografico
- Limite di regione

Figura 16 - Aree di rischio e fasce di rispetto, così come definite dal PAI del Bacino del fiume Po. I punti gialli etichettati con lettera maiuscola indicano la presenza di centri abitati a cui è associato un particolare fattore di rischio (F = Frana, E = Esondazione)

A livello di pianificazione comunale il PRG di Pontecurone delimita delle zone di "dissesto legato alla dinamica fluviale e torrentizia" lungo il tratto del torrente Curone che rientra all'interno dei limiti amministrativi del comune. Si tratta di aree classificate a dissesto idraulico areale a pericolosità elevata ("EbA") e molto elevata ("EeA"). Anche il Rio Calvenza, affluente del torrente Scrivia, è segnalato come elemento a dissesto idraulico a pericolosità elevata. La Figura 17 riporta due stralci della Tavola del PRG di Pontecurone, in cui sono evidenziate le fasce suscettibili a dissesto.

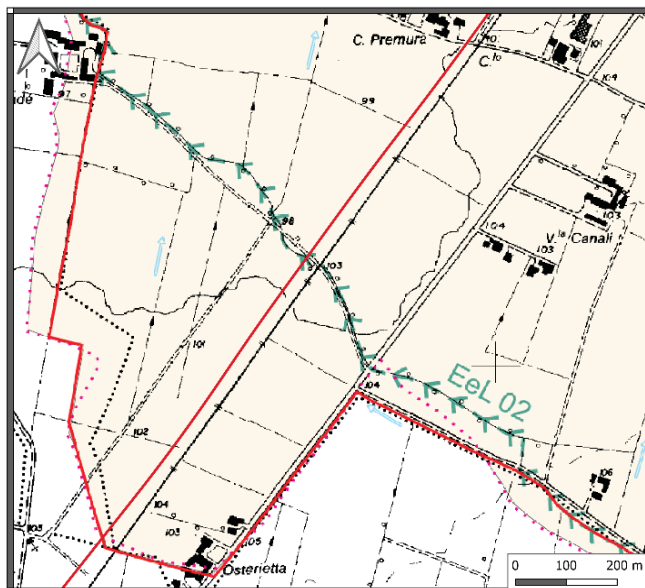
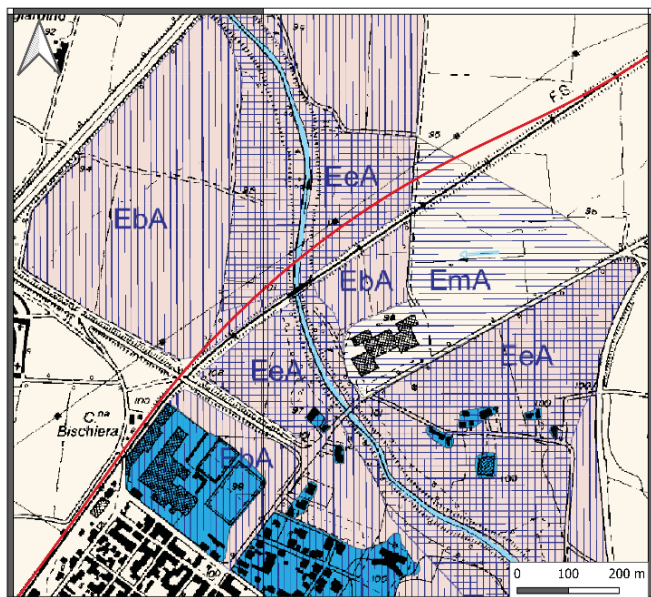



Figura 17 - Stralci della Tavola 8, allegata al PRG di Pontecurone [56]. A sinistra, le aree suscettibili a dissesto sono indicate con le sigle EeA ("dissesto idraulico areale a pericolosità molto elevata"), EbA ("dissesto idraulico areale a pericolosità elevata") e EmA ("dissesto idraulico areale a pericolosità medio/moderata"). Le aree azzurre riguardano tematismi legati a porzioni edificate, non attinenti a questo contesto. A destra è segnato l'elemento critico dato dal Rio Calvenza (EeL 02).

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 45 di 86

4.3 USO PREGRESSO DEL SITO ED INTERFERENZE CON AREE A RISCHIO CONTAMINAZIONE

4.3.1 Fonti conoscitive

Nell'ambito dello studio degli interventi di progetto, si è proceduto al riconoscimento di aree potenzialmente critiche dal punto di vista ambientale presenti nelle aree oggetto dei lavori, ovvero all'individuazione di siti contaminati e potenzialmente contaminati interferenti con il progetto in esame.

Il censimento dei siti contaminati si è articolato in due fasi successive.

Nella prima fase sono state svolte le seguenti attività:


- Esame delle segnalazioni degli Enti locali;
- Ricerca di informazioni riguardanti le aree in oggetto;
- Esame delle foto aeree al fine di individuare anomalie visivamente riconducibili a evidenti trasformazioni delle aree nel tempo.

In particolare, si è proceduto al riconoscimento di aree potenzialmente critiche dal punto di vista ambientale presenti nelle aree oggetto dei lavori, ovvero all'individuazione di siti contaminati e potenzialmente contaminati, siti di interesse nazionale e regionale e di impianti a rischio di incidente rilevante interferenti con le opere in progetto.

Tale analisi è stata sviluppata attraverso l'esame delle segnalazioni degli Enti locali quali Regioni, Province e Comune interessati, ARPA Piemonte, ARPA Lombardia, MiTE ecc., l'esame delle cartografie regionali e l'analisi bibliografica dei siti contaminati censiti. A tal proposito è stata inoltrata in data 07/05/2021 l'istanza di accesso agli atti al Comune di Tortona il quale ha fornito informazioni utili per un primo censimento delle interferenze tra siti contaminati e opere in progetto.

La seconda fase è consistita nell'individuazione e verifica di dettaglio delle eventuali situazioni di criticità o, in ogni caso, di attenzione, con riferimento ai potenziali siti contaminati potenzialmente interferenti con il progetto infrastrutturale e le attività di cantierizzazione.

4.3.2 Siti di interesse nazionale (sin) e regionale (sir)

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
	PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B

I Siti di Interesse Nazionale sono riconosciuti dallo Stato in funzione delle caratteristiche del sito, delle caratteristiche degli inquinanti e della loro pericolosità, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali.

I siti d'interesse nazionale sono stati individuati con norme di varia natura e di regola perimetrati mediante decreto del MATTM, d'intesa con le regioni interessate.


All'interno dei territori regionali del Piemonte e della Lombardia sono presenti, nel complesso 10 Siti di Interesse nazionale (5 in Piemonte e 5 in Lombardia).

Regione	Sito di Interesse Nazionale (SIN)	Distanza dal progetto (km)
PIEMONTE	Cengio (SV) e Saliceto (CN)	76
	Balangero (TO)	113
	Casale Monferrato (AL, AT, VC)	27
	Pieve Vergonte (VB)	126
	Serravalle Scrivia (AL)	17
LOMBARDIA	Broni (PV)	19
	Brescia Caffaro (BS)	112
	Sesto S. Giovanni (MI)	62
	Pioltello e Rodano (MI)	59
	Laghi di Mantova e Polochimico (MN)	143

Tabella 2 – Siti di Interesse Nazionale ricadenti nelle Regioni Piemonte e Lombardia (Fonte ISPRA – aggiornamento Aprile 2021)

Per quanto riguarda i SIN Piemontesi:

- il SIN di Casale Monferrato – che si estende su un territorio che interessa 48 comuni ricadenti in tre province – e il SIN Balangero, la problematica di contaminazione è legata in specifico alla presenza di amianto;

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>47 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	47 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	47 di 86								

- i SIN di Cengio e Saliceto” (solo in parte ricadente in territorio Piemontese per lo più ricadente in territorio Ligure) e “ex Enichem di Pieve Vergonte” le contaminazioni riscontrate derivano da attività industriali storiche;
- il SIN sito “ex Ecolibarna di Serravalle Scrivia” la contaminazione è da attribuire ad un’attività di rigenerazione e gestione di rifiuti.

Per quanto riguarda la Lombardia:

- il SIN di Broni è interessata da depositi di manufatti e rifiuti contenenti amianto connessi all’esercizio dello stabilimento Fibronit;
- il SIN di Brescia Caffaro include le aree del Comune di Brescia che sono state interessate da contaminazione diffusa da PCB, PCDD-PCDF, arsenico e mercurio, derivanti, principalmente, dalle attività pregresse dello stabilimento chimico Caffaro SPA;
- il SIN di Sesto San Giovanni, di circa 255 ha, include interamente le aree occupate dall’attività dagli stabilimenti siderurgici della Società Falck (dismessa nel 1995) e una parte delle aree dismesse della Breda e della Marelli.

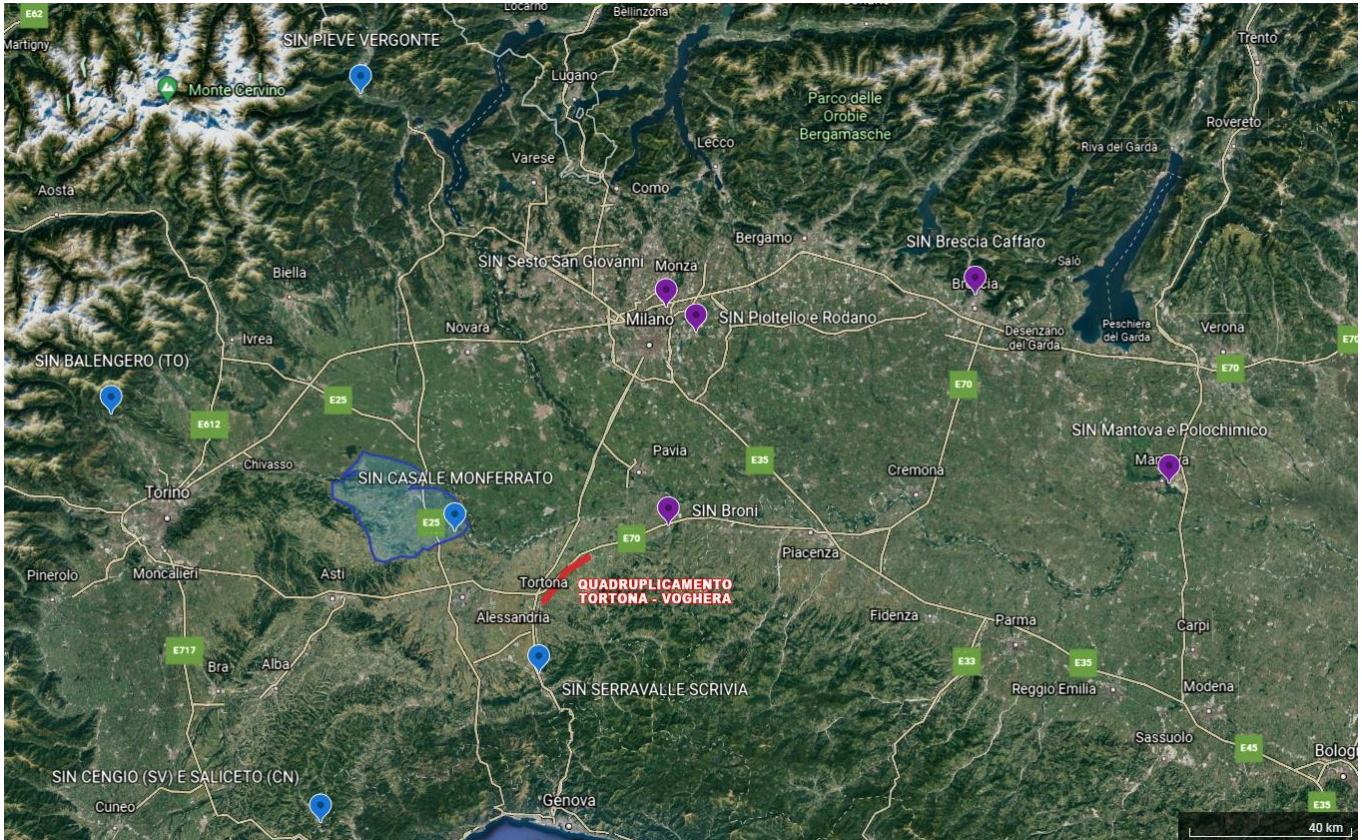



Figura 18 – Individuazione dei SIN (in blu i SIN Piemontesi, in viola quelli Lombardi) e della tratta in progetto (in rosso)

I Suddetti Siti non sono interessati dalle attività in progetto, situate a grande distanza. I Siti di Interesse Nazionale più vicini agli interventi sono, infatti, lato Piemonte, il SIN di Serravalle Scrivia e, lato Lombardia, il SIN di Broni che distano, rispettivamente, 17 km e 19 km circa dalle aree d'intervento.

4.3.3 Siti contaminati e potenzialmente contaminati

Ad esito della ricognizione dei siti contaminati o potenzialmente contaminati, di livello regionale e comunale, condotta sulla base delle informazioni desunte:

- per le aree in Regione Piemonte, dall'Anagrafe Regionale dei Siti Contaminati ASCO e dai dati forniti dal Comune di Tortona (a seguito di specifica richiesta di accesso agli atti);

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>49 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	49 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	49 di 86								

per le aree in Regione Lombardia, dalla banca Dati AGISCO aggiornata al 09/03/2021 (con richiesta di accesso civico prot. ARPA n.0022091 11/02/2021),

si riscontra che in una fascia di 250 metri dalle aree oggetto sono presenti 7 siti identificati a vario titolo (siti contaminati o potenzialmente contaminati con procedura in corso e siti con interventi di bonifica completati), 4 ricadenti nel Comune di Tortona e 3 in quello di Voghera.

A seguire, si riporta, per ognuno dei due comuni di cui sopra, una tabella con l'elenco dei siti individuati. e una planimetria su foto aerea con la loro localizzazione.

COD.	NOME SITO	AREA	CONTAMINANTI	MATRICI AMBIENTALI	STATO PROCEDIMENTO	STATO INTERV.
01131	Sede Polizia Stradale	-	idrocarburi pesanti	sottosuolo	concluso (certificazione di bonifica non emessa)	completati
01132	ERG piazza Speri	sup. cont.: 85 mq	piombo, idrocarburi leggeri, idrocarburi pesanti	sottosuolo	concluso (certificazione di avvenuta bonifica)	completati
01304	Cantiere BI & VI	sup. int.: 506 mq.	metalli, idrocarburi pesanti, PCB	suolo e sottosuolo	concluso (certificazione di avvenuta bonifica)	completati
01800	AGIP 1412 piazza Milano	sup. int.: 160 mq	idrocarburi pesanti (sottosuolo), BTEX (acque sotterranee)	sottosuolo e acque sotterr.	concluso (certificazione di bonifica non emessa)	completati

Tabella 3 – Comune di Tortona - Siti contaminati o potenzialmente contaminati ricadenti in una fascia di 250 m dalle aree interessate dal Progetto (Fonte Geoportale Reg. Piemonte). Con sfondo in rosa e testo in grassetto il sito cod. 1800 con procedura in corso.

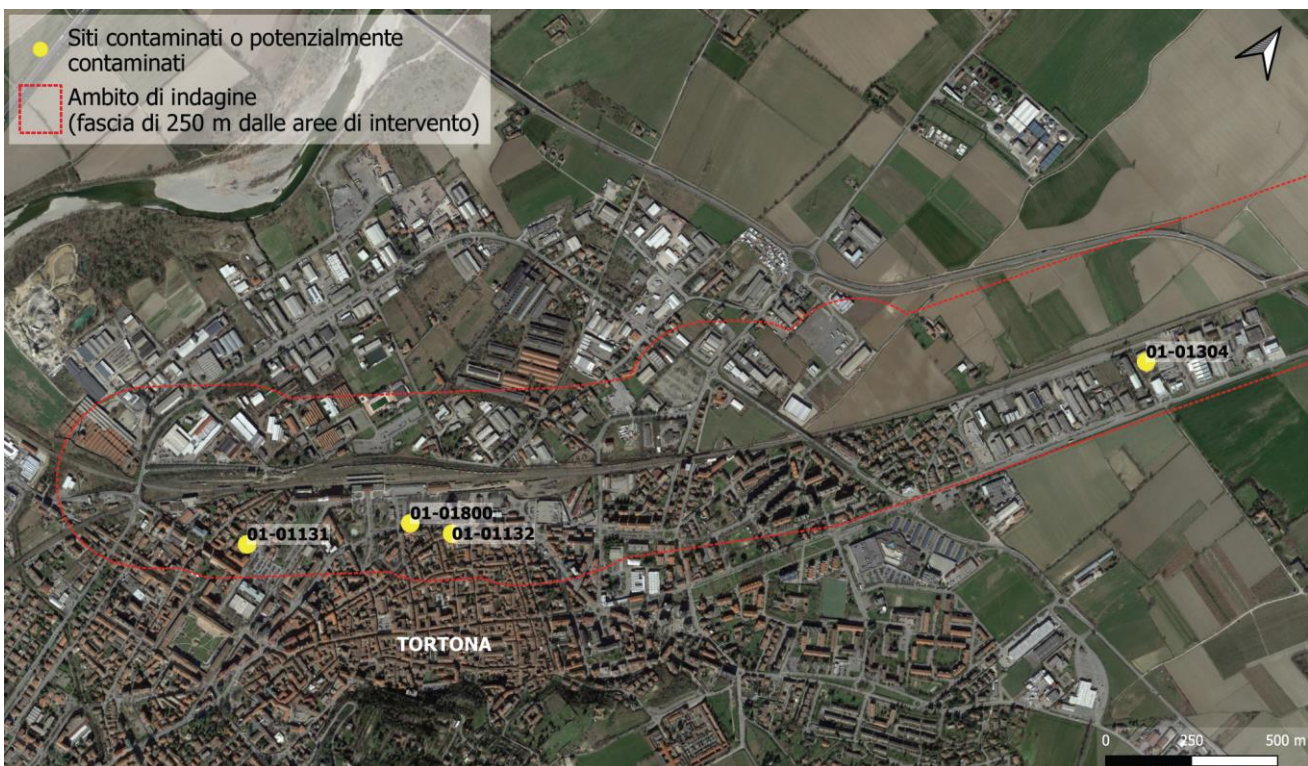


Figura 19 – Comune di Tortona - Siti contaminati o potenzialmente contaminati ricadenti in una fascia di 250 m dalle aree interessate dal Progetto – Individuazione su foto aerea

COD.	Descrizione	INDIRIZZO	SUP. (MQ)	STATO PROCEDIMENTO	STATO
PV182.001 5	Area Ex SNIA (dismessa)	via dello Scalo 29	29.500	Bonifica certificata	bonificato
PV182.0030	Area interna alla sede ferroviaria	via Arcalini	10	Indagine preliminare conclusa - Richieste indagini integrative CdS del 19/05/2022	contaminato
PV182.003 2	Area ex Texiria (dismessa)	via Montebello	34.000	Bonifica certificata	bonificato
PV182.0044	Officine ferroviarie	Via Lomellina	20.000	Indagine preliminare conclusa - Richieste indagini integrative CdS del 05/05/2022	contaminato

Tabella 4 - Comune di Voghera - Siti contaminati o potenzialmente contaminati ricadenti in una fascia di 250 m dalle aree interessate dal Progetto (Fonte AGISCO). Con sfondo in rosa e testo in grassetto il sito cod. PV 182.0030 con procedura in corso.




	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 52 di 86

Figura 20 – Comune di Voghera - Siti contaminati o potenzialmente contaminati ricadenti in una fascia di 250 m dalle aree interessate dal Progetto – Individuazione su foto aerea

L'approfondimento condotto ha evidenziato che per sei dei si siti individuati sono stati completati gli interventi di bonifica e che, pertanto sono solo per due siti, entrambi a nel Comune di Voghera, si riscontra la non conclusione del procedimento:

- Il sito PV182.0030
- Il sito PV182.0044

Il sito PV182.0030 all'interno dell'area dello scalo ferroviario ferroviario, relativo ad un procedimento aperto nel 2009 a seguito della rimozione di una cisterna contenente gasolio per il riscaldamento:

- è stato eseguito un Piano di Caratterizzazione, con trincee e sondaggi con prelievo di campioni di terreno, riscontrando superamenti in idrocarburi C<12 e C>12 di colonna B di cui alla Tabella 1 allegato 5, titolo V parte IV del D.Lgs n. 152 del 2006 e s.m.i.;
- è stata eseguita una Analisi di Rischio che ha escluso rischi per lavoratori che frequentano l'area dello scalo.

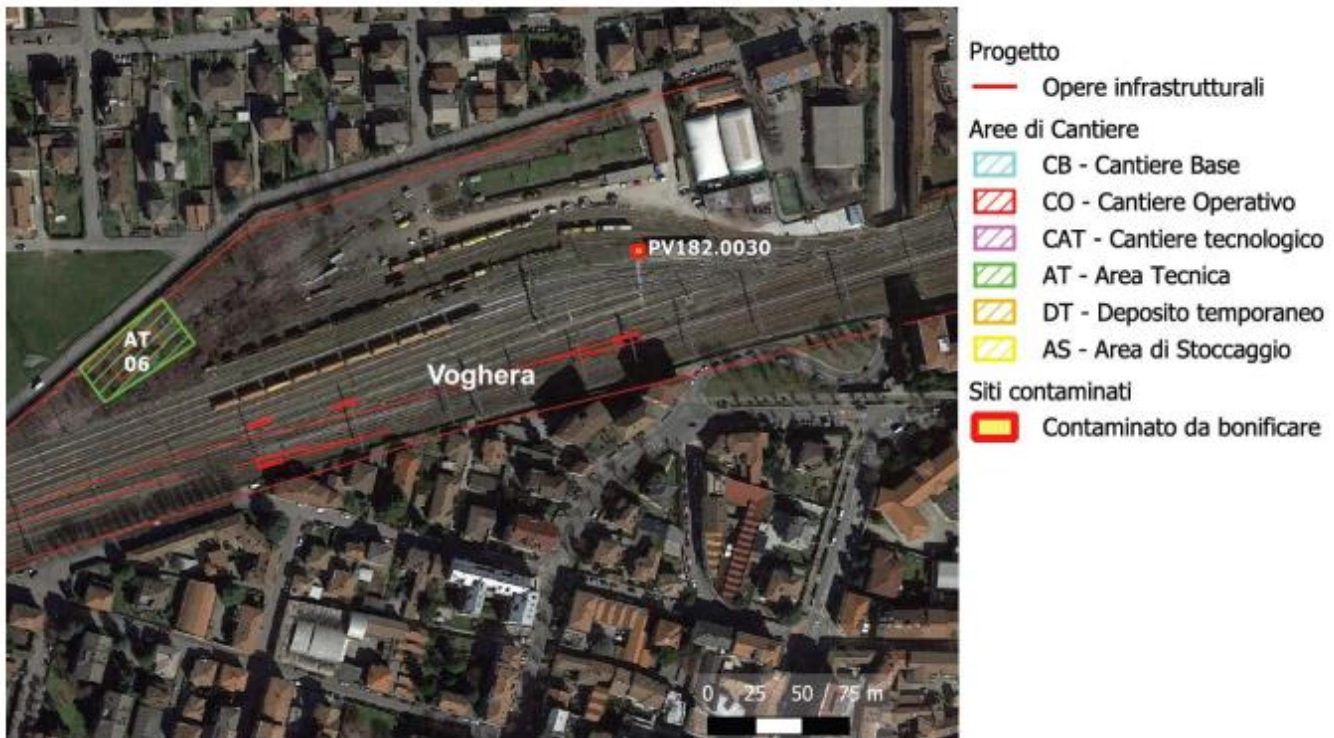



Figura 21 – Individuazione su foto aerea del sito cod. PV182.0030 a Voghera e delle aree interessate dal progetto

Il sito in questione, situato, come detto, all'interno dello scalo ferroviario della Stazione di Voghera, a ridosso di un piccolo fabbricato, occupa una superficie di circa 10 m² ed è posto a circa 40 metri dalle aree interessate da interventi di adeguamento della ferroviaria esistente e a circa 300 m dall'area di cantiere più vicina (vedi Figura 9). In ragione della distanza tra il sito in questione e gli interventi previsti e l'area di cantiere più prossima è possibile escludere qualsivoglia interferenza del progetto in esame con l'area da bonificare.

Il sito PV182.0030 all'interno dell'area delle officine ferroviarie di Trenitalia S.p.A. in via Lomellina relativo alla bonifica dei terreni intorno a due serbatoi di gasolio rimossi. L'inquinamento riguarda i terreni e sono in atto, per l'analisi di rischio, indagini di approfondimento sulla matrice acque sotterranee a seguito di specifica prescrizione CdS

05.05.2022

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>54 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	54 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	54 di 86								

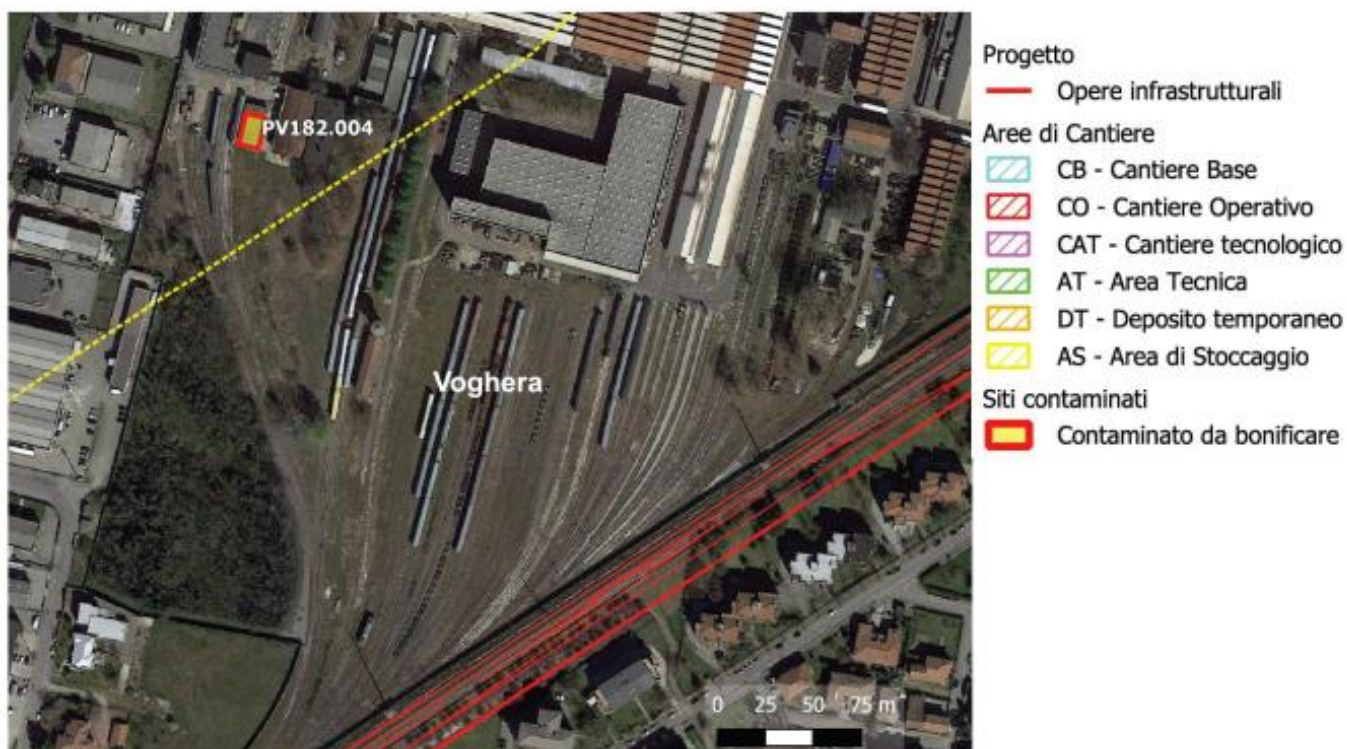


Figura 22 – Individuazione su foto aerea del sito cod. PV182.0044 a Voghera e delle aree interessate dal progetto


Il sito in questione occupa un'area di superficie non bene identificata in corrispondenza di fabbricato tecnico posto a ad ovest dell'area delle officine oltre 250 metri.

Considerata la distanza di questo dalle aree interessate dagli interventi, non sono ravvisabili interferenze tra il sito in questione e il progetto. In ogni caso, nelle successive fasi progettuali tale assunzione dovrà essere verificata acquisendo informazioni più dettagliate circa l'effettiva estensione dell'area contaminata e tenendo conto degli esiti degli approfondimenti in corso.

Per ulteriori dettagli si rimanda all'elaborato "Censimento siti contaminati e potenzialmente contaminati" (IQ0101R69RGSB0000001A).

4.4 CAMPIONAMENTO ED ANALISI

Nel corso delle attività di progettazione di fattibilità tecnico economica sono state eseguite delle analisi di caratterizzazione ambientale dei terreni atte a definire lo stato qualitativo dei

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 55 di 86

materiali da scavo provenienti dalla realizzazione delle principali opere all'aperto; come tali le profondità di indagine sono state spinte fino alla quota di scavo prevista nei diversi tratti del tracciato in progetto.

Le attività di indagine sono state svolte conformemente ai criteri di caratterizzazione previsti all'Allegato 4 del D.P.R. 120/2017 e pertanto forniscono un quadro completo ed esaustivo sulle caratteristiche dei materiali che saranno oggetto di scavo e quindi sulla loro possibile gestione.


Ad ogni modo oltre alle analisi di caratterizzazione già eseguite in fase di progettazione, in corso d'opera si procederà ad eseguire ulteriori campionamenti 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 (oggetto del PUT), al fine di attestare la conformità dei materiali provenienti sia dalle opere in sotterraneo sia dalle opere all'aperto, affinché possano essere considerati sottoprodotti e non rifiuti ai sensi dell'art. 183, comma 1, lettera qq) del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. ed evidenziare il rispetto dei requisiti richiesti dal D.P.R.120/2017. L'implementazione del piano di campionamento e monitoraggio in corso d'opera avverrà secondo quanto previsto dall'Allegato 9 (Procedure di campionamento in corso d'opera e per i controlli e le ispezioni) del D.P.R.120/2017.

Come precedentemente riportato, per la rappresentazione grafica dei punti di campionamento, le tabelle riepilogative e relativi rapporti di prova delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte si rimanda all'elaborato "*Schede Tecniche dei Siti di Produzione - IQ0101R52SHTA0000001*".

4.4.1 Indagini ambientali sui terreni lungolinea

In corrispondenza delle aree oggetto di intervento, nel corso delle attività di progettazione di fattibilità tecnico economica, sono state eseguite indagini per la caratterizzazione dei terreni al fine di definire, da un lato le caratteristiche chimiche dei materiali che verranno movimentati in fase di esecuzione lavori e dall'altro le loro modalità di gestione.

Si precisa che nell'ottica di intraprendere un iter di gestione dei materiali di scavo in qualità di sottoprodotti ai sensi del D.P.R. 120/2017, è stato rispettato il passo di 2.000 m, così

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
	PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B

come indicato all'Allegato 2 dello stesso decreto, mentre le profondità di campionamento sono state determinate sulla base delle profondità di scavo previste da progetto.

L'ubicazione dei punti di indagine è illustrata nell'elaborato "Schede Tecniche dei Siti di Produzione - IQ0101R52SHTA0000001A".

Nel dettaglio, in relazione alla campagna effettuata tra il 19 e il 20 maggio 2021, sono stati prelevati:

- n. 10 campioni di terre e rocce da scavo (mediante pozzetto esplorativo) nei punti riportati in Tabella 5 per successiva caratterizzazione secondo quanto previsto dalla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017 e confronto con i limiti di cui alla Tabella 1 Allegato 5 al Titolo V della Parte IV D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e Allegato 2, Art. 3 del DM 46/2019;


Denominazione pozzetto	Profondità di prelievo 1	Profondità di prelievo 2	Profondità di prelievo 3
P2		da -1 m a -2 m	da -2 m a -3 m
P3	da 0 m a -1 m	da -1 m a -2 m	da -2 m a -3 m
P4	da 0 m a -1 m	da -1 m a -2 m	da -2 m a -3 m
P6		da -1 m a -2 m	da -2 m a -3 m

Tabella 5 - Punti di prelievo campioni di suolo per caratterizzazione ambientale

- n. 6 campioni di terre e rocce da scavo da cassetta catalogatrice nei punti riportati in Tabella 6 per successiva caratterizzazione secondo quanto previsto dalla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017 e confronto con i limiti di cui alla Tabella 1 Allegato 5 al Titolo V della Parte IV D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e Allegato 2, Art. 3 del DM 46/2019.

Denominazione sondaggio	Profondità di prelievo 1	Profondità di prelievo 2	Profondità di prelievo 3
S13	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
S15	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -4,5 m

Tabella 6 - Punti di prelievo campioni di suolo per caratterizzazione ambientale

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
	PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B

Si evidenzia che in corrispondenza del sondaggio S9 e del pozzetto esplorativo P6 è stata riscontrata la presenza di materiale di riporto.

Si riporta in Tabella 7 l'elenco dei campioni di terreno di riporto prelevati:

Denominazione sondaggio/pozzetto	Profondità di prelievo
S9	da 0 m a -2,6 m
P6	da 0 m a -1 m


Tabella 7 - Punti di prelievo campioni di materiale di riporto

Tutti i campioni da sottoporre a caratterizzazione ambientale sono stati vagliati in campo mediante un setaccio a maglie in metallo di diametro pari a 2 cm, per eliminare il materiale più grossolano mentre per i campioni da sottoporre a caratterizzazione rifiuti è stato prelevato il materiale tal quale senza preventiva vagliatura in campo.

I campioni prelevati sono stati posti in barattoli di plastica, barattoli in vetro e vials, contraddistinti da opportuna etichetta indelebile riportante la localizzazione del sito, il numero del sondaggio, la profondità e la data del prelievo e sono stati conservati alla temperatura di 4 °C in minifrigoriferi portatili fino all'inizio delle analisi, accompagnati dalla scheda di campionamento (catena di custodia).

Di seguito si riporta il set analitico ricercato sui campioni di terreno prelevati:

METALLI	
Arsenico	mg/kg
Cadmio	mg/kg
Cobalto	mg/kg
Cromo	mg/kg
Cromo esavalente (VI)	mg/kg
Mercurio	mg/kg
Nichel	mg/kg
Piombo	mg/kg
Rame	mg/kg
Zinco	mg/kg
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI	
Benzene	mg/kg
Etilbenzene	mg/kg


	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
	PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B

Stirene	mg/kg
Toluene	mg/kg
Xileni	mg/kg
Sommatoria composti organici aromatici	mg/kg
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	
Benzo(a)antracene	mg/kg
Benzo(a)pirene	mg/kg
Benzo(b)fluorantene	mg/kg
Benzo(k)fluorantene	mg/kg
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg
Crisene	mg/kg
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg
Indenopirene	mg/kg
Pirene	mg/kg
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg
IDROCARBURI	
Idrocarburi pesanti C > 12 (C12-C40)	mg/kg
ALTRE SOSTANZE	
Amianto SEM (Analisi Quantitativa)	mg/kg
Amianto SEM (Analisi Qualitativa)	Pres. - Ass.

Tabella 8 – Set analitico analisi di caratterizzazione ambientali dei terreni

Le determinazioni analitiche sono state condotte sulla frazione granulometrica dei campioni di terreno prelevati passante al vaglio 2 mm e i dati analitici sono stati riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro (frazione granulometrica compresa tra 2 cm e 2 mm), come indicato dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

I risultati analitici sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alla Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e.s.m.i. e al Decreto 1 Marzo 2019 n. 46, ed hanno evidenziato il rispetto totale dei limiti di cui alla Colonna B (Siti a destinazione d'uso commerciale e industriale), mentre hanno evidenziato alcuni superamenti dei limiti di Colonna A (Siti a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale) e del Decreto 1 Marzo 2019 n. 46 (Siti a destinazione d'uso agricola) per i seguenti analiti:

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 59 di 86


- Nichel – P3 (tra 0 e -1m) P3 (tra -1m e -2m), P3 (tra -2m e -3m)
- Cromo totale – P3 (tra 0 e -1m), P3 (tra -1m e -2m), P3 (tra -2m e -3m), P4 (tra 0 e -1m), P6 (tra -1m e -2m)

In riferimento alle indagini effettuate si può quindi affermare che i materiali prodotti nell'ambito delle lavorazioni presentano caratteristiche idonee al loro utilizzo finale, così come previsto nel presente PUT, precisando che i materiali di scavo conformi alla destinazione d'uso commerciale/industriale (Colonna B), non riutilizzati nell'ambito del progetto, verranno gestiti nel regime dei rifiuti o conferiti come sottoprodotto in siti esterni da riambientalizzare. In riferimento a questi ultimi, si precisa che potranno essere utilizzati quei materiali che presentano concentrazioni conformi alla destinazione urbanistica del sito esterno (Colonna A o Colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e.s.m.i. e Decreto 1 Marzo 2019 n. 46).

Per quanto riguarda i due campioni di materiale di riporto, si è proceduto alla quantificazione della componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale secondo la metodologia di cui all'Allegato 10 del DPR 13 giugno 2017, n. 120. Si precisa che tale determinazione è stata effettuata considerando come peso totale del campione sottoposto ad analisi (sopravaglio+sottovaglio) quello relativo all'orizzonte stratigrafico del primo metro di sondaggio.


Il materiale di riporto per il quale è stata registrata una % di materiale di origine antropica < 20% (P6) è stato, oltre ad essere caratterizzato secondo quanto previsto dalla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017 e confrontato con i limiti della Tab. 1 All. 5 al Titolo V della Parte IV D.Lgs 152/06 e s.m.i., sottoposto al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero», pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Dagli esiti delle analisi si rileva che non si assiste a superamenti dei limiti di Colonna A (siti a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale) né di Colonna B (siti ad uso

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>60 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	60 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	60 di 86								

commerciale e industriale) Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs.152/06. Non sono altresì stati registrati superamenti rispetto ai limiti di cui al DM 46/2019 – Allegato 2, Art. 3.

Il test di cessione ha evidenziato la conformità rispetto alle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..Il materiale di riporto per il quale è stata registrata una % di materiale di origine antropica > 20% (S9) è stato sottoposto a caratterizzazione ai fini della gestione come rifiuto e test di cessione secondo quanto previsto dal D.Lgs. n°121 del 03/09/2020 GU 14 settembre 2020 n°228 e dall'Allegato 3 del D.M. 05/02/98. Per i dettagli si rimanda al Piano di Gestione dei Materiali di Risulta (IQ0101R52RGTA0000001).

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 61 di 86

5 METODICHE DI SCAVO, ANALISI E OPERAZIONI SUI SOTTOPRODOTTI

5.1 TECNICHE DI SCAVO

Le opere che comportano attività di scavo, dalle quali verranno prodotti i materiali di risulta oggetto del presente documento, sono principalmente i ponti, i sottovia, i sottopassi, la cavalcaferrovia, la galleria artificiale. In misura minore, invece, comporteranno la produzione di materiali di scavo opere quali rilevati e opere idrauliche.

5.1.1 Scavo Tradizionale

Per la realizzazione della maggior parte delle suddette **opere in terra** si prevedono unicamente **tecniche di scavo eseguite attraverso tradizionali mezzi meccanici con benna** (principalmente escavatori a braccio rovescio).


5.1.2 Fondazioni e opere di sostegno

Le opere di fondazione comportano, quindi, attività di perforazione eseguite anche mediante l'utilizzo di fanghi bentonitici che non comporteranno alcuna modificazione delle caratteristiche di base dei materiali scavati. A tal proposito si rimanda all'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.

5.2 QUADRO DEI MATERIALI DI SCAVO PRODOTTI

I materiali da scavo che verranno prodotti dalla realizzazione delle opere in oggetto, nell'ottica del rispetto dei principi ambientali di favorire il riutilizzo piuttosto che lo smaltimento saranno, ove possibile, reimpiegati nell'ambito delle lavorazioni a fronte di un'ottimizzazione negli approvvigionamenti esterni o, in alternativa, conferiti a siti esterni.

Si precisa che, in riferimento ai fabbisogni dell'opera in progetto e alla caratterizzazione ambientale eseguita in fase progettuale, quota parte dei materiali presentano caratteristiche geotecniche e chimiche idonee per possibili utilizzi interni quali formazione di rilevati, rinterri, riempimenti e coperture vegetali.


	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
	PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa con indicazione dei materiali scavati per tipologia di opere con indicazione di riutilizzo interno o esterno al progetto.

TEMATICA	PRODUZIONE [mc]	RIUTILIZZO INTERNO [mc]		UTILIZZO ESTERNO [mc]	
		STESSA WBS	ALTRA WBS	RIFIUTI [mc]	SOTTOPRODOTTI [mc]
Gallerie artificiali	13.586	11.083	1.856	194	453
Cavalcaferrovia	75.202	72.569	0	790	1.843
Rilevati	332.585	55.975	54.689	66.576	155.345
Nuova viabilità	15.246	3.790	0	3.437	8.019
Viadotti	111.413	32.962	15.243	18.962	44.245
Altre opere	26.103	1.361	6.433	5.493	12.816
Opere a verde	-	-	-	-	-
Interventi TE	12.800	-	-	12.800	-
586.935		177.740	78.221	108.252	222.722
		255.961			
		ai sensi del DPR 120/2017		non gestibile ai sensi del DPR 120/2017	ai sensi del DPR 120/2017

In riferimento alla tabella sopra riportata, pertanto, la realizzazione del progetto inerente il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera porterà alla produzione di un quantitativo complessivo di **586.935 mc** (in banco) che, in riferimento ai fabbisogni dell'opera in progetto e alla caratterizzazione ambientale eseguita in fase progettuale, sarà suddiviso nel seguente modo:

- riutilizzo interno all'opera nell'ambito del D.P.R 120/2017: **255.962 mc** (di cui 89.467 mc, sono costituiti da terreno vegetale che sarà riutilizzato per interventi di inerbimento e per opere a verde) ;
- riutilizzo esterno all'opera per attività di rimodellamento morfologico/recupero di siti esterni nell'ambito del D.P.R 120/2017: **222.722 mc**
- materiale da gestire come rifiuto ai sensi della Parte IV del D. Lgs.152/2006: **108.252 mc.**

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 63 di 86

5.3 TRATTAMENTI NORMALE PRATICA INDUSTRIALE

Al fine di migliorare le caratteristiche merceologiche dei materiali di scavo e renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace, qualora necessario, si prevede di sottoporli a trattamenti di normale pratica industriale, così come definiti dall'Allegato 3 del DPR 120/2017.


In particolare, al fine di garantire ai sottoprodotti il rispetto delle migliori caratteristiche meccaniche e prestazionali tutti i materiali che si prevede di riutilizzare all'interno dell'opera potranno essere sottoposti alle seguenti operazioni di normale pratica industriale:

- 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 vagliatura avverrà all'interno delle aree di cantiere;
- la **riduzione volumetrica** mediante frantumazione, 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 frantumazione avverrà mediante l'utilizzo di un frantoio mobile da posizionare all'interno delle aree di cantiere.

5.4 ATTIVITA' DI CONTROLLO E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Come già sottolineato precedentemente, pur ritenendo la fase di indagine preliminare sopra descritta esaustiva, soprattutto considerando che le tecniche di scavo che verranno utilizzate non porteranno alla modificazione delle caratteristiche dei materiali scavati e già caratterizzati, si procederà comunque, in corso d'opera, ad eseguire ulteriori indagini volte esclusivamente a confermare quanto già evidenziato dalle indagini eseguite in fase progettuale. Tale approccio risponde inoltre a quanto precedentemente indicato dal MASE nel corso degli iter autorizzativi dei PUT precedentemente approvati e redatti dalla scrivente.

Di seguito si riportano quindi i criteri generali di esecuzione della caratterizzazione in corso d'opera che avverrà conformemente a quanto stabilito dall'Allegato 9 del D.P.R. 120/2017.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 64 di 86

5.4.1 Modalità di caratterizzazione dei materiali di scavo

Il D.P.R. 120/2017, nell'Allegato 9 "Procedure di campionamento in corso d'opera e per i controlli e le ispezioni" - Parte A "Caratterizzazione delle terre e rocce da scavo in corso d'opera - verifiche da parte dell'esecutore" riporta che *"Le attività di caratterizzazione durante l'esecuzione dell'opera possono essere condotte a cura dell'esecutore, in base alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, secondo una delle seguenti modalità:*


- su cumuli all'interno di opportune aree di caratterizzazione,*
- direttamente sull'area di scavo e/o sul fronte di avanzamento,*
- sull'intera area di intervento.*

Per il trattamento dei campioni al fine della loro caratterizzazione analitica, il set analitico, le metodologie di analisi, i limiti di riferimento ai fini del riutilizzo si applica quanto indicato negli allegati 2 e 4 del medesimo DPR.

In riferimento alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, i materiali di scavo prodotti dalla realizzazione delle opere previste dal progetto di fattibilità tecnico economica saranno caratterizzati su cumuli all'interno delle aree di stoccaggio, opportunamente distinte e identificate con adeguata segnaletica.

Appare evidente che il Programma Lavori potrà essere approfondito solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle specifiche esigenze operative di cantiere pertanto, come previsto dal D.P.R. 120/2017, le caratterizzazioni in corso d'opera potrebbero essere eseguite presso opportune "piazzole di caratterizzazione" e non necessariamente in corrispondenza delle aree di stoccaggio/siti di deposito in attesa di utilizzo.

Come prescritto dall'Allegato 9 del D.P.R. 120/2017, le piazzole di caratterizzazione saranno impermeabilizzate al fine di evitare che le terre e rocce non ancora caratterizzate entrino in contatto con la matrice suolo ed avranno superficie e volumetria sufficiente a garantire il tempo di permanenza necessario per l'effettuazione del campionamento e delle analisi. Le modalità di gestione dei cumuli dovranno garantirne la stabilità, l'assenza di erosione da parte delle acque e la dispersione in atmosfera di polveri, anche ai fini della

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>65 di 86</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	65 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	65 di 86								

salvaguardia dell'igiene e della salute umana, nonché della sicurezza sui luoghi di lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/2008.

In riferimento al bilancio dei materiali riportato nei paragrafi precedenti, si riporta di seguito una tabella riepilogativa del numero di cumuli che si prevede di produrre dai materiali di scavo prodotti da ciascuna macrocategoria di opera.

TEMATICA2	TOTALE SOTTOPRODOTTI [mc]	NUMERO ANALISI PUT
		[1 ogni 5.000 mc]
Gallerie	13.392	3
Cavalcaferrovia	74.412	15
Rilevati	266.009	54
Viabilità	11.809	3
Viadotti	92.450	19
Altre opere	20.610	5
TOTALE	478.682	99

Rispetto ai **n. 99** cumuli complessivamente realizzabili, 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

Applicando la formula, dei n = 99 cumuli realizzabili dall'intera massa di materiali di scavo da verificare per le opere all'aperto si prevede di analizzarne m ~ 23.

Il campionamento, come previsto dallo stesso Allegato 9 al D.P.R.120/17, sarà effettuato in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo i criteri, le procedure, i metodi e gli standard. In particolare si prevede di formare, per ciascun cumulo omogeneo di volume pari a 5.000 mc, un campione medio composito prelevando almeno 8 incrementi di

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 66 di 86

cui 4 da prelievi profondi e altrettanti da prelievi superficiali da più punti sparsi sullo stesso cumulo a mezzo di escavatore meccanico a benna rovescia. Gli incrementi prelevati dovranno essere miscelati tra loro al fine di ottenere un campione medio composito rappresentativo dell'intera massa da sottoporsi alle determinazioni analitiche previste.

Sulla base di quanto riportato nell'Allegato 4 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali" del D.P.R.120/17, i campioni da portare in laboratorio saranno privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche saranno condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione sarà determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm). In caso di terre e rocce da scavo provenienti da scavi di sbancamento in roccia massiva, la caratterizzazione ambientale è eseguita previa porfirizzazione dell'intero campione.

Le analisi chimico-fisiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.


Nell'impossibilità di raggiungere tali limiti di quantificazione saranno utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra.

Su tutti i campioni prelevati saranno ricercati i parametri di cui alla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017.

In riferimento alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, verrà valutata l'opportunità si procedere all'adozione – in maniera integrata – sia della caratterizzazione delle terre e rocce da scavo su cumuli (con le modalità sopra descritte) sia sul fronte di avanzamento dei lavori.

5.4.2 Rispetto dei requisiti di qualità ambientale

Il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'art. 184 bis, comma 1, lettera d), del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. per l'utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotti, è garantito se il contenuto di sostanze inquinanti all'interno dei materiali da scavo è inferiore alle

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 67 di 86

Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla 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.

Si ricorda che secondo quanto previsto dal D.P.R. 120/2017, *i materiali da scavo sono utilizzabili per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali:*

- *se la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla colonna A, in qualsiasi sito a prescindere dalla sua destinazione;*
- *se la concentrazione di inquinanti è compresa fra i limiti di cui alle colonne A e B, in siti a destinazione produttiva (commerciale e industriale).*

In riferimento alle analisi eseguite in fase progettuale i materiali di scavo potranno essere tutti conferiti in siti a destinazione d'uso commerciale/industriale (Colonna B per le wbs interne al progetto); in riferimento ai siti di destinazione esterni individuati, quali cave da riambientalizzare, invece, potranno essere utilizzati solo quei materiali che presentano concentrazioni conformi alla destinazione d'uso del


sito stesso (Colonne A o B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e.s.m.i. e Decreto 1 Marzo 2019 n. 46).

Nel caso in cui le indagini in corso d'opera mostrassero valori di concentrazione degli analiti ricercati superiori alle CSC di cui alla Colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., si provvederà a gestire il materiale in questione in ambito normativo di rifiuto ai sensi della Parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.

5.4.3 Monitoraggio ambientale connesso al Piano di utilizzo (CO)

Sulla base di quanto usualmente richiesto dal MiTE nell'ambito degli iter autorizzativi dei precedenti PUT approvati e proposti dalla scrivente, si riportano di seguito i criteri generali di esecuzione delle attività di monitoraggio ambientale da eseguirsi in fase di Corso d'Opera (CO) sulle matrici ambientali interessate dall'attuazione del Piano di Utilizzo, rimandando per i dettagli al contenuto del **Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA)**.

In particolare, in relazione alle specifiche attività di gestione dei materiali di scavo in conformità al Piano di Utilizzo, oltre a quanto già previsto nel PMA il monitoraggio

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>68 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	68 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	68 di 86								


ambientale verrà esteso sulle seguenti componenti ambientali, prevedendone inoltre un eventuale aggiornamento in linea con il grado di dettaglio della successiva fase di Progetto Esecutivo:

- Materiali da scavo;
- Acque superficiali di ruscellamento e percolazione;
- Acque sotterranee.

Relativamente alle modalità di campionamento e di caratterizzazione chimico fisica dei **materiali di scavo** in Corso d’Opera (CO) si rimanda interamente a quanto già descritto nei paragrafi precedenti, nonché a quanto contenuto all’interno del PMA. I risultati delle analisi da eseguirsi in fase di attuazione del PUT saranno periodicamente comunicati al servizio ARPA di competenza.


In riferimento ai materiali di scavo che verranno stoccati nei siti di deposito in attesa di utilizzo, oltre al rispetto dei criteri di deposito definiti dal D.P.R. 120/2017 e delle modalità realizzative generali descritte nel Piano di Utilizzo, al fine di evitare eventuali fenomeni di contaminazione delle falde idriche sotterranee si prevede di eseguire il monitoraggio in Corso d’Opera (CO) delle **acque superficiali di ruscellamento e percolazione** provenienti dalle aree di stoccaggio dei materiali di scavo. In particolare, rimandando per i dettagli all’approfondimento da eseguirsi in fase di Progetto Esecutivo, si prevede di procedere al campionamento ed analisi delle acque di percolazione dalle aree di deposito in attesa di utilizzo unicamente nei casi in cui ne sia prevista la dispersione al suolo mediante la realizzazione di pozzetti perdenti, mentre nei casi in cui si prevedono sistemi di captazione delle acque di ruscellamento superficiale e successivo scarico – in fognatura o in corpo idrico superficiale – dovrà essere rispettato quanto previsto dalla normativa ambientale vigente nonché quanto eventualmente prescritto dagli Enti titolari dei procedimenti autorizzativi relativi a tali scarichi. Ad ogni modo, le tipologie di campionature e di analisi periodiche, nonché le normative di riferimento saranno preventivamente concordate con il servizio ARPA di competenza, così come le circostanze e casistiche in cui sarà eventualmente necessario rinfittire i campionamenti.

L’eventuale infiltrazione delle acque di percolazione superficiale nelle falde profonde sarà comunque controllata anche attraverso il monitoraggio in Corso d’Opera (CO) delle acque

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 69 di 86

sotterranee, con frequenza trimestrale, dai piezometri previsti all'interno del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) in corrispondenza delle attività di realizzazione dell'infrastruttura - e quindi di scavo - che potrebbero comportare interferenza diretta con la matrice ambientale in questione. Qualora all'interno delle aree di intervento siano presenti pozzi ad uso idropotabile, la frequenza di campionamento sarà bimestrale. Per i dettagli sui parametri chimico - fisici e sulle caratteristiche tecniche delle attività di monitoraggio si rimanda a quanto descritto all'interno del PMA.

Come previsto nel Progetto di Monitoraggio Ambientale, anche per le matrici ambientali connesse all'attuazione del presente PUT - ove applicabile - il Responsabile Ambientale individuato dal PMA provvederà a trasmettere i risultati validati del Monitoraggio Ambientale Ante Operam (AO) prima dell'inizio delle attività di cantiere.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 70 di 86

6 SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO

6.1 IL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE

Per la realizzazione delle opere in progetto, è prevista l'installazione delle seguenti tipologie di cantieri:

- **cantiere base:** fungono da supporto logistico per tutte le attività relative alla realizzazione degli interventi in oggetto;
- **cantiere operativo:** contiene gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere;
- **aree tecniche:** risultano essere quei cantieri funzionali in particolare alla realizzazione di singole opere (viadotti, cavalcaferrovia...). Al loro interno sono contenuti gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere;
- **aree di stoccaggio:** sono quelle aree di cantiere destinate allo stoccaggio del materiale proveniente da scotico, scavi, demolizioni, ecc., in attesa di eventuale caratterizzazione chimica e successivo allontanamento per riutilizzo in cantiere, conferimento a siti esterni per attività di rimodellamento o recupero/smaltimento presso impianti esterni autorizzati;
- **cantieri armamento:** tali aree sono di supporto alla esecuzione dei lavori di armamento ed attrezzaggio tecnologico della linea.
- **aree di deposito terre:** sono quelle aree destinate all'eventuale accumulo delle terre di scavo. Tale stoccaggio è stato previsto con funzione di "polmone" in caso di interruzioni temporanee della ricettività dei siti esterni di destinazione definitiva. Le predette aree di deposito sono state proporzionate onde garantire almeno 8 mesi di accumulo dello scavo al fine di assicurare, su tale periodo, la continuità delle lavorazioni.


Le aree di cantiere sono state selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- lontananza da ricettori critici e da aree densamente abitate;

- facile collegamento con la viabilità esistente, in particolare con quella principale;
- minimizzazione del consumo di territorio;
- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico.
- riduzione al minimo delle interferenze con il patrimonio culturale esistente.

La tabella seguente illustra il sistema di cantieri previsto per la realizzazione delle opere.

Progressiva	Denominazione cantiere	Comune	Superficie
21+300	CAT01 - Cantiere tecnologico	Tortona	9.100 mq
22+300	CAT03 - Cantiere tecnologico	Tortona	16.900 mq
23+300	AS01 - Area stoccaggio	Tortona	17.000 mq
23+500	CO01 - Cantiere operativo	Tortona	13.000 mq
25+300	AT08 - Area Tecnica	Tortona	800 mq
26+200	AT05 ovest - Area Tecnica	Tortona	1.200 mq
26+200	AT05 est - Area Tecnica	Tortona	1.500 mq
26+600	AS02 - Area stoccaggio	Tortona	23.700 mq
27+500	AT04 ovest - Area Tecnica	Tortona	1.200 mq
27+500	AT04 est - Area Tecnica	Tortona	1.500 mq
29+900	CB01 - Cantiere base	Pontecurone	16.500 mq
30+700	AT02 - Area Tecnica	Pontecurone	2.800 mq
30+800	CO03 - Cantiere operativo	Pontecurone	4.900 mq
31+300	AS04 - Area stoccaggio	Pontecurone	7.130 mq
31+400	DT01 - Deposito Temporaneo	Pontecurone	24.500 mq
31+500	AT01 ovest - Area Tecnica	Pontecurone	6.600 mq
31+700	AT01 est - Area Tecnica	Pontecurone	9.400 mq
32+600	CO02 - Cantiere operativo	Pontecurone	26.500 mq

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>72 di 86</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	72 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	72 di 86								

Progressiva	Denominazione cantiere	Comune	Superficie
34+700	AS05 - Area stoccaggio	Voghera	11.600 mq
34+900	AT07 - Area Tecnica	Voghera	300 mq
35+700	AS06 - Area stoccaggio	Voghera	9.000 mq
35+900	AT03 - Area Tecnica	Voghera	1.100 mq
37+200	AT06 - Area Tecnica	Voghera	1.500 mq
38+500	CAT02 - Cantiere tecnologico	Voghera	21.400 mq


Tabella 9 – Tabella riepilogativa delle aree di cantiere

In rosso sono evidenziate le aree di cantiere che si prevede di utilizzare come siti di deposito delle terre in attesa di utilizzo all'interno delle quali, oltre allo stoccaggio dei sottoprodotti, potranno essere eseguite anche le analisi di caratterizzazione ambientale in corso d'opera descritte nel seguito e finalizzate alla conferma o meno della qualità chimica dei materiali e quindi delle alternative scelte sulla base della caratterizzazione ambientale preliminare svolta in fase progettuale.

Inoltre, è stata individuata (in verde) anche un'area per il deposito delle terre e rocce da scavo (DT.01), evidenziate in grassetto nella tabella precedente.

La preparazione dei cantieri prevedrà, tenendo presenti le tipologie impiantistiche presenti, indicativamente le seguenti attività:

- scotico del terreno vegetale (quando necessario), con relativa rimozione e accatastamento o sui bordi dell'area per creare una barriera visiva e/o antirumore o stoccaggio in siti idonei a ciò destinati (il terreno scotico dovrà essere conservato secondo modalità agronomiche specifiche);
- formazioni di piazzali con materiali inerti ed eventuale trattamento o pavimentazione delle zone maggiormente soggette a traffico (questa fase può anche comportare attività di scavo, sbancamento, riporto, rimodellazione);
- delimitazione dell'area con idonea recinzione e cancelli di ingresso;
- predisposizione degli allacciamenti alle reti dei pubblici servizi;

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>73 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	73 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	73 di 86								

- realizzazione delle reti di distribuzione interna al campo (energia elettrica, rete di terra e contro le scariche atmosferiche, impianto di illuminazione esterna, reti acqua potabile e industriale, fognature, telefoni, gas, ecc.) e dei relativi impianti;
- eventuale perforazione di pozzi per l'approvvigionamento dell'acqua industriale.
- costruzione dei basamenti di impianti e fabbricati;
- montaggio dei capannoni prefabbricati e degli impianti.


Al termine dei lavori, i prefabbricati e le installazioni saranno rimossi e si procederà al ripristino dei siti, salvo che per le parti che resteranno a servizio della linea nella fase di esercizio. La sistemazione degli stessi sarà concordata con gli aventi diritto e con gli enti interessati e comunque in assenza di richieste specifiche si provvederà al ripristino, per quanto possibile, come nello stato ante operam.

Inoltre, prima della realizzazione delle pavimentazioni dei piazzali del cantiere saranno predisposte tubazioni e pozzetti della rete di smaltimento delle acque meteoriche.

Si precisa che il Programma Lavori potrà essere approfondito solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle specifiche esigenze operative di cantiere, pertanto, le ipotesi di utilizzo delle aree di stoccaggio da parte delle diverse WBS di produzione è da ritenersi assolutamente indicativo. Ad ogni modo, ai fini della completa tracciabilità dei materiali di scavo, le eventuali modifiche rispetto a quanto previsto all'interno del presente PUT - anche se ritenute non sostanziali né comportanti Varianti al PUT - verranno opportunamente comunicate all'Autorità Competente.

Inoltre, si specifica che, qualora le aree di stoccaggio accolgano materiali merceologicamente differenti, tutti i materiali depositati saranno separati all'interno di piazzole debitamente identificate e chiaramente distinte in campo al fine di garantire la rintracciabilità dell'opera da cui provengono e della lavorazione che li ha generati. Le piazzole saranno pertanto adibite ad ospitare i materiali per singola e ben distinta tipologia: le piazzole in cui depositare i materiali terrigeni di scavo oggetto del PUT potranno ospitare solo quelli, mentre quelle adibite al deposito rifiuti (suddivisi a loro volta per tipologia merceologica) potranno ricevere solo i rifiuti.

Nella presente fase progettuale sono state prodotte delle schede cartografiche che riportano per ogni deposito terre/cantiere (doc. correlato IQ0101R52SHTA0000002 - Piano

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 74 di 86

di Utilizzo dei Materiali da Scavo – Schede Tecniche dei Siti di Deposito Intermedi) le seguenti informazioni:

- Schede cartografiche siti di deposito in attesa di utilizzo e aree di cantiere
- Viabilità conferimento materiali da scavo


6.2 MODALITÀ DI DEPOSITO DEI MATERIALI DI SCAVO

I materiali di scavo destinati ad essere riutilizzati nell'ambito delle lavorazioni saranno temporaneamente allocati presso le aree di stoccaggio interne al cantiere (siti di deposito intermedi) ed eventualmente sottoposti ad operazioni di normale pratica industriale, per una durata pari a quella del Piano di Utilizzo descritta di seguito.

Il deposito del materiale escavato avverrà in conformità al Piano di Utilizzo identificato, tramite apposita segnaletica posizionata in modo visibile, le informazioni relative al sito di produzione, le quantità del materiale depositato, nonché i dati amministrativi del Piano di Utilizzo.

In particolare, le aree che si prevede di utilizzare come siti di deposito intermedio per i materiali da riutilizzare nell'ambito delle lavorazioni sono quelle indicate nei paragrafi precedenti.

Si precisa che le aree di cui sopra saranno utilizzate anche per il deposito di quei materiali che verranno riutilizzati per le attività di rimodellamento morfologico di siti esterni descritti di seguito, assicurando comunque la rintracciabilità di tutti i materiali stoccati; particolare attenzione sarà posta nel caso in cui i sottoprodotti presentino una diversa conformità ai limiti normativi di riferimento in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti di utilizzo finale. Nel caso in cui in uno stesso sito di deposito intermedio in attesa di utilizzo siano stoccati sia i materiali di scavo da gestire in qualità di sottoprodotti (destinati ai riutilizzi interni o a siti di conferimento esterni) sia quelli da gestire in qualità di rifiuto, si provvederà ad assicurare la separazione fisica degli stessi. Inoltre, saranno tenuti separati i materiali di scavo da gestire in qualità di sottoprodotti conformi ai limiti di cui alla Colonna A, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. da quelli conformi ai limiti di cui alla Colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. o al DM 46/2019.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>75 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	75 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	75 di 86								

I materiali saranno suddivisi per WBS e sottoposti ad indagini di caratterizzazione ambientale, così come descritte nei paragrafi precedenti; nel caso in cui venga adottata la modalità di caratterizzazione in cumulo, la stessa avverrà all'interno delle aree di deposito intermedio o di opportune piazzole di caratterizzazione.


La movimentazione dei materiali avverrà in generale avvalendosi delle seguenti dotazioni: pale gommate, autocarri e pale meccaniche, pompe idrauliche per la captazione delle acque di ruscellamento, gruppi elettrogeni e impianto di illuminazione.

Ciascuna piazzola sarà preventivamente modellata in maniera da minimizzare le asperità naturali del terreno; sarà realizzato, su tre lati, un argine di protezione in terra a sezione trapezoidale.

Inoltre, verrà realizzata una idonea rete di raccolta e drenaggio delle acque meteoriche volta ad evitare il ruscellamento incontrollato delle acque venute a contatto con i rifiuti ivi depositi.

Da un punto di vista costruttivo si procederà quindi come segue:

- modellamento della superficie su cui sorgerà il modulo di deposito intermedio terre tramite limitate movimentazioni di materiale, allo scopo di regolarizzare la superficie e creare una pendenza omogenea dell'ordine dello 1% in direzione del lato privo di arginatura;
- predisposizione di una canaletta di sezione trapezoidale posta ai piedi della pendenza;
- Impermeabilizzazione della canaletta con geotessile tessuto in polietilene ad alta densità (HDPE), rivestito con uno strato di polietilene a bassa densità (LDPE);
- realizzazione di un pozzetto di sicurezza posto lateralmente all'area di stoccaggio nel quale verranno convogliate le acque raccolte dalla canaletta di cui al punto precedente;
- impermeabilizzazione della superficie e degli argini in terra con telo di materiale polimerico (HDPE) previa stesura di tessuto non tessuto a protezione del telo stesso. Al di sopra della geomembrana impermeabilizzante sarà, quindi, posato uno strato di terreno compattato dello spessore di 10 - 15 cm per evitare danneggiamenti della struttura impermeabile realizzata dovuti al transito dei mezzi d'opera.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>76 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	76 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	76 di 86								

Per la preparazione delle aree di stoccaggio/cantiere, i primi 50 cm di terreno vegetale derivanti dallo scotico necessario alla preparazione delle aree di stoccaggio saranno mantenuti separati dal materiale sottostante e gestiti come previsto del Progetto di Monitoraggio Ambientale.

Qualora, durante la fase di deposito il livello dell'acqua nel pozzetto raggiungesse il franco di sicurezza, si procederà allo svuotamento tramite autobotte gestendo l'acqua come rifiuto e provvedendo al conferimento ad idoneo impianto autorizzato, sempre previa caratterizzazione analitica.

In funzione delle condizioni meteorologiche, al termine di ogni giornata di lavoro si provvederà a stendere sopra ciascun cumulo un telo impermeabile in PE, opportunamente ancorato, in modo da evitare fenomeni di dilavamento dei materiali ivi depositati da parte delle acque meteoriche.


Nel caso di aree di stoccaggio adibite sia ad ospitare i materiali da scavo da gestire in qualità di sottoprodotto, che i materiali da gestire in qualità di rifiuti, ogni piazzola presente sarà dedicata e distinta per tipologia di materiali stoccati. In tal modo all'interno del cantiere saranno sempre tenuti ben distinti i materiali terrigeni di scavo da gestire in regime di sottoprodotto dai materiali gestiti in qualità di rifiuto.

All'interno delle aree i materiali depositati da gestire in qualità di sottoprodotto saranno suddivisi in cumuli; la tracciabilità 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.

6.3 MODALITÀ DI TRASPORTO

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 finali (WBS interne al progetto e siti di destinazione finale).

Nel caso in cui si renda necessario impegnare la viabilità esterna al cantiere, il trasporto del materiale escavato sarà accompagnato dal Documento di Trasporto, di cui all'Allegato 7 del D.P.R 120/17.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 77 di 86


Il Documento di Trasporto conterrà le generalità della stazione appaltante, della ditta appaltatrice dei lavori di scavo, della ditta che trasporta il materiale, della ditta che riceve il materiale e/del luogo di destinazione, targa del mezzo utilizzato, sito di provenienza, data e ora del carico, quantità e tipologia del materiale trasportato.

In fase di corso d'opera, sarà comunque cura dell'Appaltatore in qualità di Esecutore del Piano di Utilizzo e di produttore dei materiali di scavo, garantire la corretta applicazione del Piano di Utilizzo approvato e conseguentemente assicurare la rintracciabilità dei materiali mediante la predisposizione di adeguata documentazione e installazione sui mezzi di trasporto di GPS.

Nel doc. correlato "IQ0101R52SHTA0000002 - Piano di Utilizzo dei Materiali da Scavo - Schede Tecniche dei Siti di Deposito Intermedio" si riporta la planimetria con l'indicazione dei percorsi utilizzabili per il conferimento dei materiali dal sito di produzione al sito di deposito in attesa di utilizzo.

6.4 CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO

Nel corso della successiva fase di progettazione, in aggiunta a quanto sopra, seppur non esplicitamente richiesto dal D.P.R.120/2017, sulla base di quanto usualmente richiesto dal MASE nell'ambito degli iter autorizzativi dei precedenti PUT approvati e proposti dalla scrivente verranno caratterizzati tutti i siti di deposito in attesa di utilizzo intermedio mediante il prelievo ed analisi di campioni dello strato superficiale, conformemente ai criteri di caratterizzazione previsti all'Allegato 4 del D.P.R. 120/2017.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>78 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	78 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	78 di 86								

7 SITI DI DEPOSITO FINALE


La realizzazione delle opere previste determina la produzione complessiva di circa 586.935 mc (in banco) di materiali di risulta.

In linea con i principi ambientali di favorire il riutilizzo dei materiali piuttosto che lo smaltimento, i materiali di risulta prodotti verranno, ove possibile, riutilizzati nell'ambito degli interventi in progetto o in siti esterni, mentre i materiali di risulta non riutilizzabili o in esubero rispetto ai fabbisogni del progetto verranno invece gestiti in regime di rifiuto e conferiti presso impianti esterni di recupero/smaltimento autorizzati.

In particolare, in riferimento ai materiali terrigeni, sulla base dei risultati ottenuti a seguito delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte in fase progettuale, delle caratteristiche geotecniche e dei fabbisogni di progetto che ammontano a 1.017.793 mc, gli interventi necessari al Quadruplicamento del tratto Tortona – Voghera della linea ferroviaria Milano Genova saranno caratterizzati dai seguenti flussi di materiale:

- materiali da scavo da riutilizzare nell'ambito dell'appalto, che verranno trasportati dai siti di produzione ai siti di deposito terre in attesa di utilizzo ed infine conferiti ai siti di utilizzo interni al cantiere: tali materiali saranno gestiti ai sensi del D.P.R. 120/2017 ed ammontano a 255.961 mc (in banco). Una parte di questi materiali (86.467 mc) sono costituiti da terreno vegetale da riutilizzare nell'ambito dell'appalto, che verrà trasportato dai siti di produzione ai siti di deposito terre in attesa di utilizzo ed infine conferito ai siti di utilizzo interni al cantiere;
- materiali da scavo da riutilizzare all'esterno dell'appalto, gestiti ai sensi del D.P.R. 120/2017 ed ammontanti a 222.722 mc (in banco)
- materiali di risulta in esubero non riutilizzati nell'ambito delle lavorazioni come sottoprodotti ai sensi del D.P.R. 120/2017 e pertanto gestiti in regime rifiuti: tali materiali ammontano a 108.252 mc (in banco) e saranno gestiti ai sensi della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei materiali movimentati nell'ambito del presente progetto con indicazione dei materiali di risulta prodotti, dei fabbisogni di materiali necessari per la realizzazione delle opere e dei materiali di risulta prodotti destinati a riutilizzo come sottoprodotto e/o rifiuto.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
	PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B

Produzione complessiva (mc in banco)	Fabbisogno (mc in banco)	Approvv. Utilizzo interno (mc in banco) PUT ai sensi del D.P.R. 120/2017	Approvv. Esterno (mc in banco)	Utilizzo esterno (mc in banco) PUT ai sensi del D.P.R. 120/2017	Materiali di risulta in esubero (mc in banco)
586.935	1.017.793	255.962	761.831	222.722	108.252


Il dettaglio sulle modalità di utilizzo dei materiali di scavo oggetto del Piano di Utilizzo (riutilizzi interni ed utilizzo esterno) è riportato nei paragrafi successivi, mentre in **Allegato 1** si riporta il bilancio dei materiali.

Appare evidente che il Programma Lavori potrà essere approfondito solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle specifiche esigenze operative di cantiere, pertanto, la distribuzione dei riutilizzi interni nella stessa WBS di produzione o in diversa WBS è da ritenersi calata sull'attuale fase progettuale.

7.1 RIUTILIZZO FINALE INTERNO AL PROGETTO

Come anticipato sopra, si prevede di allocare presso i siti di deposito in attesa di utilizzo all'interno delle aree di cantiere e poi riutilizzare nell'ambito dell'appalto in qualità di sottoprodotti 255.961 mc (in banco) di materiali di cui:

- 177.740 mc da riutilizzare nell'ambito della stessa WBS nello stesso sito in cui sono stati prodotti, previo eventuale deposito in sito e previo eventuale trattamento di normale pratica industriale;
- 78.221 mc da riutilizzare nell'ambito dell'appalto in diverse WBS rispetto a quelle di produzione previo eventuale trasporto in siti di deposito in attesa di utilizzo dai siti di produzione e sottoposti, ove necessario, a trattamenti di normale pratica industriale.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>80 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	80 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	80 di 86								


7.2 RIUTILIZZO FINALE ESTERNO AL PROGETTO

Come anticipato sopra, i materiali di risulta in esubero, non riutilizzati nell'ambito dell'appalto (222.722 mc in banco), verranno gestiti come sottoprodotti ai sensi del D.P.R. 120/2017 e trasportati dai siti di produzione ai siti di deposito intermedio delle terre e infine ai siti di destinazione finale individuati e di seguito riportati, previa esecuzione delle analisi previste in corso d'opera per la verifica di compatibilità tra le terre e rocce da scavo prodotte e la destinazione d'uso futura degli stessi. In particolare, a seconda della destinazione d'uso degli interventi di utilizzo finale, sarà verificato il rispetto dei seguenti limiti:

- Colonna A, Tabella 1, Allegato 5, alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. per i siti a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale;
- Colonna B, Tabella 1, Allegato 5, alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. per i siti a destinazione d'uso commerciale e industriale;
- Allegato 2 del D.M. 46/2019 per i suoli delle aree agricole.

Per la gestione dei materiali di scavo in qualità di sottoprodotti non riutilizzabili nell'ambito dell'appalto, al fine di garantire la certezza dell'utilizzo nel rispetto dei criteri definiti dal D.P.R. 120/2017, compatibilmente con il livello di dettaglio della presente fase progettuale, ai fini della predisposizione del Piano di Utilizzo, lo scenario dei potenziali siti di conferimento esterno è stato individuato attraverso il coinvolgimento ufficiale e diretto degli Enti/Amministrazioni territorialmente competenti, ricadenti in un raggio di 50 km dal tracciato di progetto, nonché la consultazione degli strumenti urbanistici di settore provinciali e regionali.

Più in dettaglio, è stato possibile individuare i seguenti siti di destinazione finale, così come definiti dal DPR 120/2017, i quali hanno manifestato il loro interesse a ricevere quota parte delle terre e rocce da scavo provenienti dalle lavorazioni, come si evince da quanto riportato in Allegato 1 del documento correlato "IA9600R52SHTA0000003 – Piano di Utilizzo dei Materiali da Scavo – Schede Tecniche dei Siti di Deposito Finale".


	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
	PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B

<i>Società/Ditta</i>	<i>Comune</i>	<i>Disponibilità [mc]</i>
Cave Marchisio Srl	Savona	100.000
SCAI s.r.l.	Pozzolo Formigaro	400.000
INERTI RIVOLTA S.R.L.	Casatisma	450.000
Allara SpA	Sezzadio	925.729
CAVE MERLINI S.r.l.	Trezzano Sul Naviglio e Gaggiano	200.000
Cerruti S.p.a.	Silvano d'Orba e Capriata d'Orba	450.000
Ligurscavi snc	Malvicino	90.000
RUSCALLA RENATO S.p.A.	Voghera	220.000
VAGA SRL	Piacenza	250.000
E.L.C.I. S.A.S	Frugarolo e Casal Cermelli	100.000
E.L.C.I. S.A.S	Frugarolo	350.000

Come si evince dai dati sopra riportati, lo scenario di conferimento complessivo (ca. 3.535.729 mc) definito nella presente fase progettuale permette ampiamente di soddisfare le esigenze di progetto (ca. 222.722 mc) relativamente ai sottoprodotti non riutilizzabili nell'ambito dell'appalto.

A tal proposito preme evidenziare che, sulla base dell'avanzamento della progettazione e delle ulteriori verifiche tecnico-amministrative da condurre sui suddetti siti di destinazione, sarà possibile articolare dettagliatamente il conferimento delle terre e rocce da scavo definendo compiutamente i quantitativi da utilizzare nei singoli siti tra quelli sopra riportati. Tale successivo affinamento, pertanto, consentirà di selezionare il numero di siti da utilizzare, sulla base del minor impatto ambientale connesso alla gestione delle terre e rocce da scavo, tra quelli ad oggi già individuati, senza pertanto comportare modifiche sostanziali al presente PUT né, più in generale, ripercussioni sulla procedura VIA.

Al fine di selezionare il numero definitivo dei siti di destinazione da utilizzare, si procederà ad eseguire una specifica analisi multicriteria sulla base dei seguenti criteri di selezione oggettiva:

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>82 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	82 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	82 di 86								

- necessità/complessità dell'iter autorizzativo e di gestione, ivi inclusa la verifica della presenza di aree protette o tutelate e la verifica della compatibilità rispetto al sistema dei vincoli paesaggistici, ambientali e urbanistici;
- distanza dei siti rispetto al luogo di realizzazione del progetto ferroviario;
- compatibilità geologica/geotecnica/idrogeologica del materiale da scavo con l'intervento di riqualificazione previsto;
- accessibilità ai siti in termini di tipologia dei collegamenti stradali, eventuali ripercussioni sui flussi di traffico ordinari e sui ricettori sensibili in aree contermini alle viabilità interessate;
- valutazione dei costi da sostenersi per l'acquisizione della disponibilità dei siti nonché per il trasporto dei materiali di scavo dai luoghi di produzione/aree di cantiere fino alla destinazione finale.

7.3 CARATTERIZZAZIONE DEI SITI DI DEPOSITO FINALE INDIVIDUATI


Nella successiva fase progettuale, conformemente a quanto riportato nel DPR 13 giugno 2017, n. 120, i potenziali siti di deposito finale verranno sottoposti ad indagini di caratterizzazione ambientale attraverso il prelievo di campioni rappresentativi da sottoporre alle determinazioni analitiche previsti dall'Allegato 4 del D.P.R: 120/2017.

7.4 EFFICACIA DEL PIANO DI UTILIZZO


In riferimento alla tipologia di opere in progetto ed ai quantitativi dei materiali di scavo oggetto del presente Piano di Utilizzo il programma lavori è strettamente connesso alle tempistiche di produzione dei materiali e al loro utilizzo in siti interni e esterni al cantiere.

In **Allegato 2** si riporta il cronoprogramma completo delle attività secondo quanto previsto dal progetto di fattibilità tecnico economica.

Pertanto, si ritiene che la durata del Piano di Utilizzo, di cui all'art. 14 comma 1 del D.P.R. 120/2017, possa essere fissata pari a 2.280 giorni naturali e consecutivi (ca 6,25 anni) a partire dall'inizio dei lavori di scavo delle opere che producono terre che si prevede di gestire ai sensi del DPR 120/2017.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>83 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	83 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	83 di 86								

L'avvenuto utilizzo del materiale da scavo sarà attestato mediante apposita *Dichiarazione di avvenuto utilizzo (D.A.U.)*, redatta in conformità all'Allegato 8 del D.P.R. 120/2017 dall'Esecutore del PUT o dal Produttore delle terre e rocce da scavo a conclusione dei lavori di utilizzo.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 52 RG	DOCUMENTO TA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 84 di 86

Allegato 1


Quantitativi di materiali di scavo prodotti e Tabella di Riutilizzo

PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	85 di 86

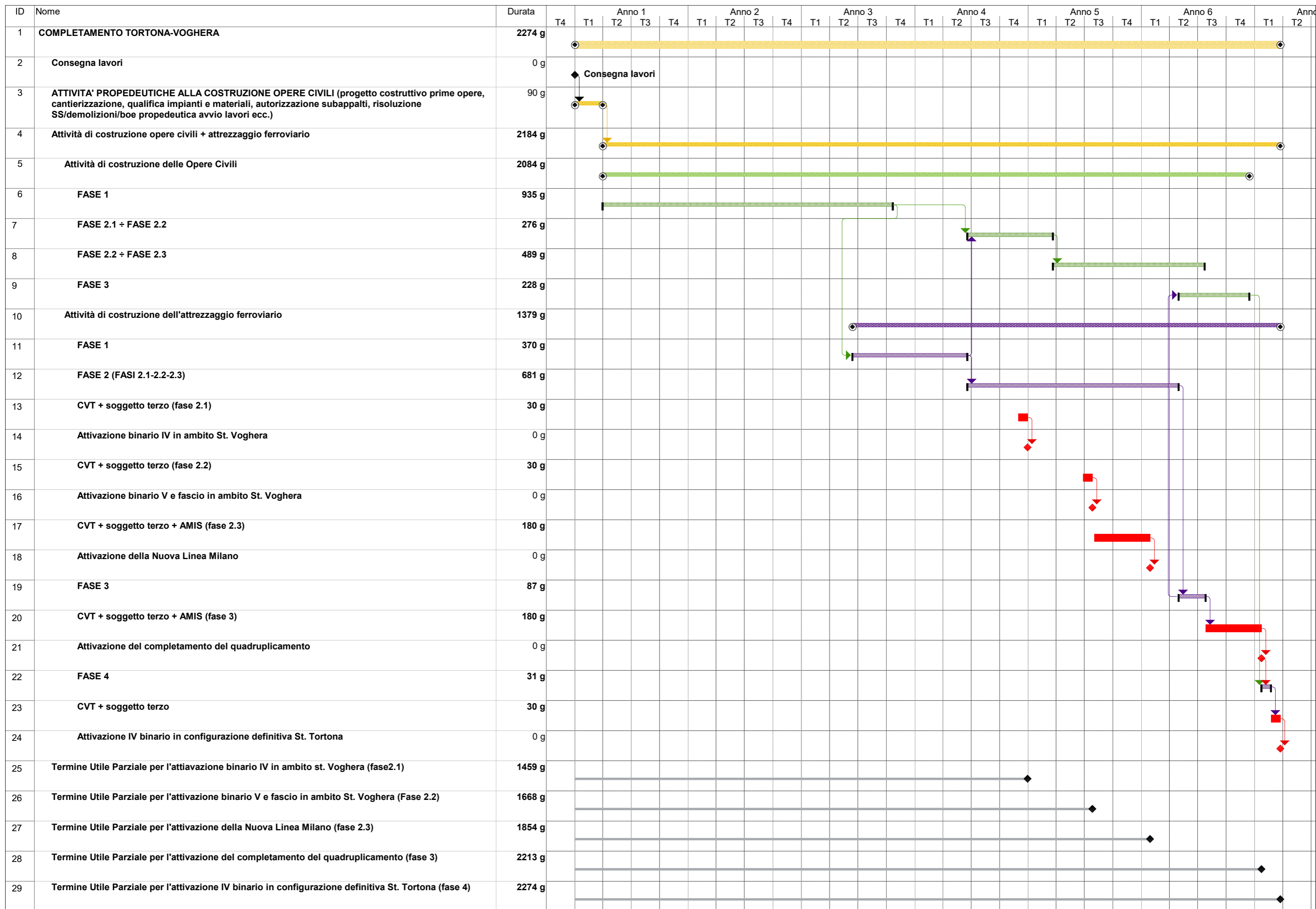
Relazione generale

Allegato 2
Cronoprogramma lavori

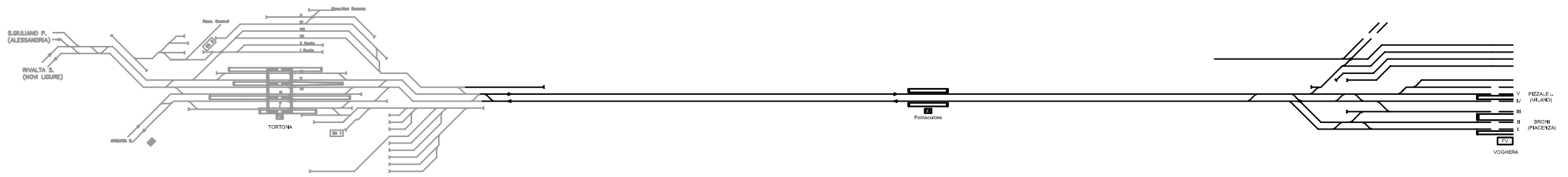
	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA												
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione generale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IQ01</td> <td>01</td> <td>R 52 RG</td> <td>TA 00 00 002</td> <td>B</td> <td>86 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	86 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IQ01	01	R 52 RG	TA 00 00 002	B	86 di 86								

Allegato 3

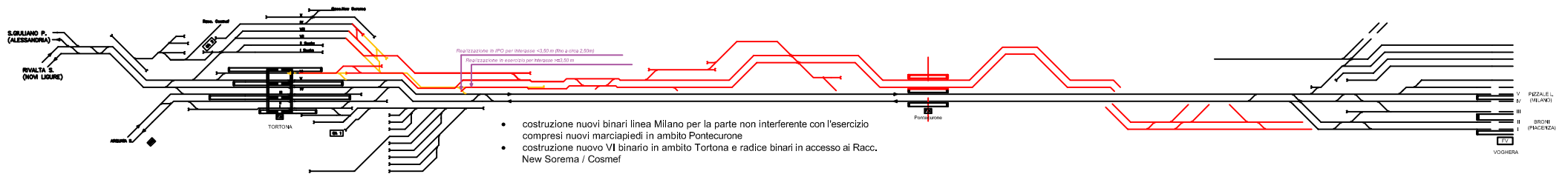
Attività di Ricerca sull’impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile”, redatto da GEEG, startup di “La Sapienza” Università di Roma.



STATO INERZIALE

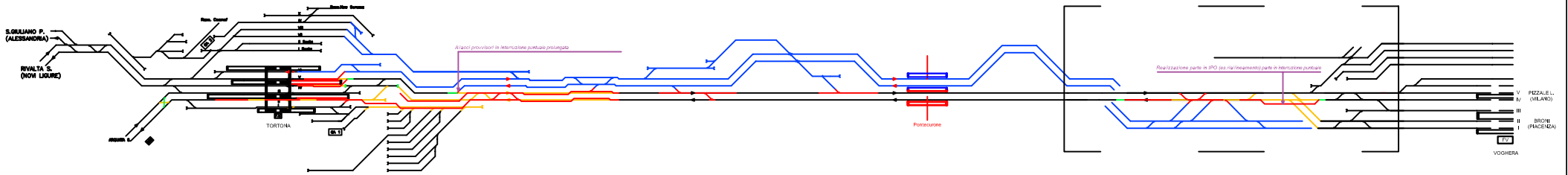


FASE 1:



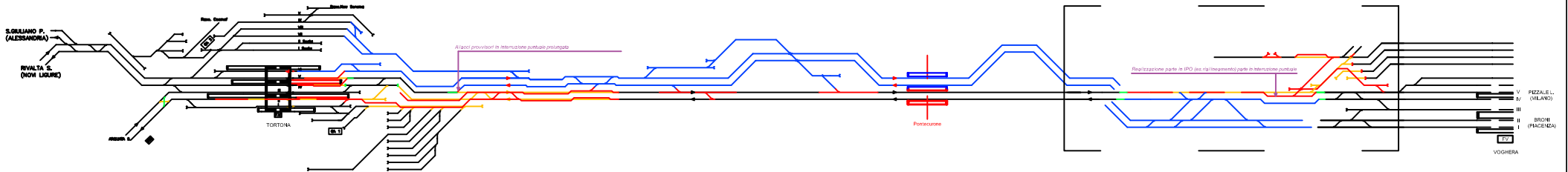
- costruzione nuovi binari linea Milano per la parte non interferente con l'esercizio compresi nuovi marciapiedi in ambito Pontecurone
 - costruzione nuovo VI binario in ambito Tortona e radice binari in accesso ai Racc. New Sorema / Cosmef
- fuori esercizio VI binario
- inibizione accesso ai binari Racc. New Sorema / Cosmef lato Voghera

FASE 2 – Sottofase 2.1



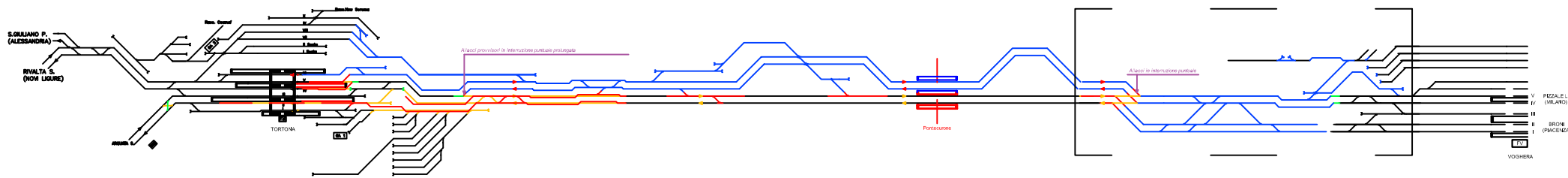
- attivazione e circolazione sui nuovi binari linea Milano
- realizzazione nuova linea Piacenza compreso il completamento dei marciapiedi in ambito Pontecurone
- realizzazione nuovo II binario in ambito Tortona
- realizzazione binari IV-V e fascio e allaccio alla nuova linea Milano in ambito Voghera
- fuori esercizio I e II binario in ambito Tortona
- itinerari da/per Arquata solo sul III binario in ambito Tortona
- inibizione accesso binari I, II lato Tortona in ambito Voghera

FASE 2 – Sottofase 2.2



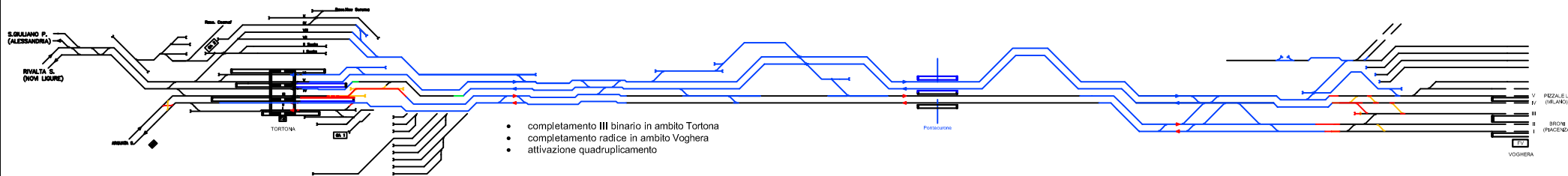
- attivazione e circolazione sui nuovi binari linea Milano
- realizzazione nuova linea Piacenza compreso il completamento dei marciapiedi in ambito Pontecurone
- realizzazione nuovo II binario in ambito Tortona
- realizzazione binari IV-V e fascio e allaccio alla nuova linea Milano in ambito Voghera
- fuori esercizio I e II binario in ambito Tortona
- itinerari da/per Arquata solo sul III binario in ambito Tortona
- inibizione accesso binari I, II lato Tortona in ambito Voghera

FASE 2 – Sottofase 2.3



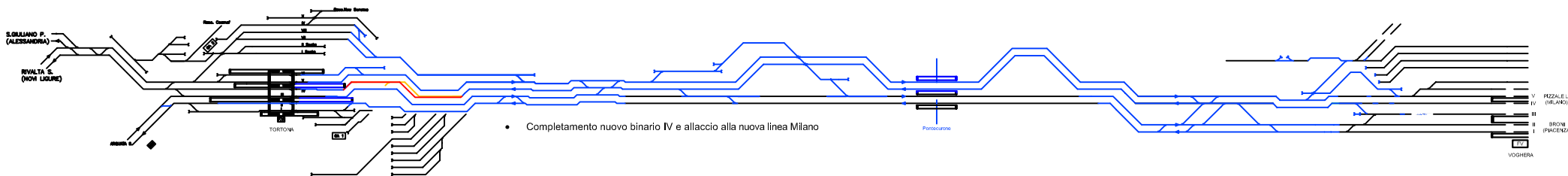
- attivazione e circolazione sui nuovi binari linea Milano
 - realizzazione nuova linea Piacenza compreso il completamento dei marciapiedi in ambito Pontecurone
 - realizzazione nuovo II binario in ambito Tortona
 - realizzazione binari IV-V e fascio e allaccio alla nuova linea Milano in ambito Voghera
- fuori esercizio I e II binario in ambito Tortona
 - itinerari da/per Arquata solo sul III binario in ambito Tortona
 - inibizione accesso binari I, II lato Tortona in ambito Voghera

FASE 3

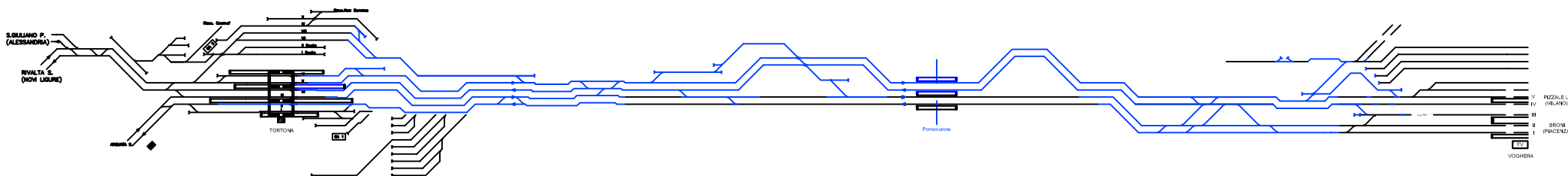


- completamento III binario in ambito Tortona
- completamento radice in ambito Voghera
- attivazione quadruplicamento

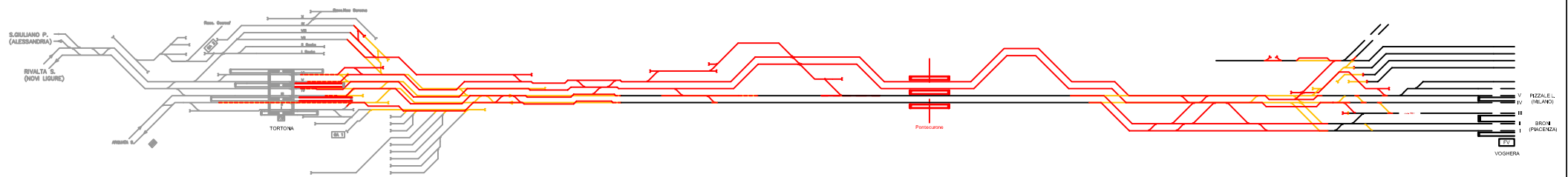
FASE 4



CONFIGURAZIONE DI PROGETTO



I INERZIALE CON DEMOLIZIONI



U.O. PROGETTAZIONE
FUNZIONALE ED
ESERCIZIO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA
QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

Allegato al doc.
Data: Agosto 2021
Redatto da:
File:

— COSTRUZIONE	— COSTRUZIONE ALTRO APPALTO
— DEMOLIZIONE	— REALIZZATO ALTRO APPALTO
— PROVVISORIO	➤ CIRCOLAZIONI ATTIVE
— SPOSTAMENTO	
— REALIZZATO	

Macrofasi realizzative
BOZZA



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.

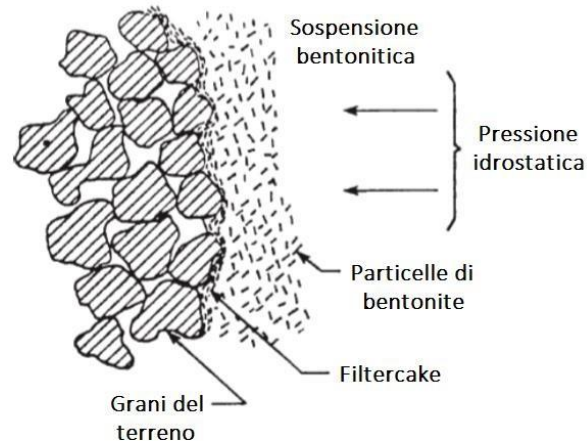


Figura 1: Formazione del filtercake.

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 idrocicloni.

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.

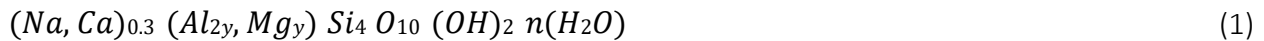
3 Bentoniti

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.

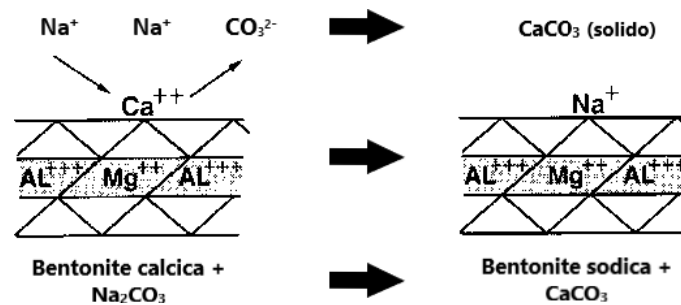


Figura 2: Schema di attivazione della bentonite calcica con carbonato di sodio.

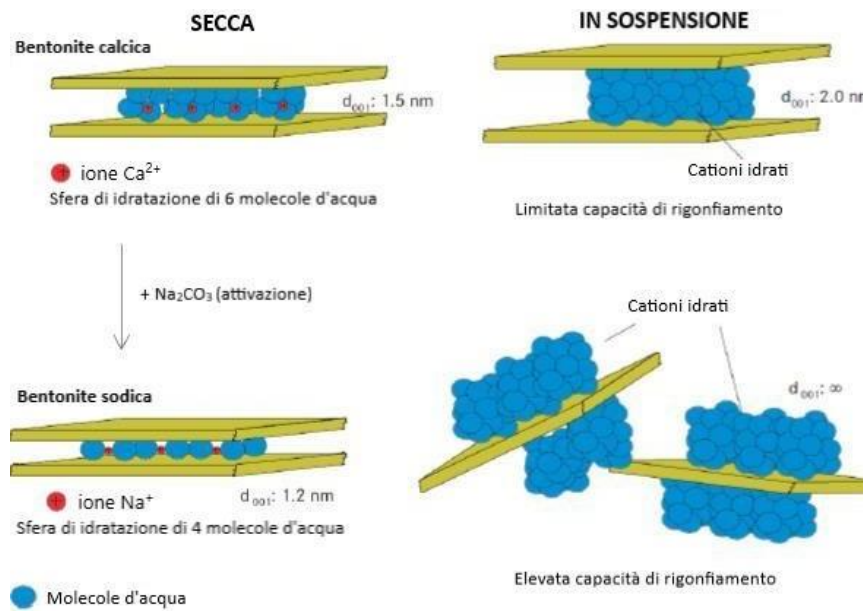


Figura 3: Confronto tra bentonite calcica e sodica.

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 carbosimetilcellulose (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.

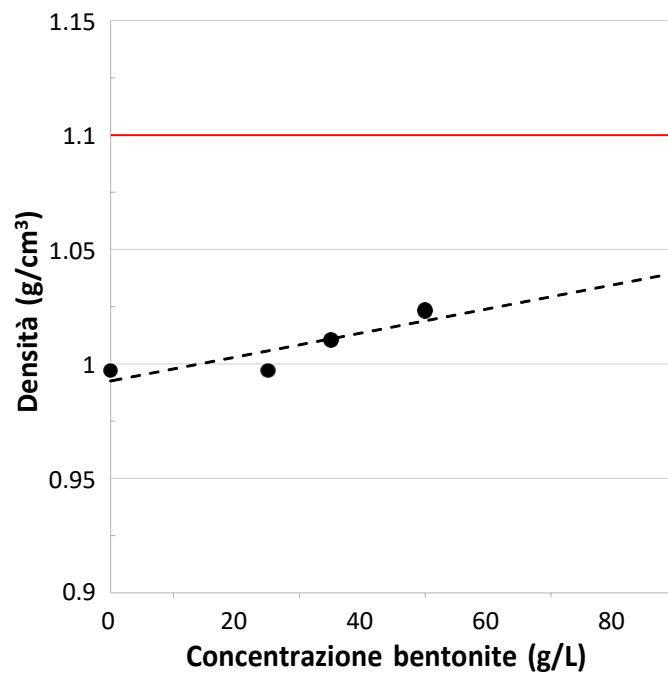


Figura 4: Valori di densità ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione lineare di tali valori e limite imposto dalla normativa.

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.

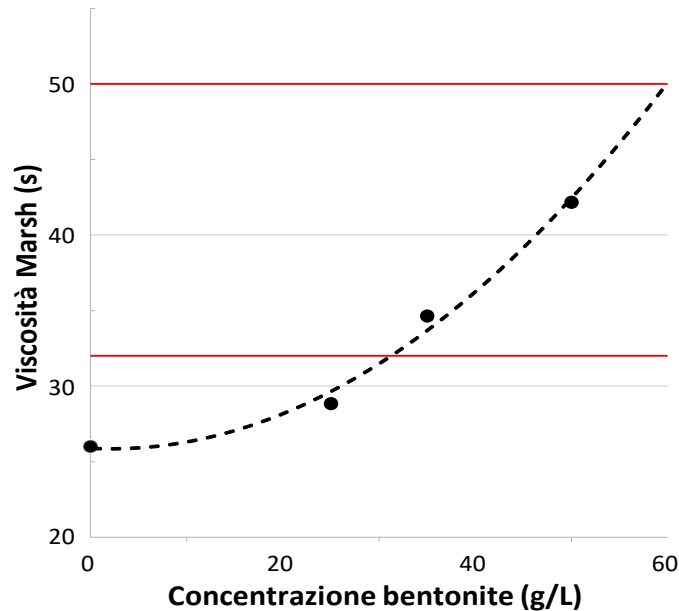


Figura 5: Valori di viscosità Marsh ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione polinomiale di tali valori e limite imposto dalla normativa.

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.