

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

NODO DI ROMA

PRG DI ROMA TUSCOLANA

PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO

Relazione generale

SCALA:

-

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

NR2E 00 R 69 RG TA0000 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzazio Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	F. Rocchi	Maggio 2021	D. Bensaadi	Maggio 2021	T. Paoletti	Maggio 2021	S. Padulosi Giugno 2021
B	EMISSIONE DEFINITIVA	F. Rocchi <i>[Signature]</i>	Giugno 2021	D. Bensaadi <i>[Signature]</i>	Giugno 2021	T. Paoletti <i>[Signature]</i>	Giugno 2021	ITALFERR S.p.A. Ing. Padulosi S. A. Ordine degli Ingegneri di Roma n. 25827 sez. A

File: NR2E00R69RGTA0000002B.doc

n. Elaborazione:

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2.1	DEFINIZIONE E CONDIZIONI DI APPLICABILITA' DEL D.P.R 120/17	7
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DELL'AREA DI PROGETTO.....	13
3.1	CARATTERISTICHE DEL PROGETTO	14
3.1.1	Opere ferroviarie	15
3.1.2	Opere stradali.....	21
3.1.3	Interventi in stazione.....	24
3.1.4	Interventi ponte esistente su via Tuscolana	25
3.1.5	Tecniche di scavo.....	25
3.1.6	Quadro dei materiali di scavo prodotti ed oggetto del piano di utilizzo	28
3.1.7	Operazioni sui materiali di scavo (normale pratica industriale)	30
3.2	SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE.....	30
4	INDAGINI CONOSCITIVE DELLE AREE DI INTERVENTO E CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI IN FASE DI PROGETTAZIONE.....	35
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	35
4.2	ASSETTO GEOMORFOLOGICO.....	41
4.3	ASSETTO IDROGEOLOGICO	44
4.4	INQUADRAMENTO SISMICO.....	49
4.5	MODELLO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO DELL'AREA DI PROGETTO	50
4.6	CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE	52
4.6.1	Indagini ambientali sui terreni.....	52
4.6.2	Indagini sui terreni di riporto	56
4.6.3	Indagini ambientali sulle acque sotterranee.....	60
4.7	ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	63
4.7.1	Modalità di caratterizzazione dei materiali di scavo	64
4.7.2	Rispetto dei requisiti di qualità ambientale.....	66
4.7.3	Monitoraggio ambientale connesso al piano di utilizzo (CO).....	67
5	BILANCIO E GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA IN FASE DI REALIZZAZIONE... 	69
5.1	TABELLA RIEPILOGATIVA BILANCIO MATERIALI	69
5.2	RIUTILIZZO FINALE INTERNO AL PROGETTO.....	70
5.2.1	Deposito intermedio.....	70
5.2.2	Modalità di deposito dei materiali da scavo	71

5.2.3 Modalità di trasporto.....	72
5.3 RIUTILIZZO FINALE ESTERNO AL PROGETTO.....	73
5.4 EFFICACIA DEL PIANO DI UTILIZZO.....	77

ALLEGATI

Allegato 1: Quantitativi di materiali di scavo prodotti

Allegato 2: Cronoprogramma lavori

Allegato 3: Attività di ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile ("GEEG – Geotechnical & Environmental Engineering Group" startup di "Sapienza – Università di Roma")

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 del nuovo PRG della stazione di Roma Tuscolana.

Oggetto del presente Progetto di Fattibilità Tecnica Economica è il PRG di Roma Tuscolana.

Il progetto ha lo scopo di realizzare un nuovo collegamento ferroviario tra le Stazioni di Roma Tuscolana e Roma Tiburtina con allaccio alla linea indipendente Roma Tiburtina – Roma Casilina per il traffico merci/viaggiatori, e di ridefinire il flusso transitante nella Stazione Tuscolana al fine di ridurre e/o evitare interferenze con il flusso proveniente dai seguenti collegamenti:

- Roma Ostiense – Roma Tiburtina;
- Roma Ostiense – Roma Casilina;
- Roma Ostiense – Roma Termini.



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 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”;
- **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”;
- **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;
- **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 APPLICABILITA' DEL D.P.R 120/17

Il D.P.R. all'art. 31 definisce l'abrogazione del D.M. 161/12 nonché le disposizioni di cui all'art. 184-bis, comma 2bis del D.Lgs 152/06 e gli articoli 41, comma 2 e 41bis del DL n. 69/13 convertito, con modificazioni dalla legge n.98/2013.

Con particolare riferimento all'applicazione della normativa in questione all'opera ferroviaria in progetto nonché alle eventuali condizioni che potrebbero verificarsi in corso d'opera, l'art. 2 (Definizioni) comma 1 del suddetto D.P.R. 120/2017, riporta le seguenti descrizioni delle voci utilizzate all'interno del Regolamento:

- a) «*lavori*»: comprendono le attività di costruzione, scavo, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro e manutenzione di opere;
- b) «*suolo*»: lo strato più superficiale della crosta terrestre situato tra il substrato roccioso e la superficie. Il suolo è costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi, comprese le matrici materiali di riporto ai sensi dell'articolo 3, comma 1, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28;
- c) «*terre e rocce da scavo*»: il suolo escavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, tra le quali: scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee); perforazione, trivellazione, palificazione, consolidamento; opere infrastrutturali (gallerie, strade); rimozione e livellamento di opere in terra. Le terre e rocce da scavo possono contenere anche i seguenti materiali: calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per scavo meccanizzato, purché le terre e rocce contenenti tali materiali non presentino concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per la specifica destinazione d'uso;

- d) «*autorità competente*»: l'autorità che autorizza la realizzazione dell'opera nel cui ambito sono generate le terre e rocce da scavo e, nel caso di opere soggette a procedimenti di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale, l'autorità competente di cui all'articolo 5, comma 1, lettera o), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;
- e) *omissis*;
- f) «*Piano di Utilizzo*»: il documento nel quale il proponente attesta, ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, il rispetto delle condizioni e dei requisiti previsti dall'articolo 184 -bis del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e dall'articolo 4 del presente regolamento, ai fini dell'utilizzo come sottoprodotti delle terre e rocce da scavo generate in cantieri di grandi dimensioni;
- g) «*dichiarazione di avvenuto utilizzo*»: la dichiarazione con la quale il proponente o l'esecutore o il produttore attesta, ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, l'avvenuto utilizzo delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti in conformità al piano di utilizzo o alla dichiarazione di cui all'articolo 21;
- h) «*ambito territoriale con fondo naturale*»: porzione di territorio geograficamente individuabile in cui può essere dimostrato che un valore di concentrazione di una o più sostanze nel suolo, superiore alle concentrazioni soglia di contaminazione 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, sia ascrivibile a fenomeni naturali legati alla specifica pedogenesi del territorio stesso, alle sue caratteristiche litologiche e alle condizioni chimico-fisiche presenti;
- i) «*sito*»: area o porzione di territorio geograficamente definita e perimetrata, intesa nelle sue componenti ambientali (suolo e acque sotterranee);
- l) «*sito di produzione*»: il sito in cui sono generate le terre e rocce da scavo;
- m) «*sito di destinazione*»: come indicato dal piano di utilizzo ..., in cui le terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotto sono utilizzate;
- n) «*sito di deposito intermedio*»: il sito in cui le terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotto sono temporaneamente depositate in attesa del loro utilizzo finale e che soddisfa i requisiti di cui all'articolo 5;
- o) «*normale pratica industriale*»: costituiscono un trattamento di normale pratica industriale quelle operazioni, anche condotte non singolarmente, alle quali possono essere sottoposte le terre e rocce da scavo, finalizzate al miglioramento delle loro caratteristiche merceologiche per renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace. Fermo restando il rispetto dei requisiti previsti per i sottoprodotti e dei requisiti di qualità ambientale, il trattamento di normale pratica industriale garantisce l'utilizzo delle terre e rocce da scavo conformemente ai criteri tecnici stabiliti dal progetto. L'allegato 3 elenca alcune delle operazioni più comunemente effettuate, che rientrano tra le operazioni di normale pratica industriale;
- p) «*proponente*»: il soggetto che presenta il Piano di Utilizzo;

- q) «esecutore»: il soggetto che attua il Piano di Utilizzo ai sensi dell'articolo 17;
- r) «produttore»: il soggetto la cui attività materiale produce le terre e rocce da scavo e che predispone e trasmette la dichiarazione di cui all'articolo 21;
- s) omissis;
- t) omissis;
- u) «cantiere di grandi dimensioni»: cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività o di opere soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;
- v) omissis;
- z) omissis;
- aa) «opera»: il risultato di un insieme di lavori che di per sé espliciti una funzione economica o tecnica. Le opere comprendono sia quelle che sono il risultato di un insieme di lavori edilizi o di genio civile, sia quelle di difesa e di presidio ambientale e di ingegneria naturalistica

In merito a quanto sopra riportato ed in relazione all'intervento in oggetto si può asserire quanto segue, rimandando per i dettagli al corpo del documento:

- si considerano lavori, tutte le attività di costruzione, scavo, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro e manutenzione relativi alla realizzazione del PRG della stazione di Roma Tuscolana;
- si considera come opera, ai sensi dell'art. 2 del D.P.R. 120/2017, l'insieme dei lavori di realizzazione del PRG della stazione di Roma Tuscolana;
- sono considerate terre e rocce da scavo tutti i materiali derivanti dagli scavi finalizzati alla realizzazione dell'opera ferroviaria, anche contenenti materiali antropici (vedi definizione succitata), 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 sia da attività di scavo attraverso tradizionali mezzi meccanici con l'utilizzo di materiali per il consolidamento delle opere in sotterraneo e 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 (di seguito MiTE);
- 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 le aree di stoccaggio denominate AS01, AS02, AS03 e il deposito intermedio denominato DT01;

- 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 Ferrovie (RFI S.p.A./Italferr S.p.A.);
- l'Esecutore che attuerà il Piano di Utilizzo sarà un soggetto (o più soggetti) incaricato da RFI S.p.A., affidatario dei lavori in oggetto nonché Produttore delle terre e rocce da scavo, e/o un soggetto (o più soggetti) incaricato dai gestori dei siti di destinazione.

Inoltre, l'art. 4 (Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti) comma 2 del D.P.R. 120/2017 riporta che "ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera qq), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, le terre e rocce da scavo per essere qualificate sottoprodotti devono soddisfare i seguenti requisiti":

- a) sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;*
- b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21, e si realizza:*
 - 1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;*
 - 2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;*
- c) sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*
- d) soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).*

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 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”*.

In merito a ciò, si può asserire quanto segue:

- le terre e rocce da scavo saranno prodotte dai lavori di realizzazione del PRG di Roma Tuscolana, 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”*.

Relativamente alle condizioni di applicabilità del D.P.R. 120/2017, si precisa che in fase di PFTE (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 delle successive fasi di progettazione ed in relazione alle 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.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DELL'AREA DI PROGETTO

L'area d'interesse si trova nel Municipio VII del Comune di Roma, capoluogo della Regione Lazio, nei pressi della stazione ferroviaria di Roma Tuscolana, a nord est della stazione, lungo la ferrovia tirrenica.



Figura 1 – Inquadramento territoriale aree di intervento di progetto (fonte Google Earth)

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studi è individuabile all'interno del Foglio 150 "Roma" in scala 1:50.000, tavoletta IV S.O., e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio, nel foglio 374, nell'elemento 374110.

Dal punto di vista orografico il tracciato impegna settori di territorio di pianura posti a quote comprese tra il livello del mare e circa 20 m s.l.m.. L'area in esame si trova nel fondovalle del complesso vulcanico dei Colli Albani in un contesto fortemente urbanizzato.

3.1 CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

Il PRG di Roma Tuscolana, con lettera di incarico risalente al 2018, nel corso degli anni è stato caratterizzato da un susseguirsi di interlocuzioni con RFI e studi finalizzati ad ottimizzare le scelte progettuali, al fine di migliorare le funzionalità necessarie alla DCO e alla DTP.

A seguito di richieste da parte della committenza, all'interno del progetto sono state inserite necessità di altre funzionalità oggi presenti nell'impianto di Tuscolana (quali il NOC, la Diagnostica Nazionale, la Squadra Ponti, i Cantieri meccanizzati) le quali dovranno essere temporaneamente rilocate in altri impianti di Roma per tornare poi a Tuscolana al termine dei lavori.

Relativamente all'infrastruttura ferroviaria, l'intervento prevede la sistemazione del piano del ferro, fornendo la Stazione di n.°8 binari di corsa, con conseguente nuova configurazione dei binari:

- I – V: Linea Roma – Pisa;
- II: Binario per triangolazioni;
- III – IV: Linea merci Grosseto – Napoli
- VI – VII: Linea FL1;
- VIII: precedenza linea Roma Casilina/Roma Ostiense.

Inoltre, sono previste: la dismissione degli attuali deviatori e comunicazioni e conseguente realizzazione di nuove comunicazioni di collegamento, la dismissione di binari secondari in esercizio e la realizzazione di nuovi secondari ad uso nucleo manutentivo.

Sono stati inoltre previsti la realizzazione del nuovo piazzale del fascio binari di Roma Tuscolana e la realizzazione della nuova viabilità di accesso all'area del futuro fascio binari di Roma Tuscolana.

Ulteriore importante intervento nell'ambito della progettazione è l'adeguamento a STI PMR della Stazione. Attualmente la Stazione di RM Tuscolana è priva di alcun apprestamento necessario all'abbattimento delle barriere architettoniche. Tanto più che l'intervento in progetto, in stazione, il progetto quindi prevede di adeguare ad h=+0.55 dal p.f. tutti i marciapiedi ad eccezione di quello tra IV e V binario già adeguato dalla DTP, di prolungare il sottopasso pedonale di via Adria che attualmente dalla pubblica via serve unicamente il marciapiede tra IV e V binario, ed eventualmente adeguare anche il sottopasso esistente in asse al FV.

Oltre alle opere civili sopramenzionate sono previsti delle modifiche all'armamento, e agli impianti di trazione elettrica e segnalamento, cui progetto è stato sviluppato seguendo le fasi di esercizio previste.



Figura 2 – Inquadramento territoriale e aree di intervento di progetto (fonte Google Maps)

3.1.1 Opere ferroviarie

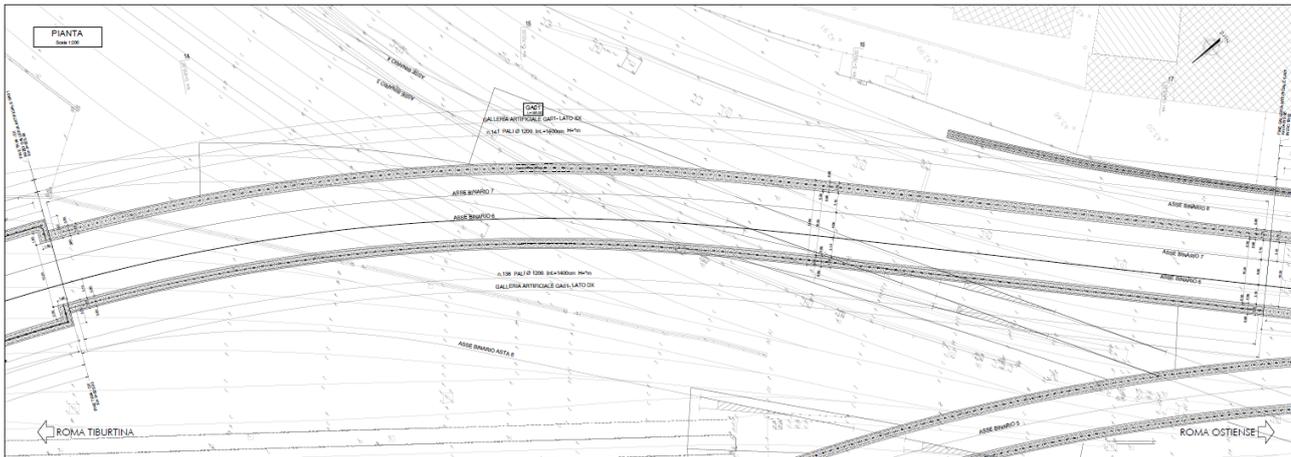
Gallerie artificiali

Il binario 6 e il binario 7 (linea FL1) sono caratterizzati dalla presenza di una galleria artificiale a doppio binario GA01.

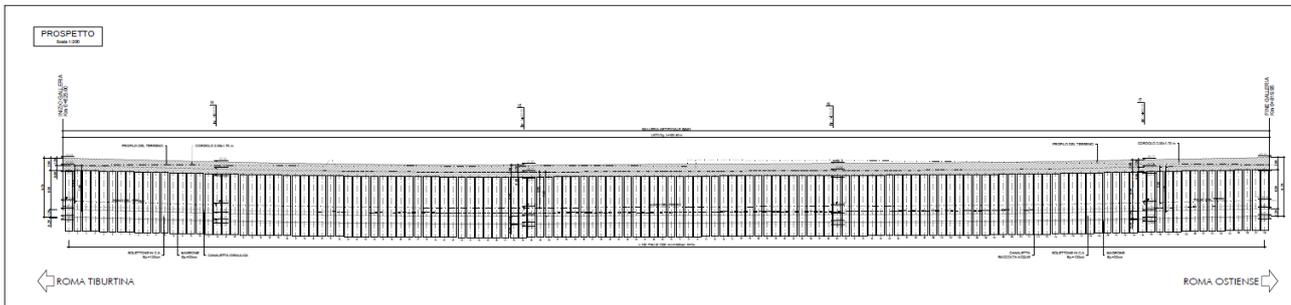
La galleria artificiale GA01 si estende dalla progressiva 0+625.00 km alla 0+819.95 km, per uno sviluppo complessivo di circa 195 m, con altezze di scavo di circa 10 m.

La realizzazione della galleria è prevista con metodologia "Tipo Milano" con scavo in top down a foro cieco tra paratie di pali. Sono previste paratie di pali di diametro 1200 mm e interasse di 1.40 m, con lunghezze di 18 m.

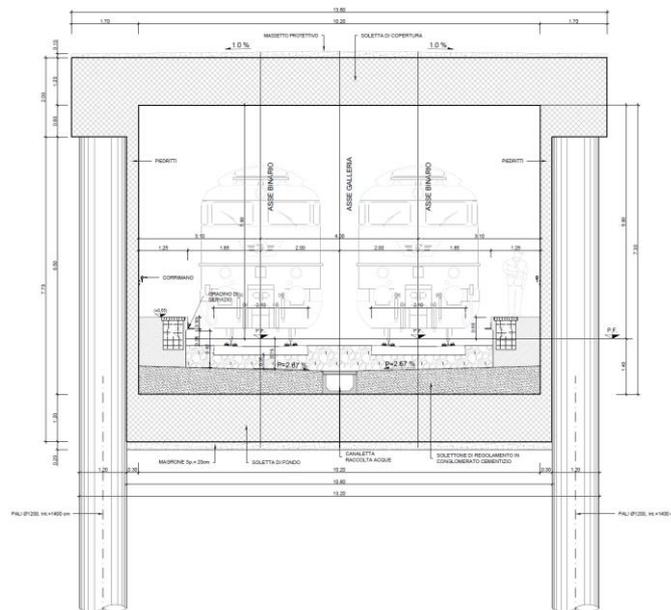
Si riportano di seguito la pianta, il profilo, e le sezioni rappresentative dell'opera.



Pianta GA01



Profilo GA01



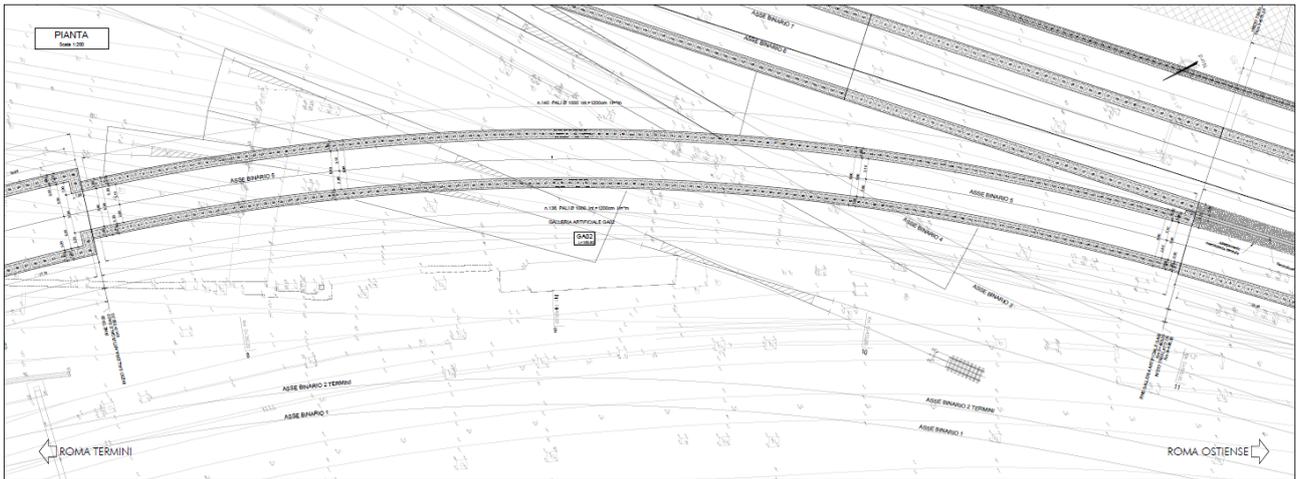
Sezioni GA01

Il binario 5 - linea Roma-Pisa è caratterizzato dalla presenza di una galleria artificiale a singolo binario denominata GA02.

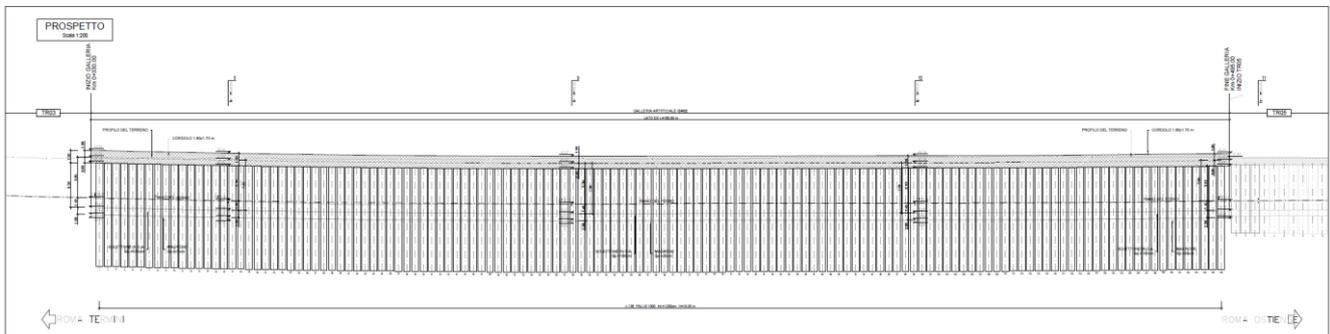
La galleria artificiale GA02 si estende dalla progressiva 0+330.00 km alla 0+495.00 km, per uno sviluppo complessivo di circa 165 m, con altezze di scavo di circa 10 m.

La realizzazione della galleria è prevista con metodologia "Tipo Milano" con scavo in top down a foro cieco tra paratie di pali. Sono previste paratie di pali di diametro 1000 mm posti ad interasse di 1.20 m, con lunghezze di 18 m.

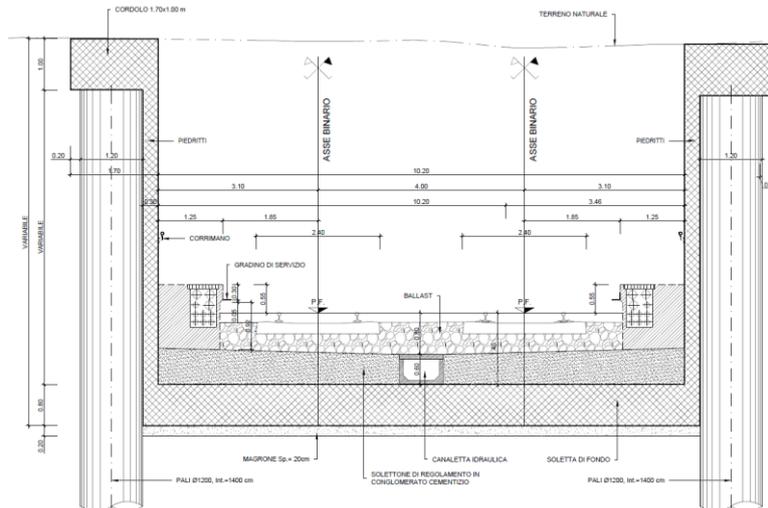
Si riportano nelle seguenti figure la pianta, il prospetto, e le sezioni rappresentative dell'opera.



Pianta della galleria artificiale GA02



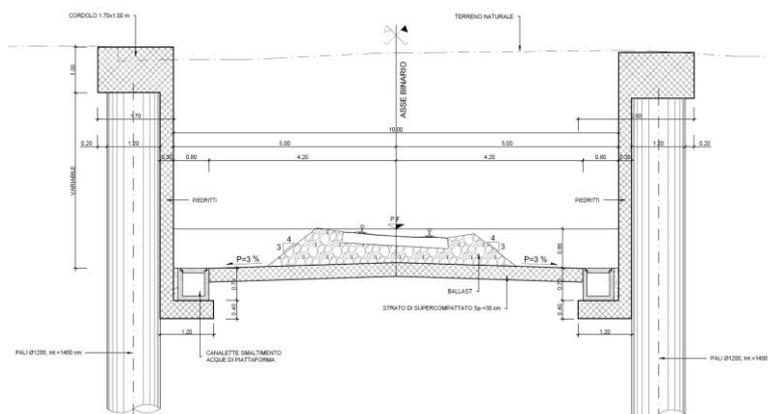
Prospetto della galleria artificiale GA02



TR02: Sezione tipo in trincea con paratia di pali e soletta di fondo – doppio binario

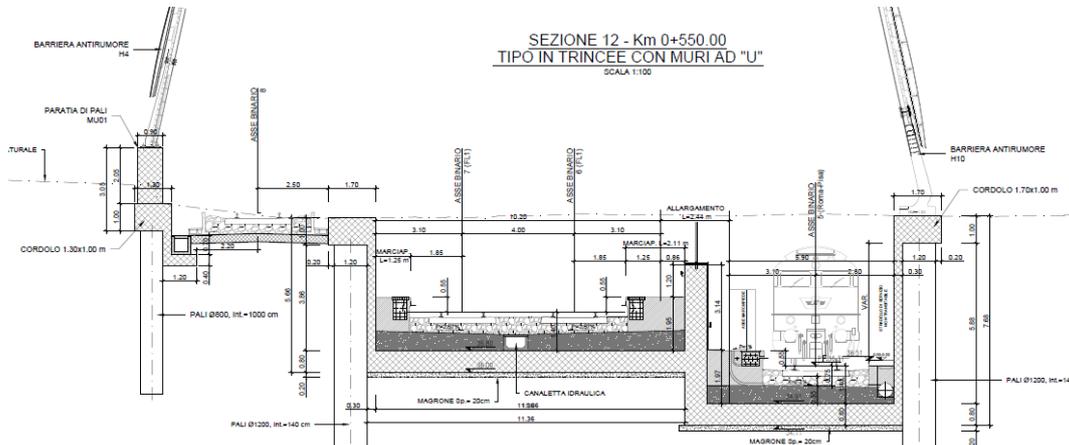
La galleria GA02 è caratterizzata dalle trincee di imbocco denominate TR03, TR05 e TR06.

La trincea TR03, posta all'imbocco lato Roma Termini della GA02, si sviluppa dalla progr. 0+000 km alla progr. 0+330 km per uno sviluppo complessivo di 330 m, presenta paratie di pali di diametro 1200 mm posti ad interasse 1.40 m.



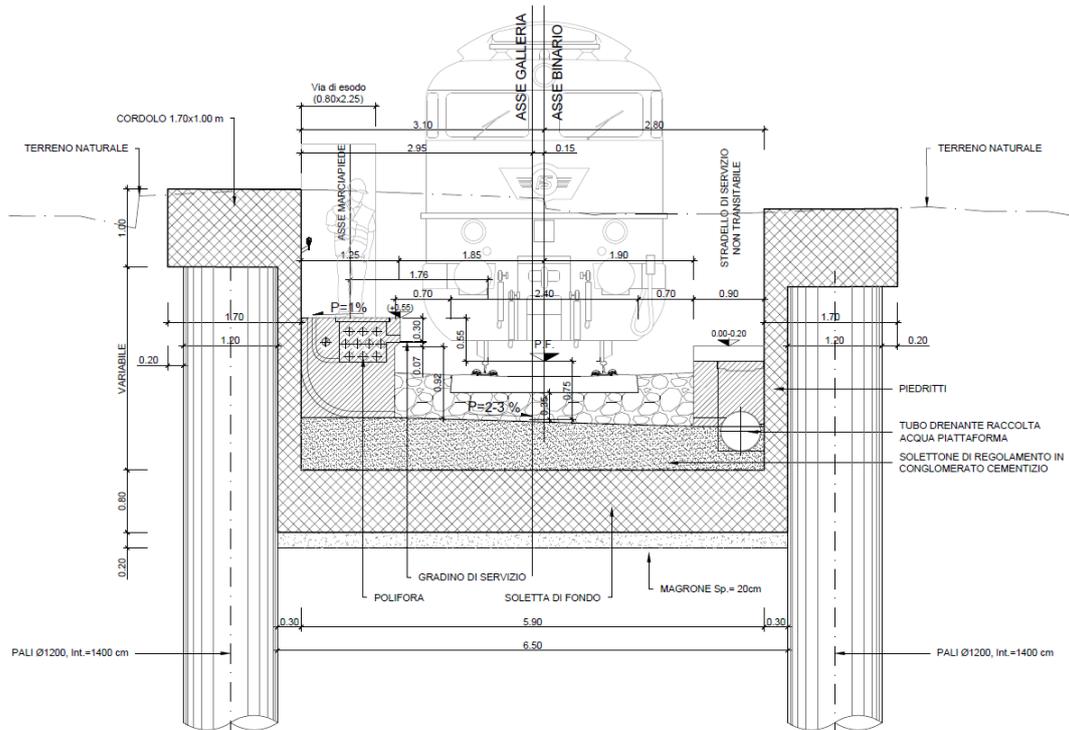
Trincea TR03: Sezione con paratia di pali senza soletta di fondo – singolo binario

La TR05 trincea di imbocco lato Stazione Tuscolana si sviluppa dalla progr. 0+495 km alla progr. 0+695 km per uno sviluppo complessivo di 200 m, presenta paratie di pali di diametro 1200 mm posti ad interasse 1.40 m, e accoglie sia il binario 5 che i binari 6 e 7. In destra e in sinistra si sviluppano paratie di pali di diametro 1200 mm posti ad interasse 1.40 m con soletta di fondo, a divisione del binario 5 e 6 è presente un setto centrale dello spessore di 80 cm.



TR05: Sezione trincea con più binari

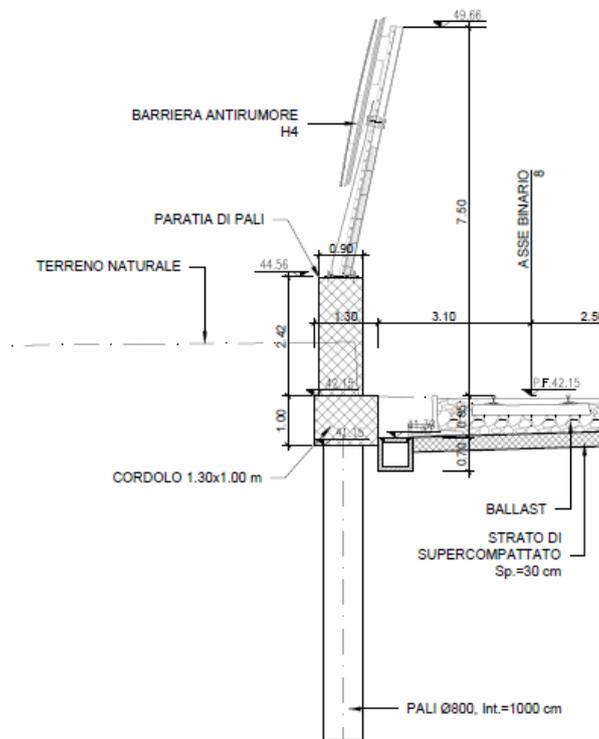
Dalla progressiva chilometrica 0+695 alla 0+744.95 per uno sviluppo complessivo di 50 m si sviluppa la TR06, la cui sezione presenta paratie di pali di diametro 1200 mm posti ad interasse 1.40 m con soletta di fondo.



La trincea TR01 accoglie il binario 8 e inizia alla progressiva chilometrica 0+390 e si affianca alla GA01, TR02 e TR05 fino a raggiungere la Stazione Tuscolana alla progressiva 0+799.

L'opera si divide in due configurazioni costruttive: dalla progressiva 0+390.00 km alla 0+670.00 km, per uno sviluppo complessivo di 280 m, il manufatto è costituito da una paratia di pali di diametro 800 mm e interasse 1 m, mentre dalla progressiva 0+670.00 km alla 0+799.00 km, per uno sviluppo complessivo di 129 m, il manufatto è costituito da un muro di sostegno, con altezza del paramento massima di 3.90 m e spessore in testa pari a 0.82 m, e con altezza del cordolo pari a 1 m e larghezza 1.20 m. Quest'ultimo viene realizzato su pali di diametro 800 mm posti ad un interasse di 1.40 m.

In entrambi i casi è presente in testa alle opere una barriera antirumore per rispettare i requisiti acustici imposti da normativa.



Sezione tipo paratia di pali binario 8

3.1.2 Opere stradali

La soluzione stradale prevede di dare accesso alle aree del PRG di Tuscolana mediante sottovia che consente il sottoattraversamento ferroviario del fascio di binari.

Per il ramo 1 è prevista la realizzazione di una galleria stradale di lunghezza circa 280 m. Per il ramo 2 è prevista la realizzazione di una galleria stradale di lunghezza circa 60 m. Agli imbocchi sui tre lati sono previste trincee tra muri ad U.

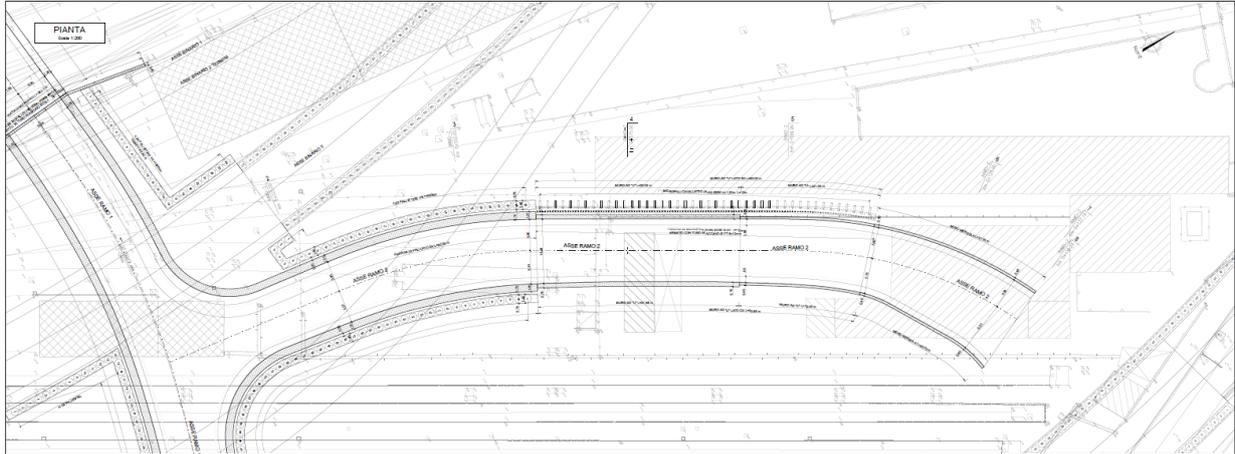
Laddove in fase di esecuzione non c'è interferenza con i binari della linea Roma-Pisa di esercizio per la realizzazione del sottovia sono previste delle paratie di pali di diametro 1200 mm e interasse di 1.40 m,

con lunghezze di 18 m e lo scavo fino alla quota necessaria per la successiva realizzazione dello scatolare interno.

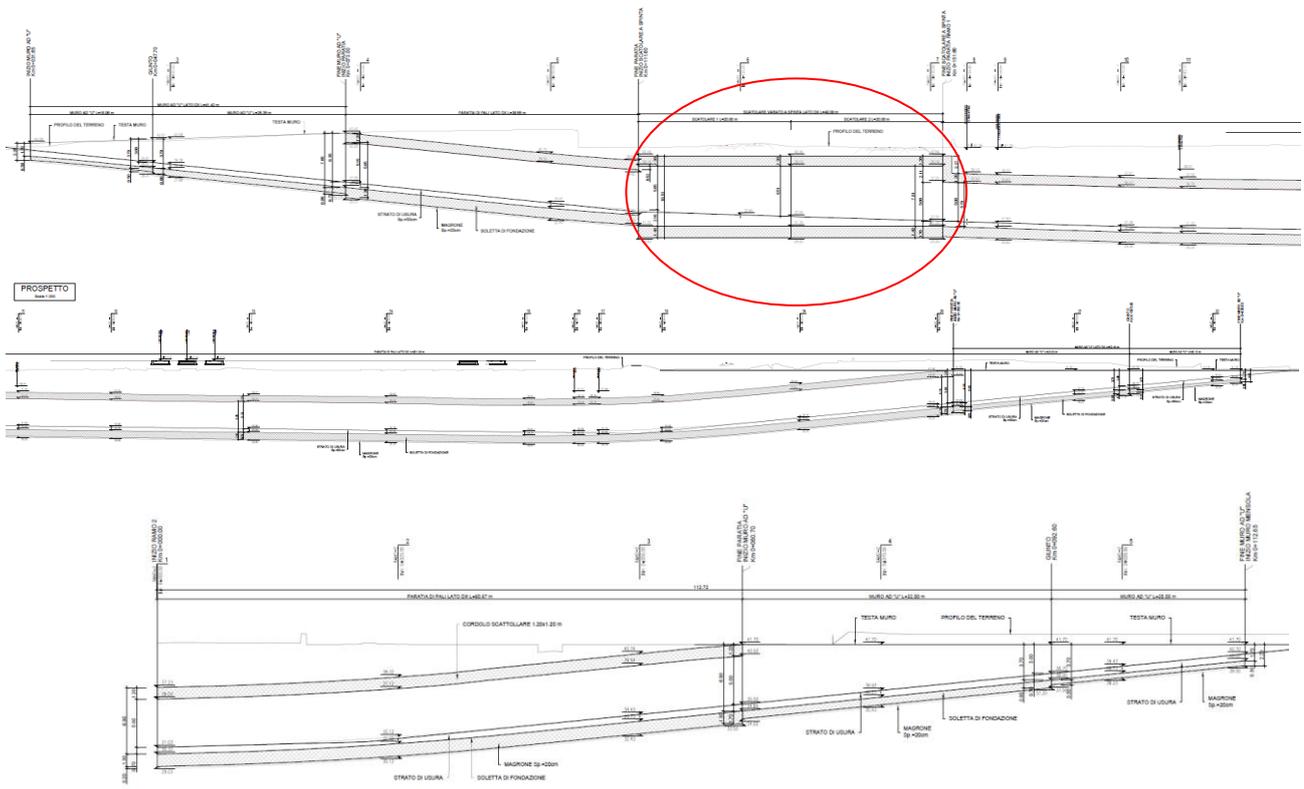
L'altezza di scavo massima è di 13.5 m, tuttavia per la realizzazione dell'opera si considera un prescavo di 4 m, pertanto lo scavo effettivo è pari a 9.5 m.

Mentre nella zona in cui c'è interferenza con i binari in esercizio cerchiata in rosso nella seguente figura si realizza un sottovia a spinta con sistema Essen e spinta mediante due conci.

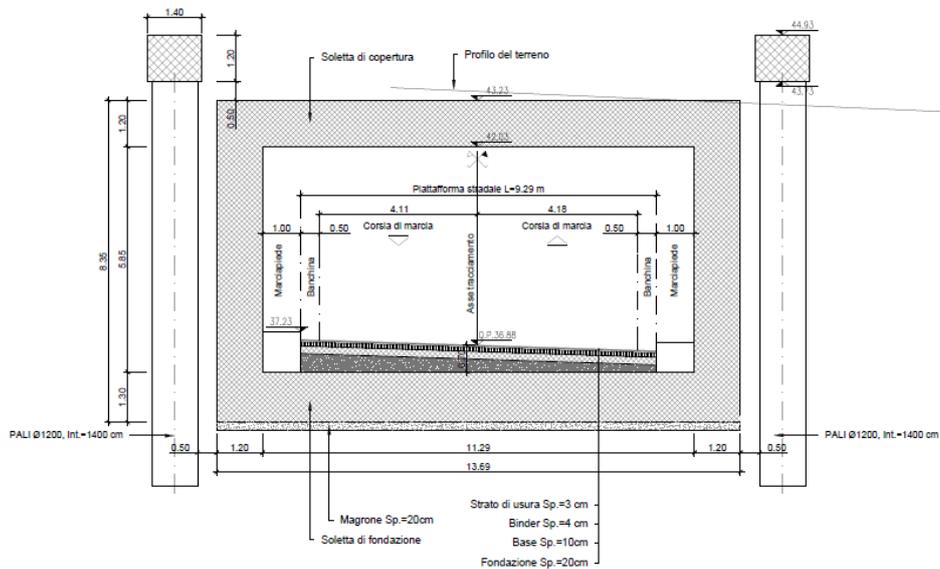
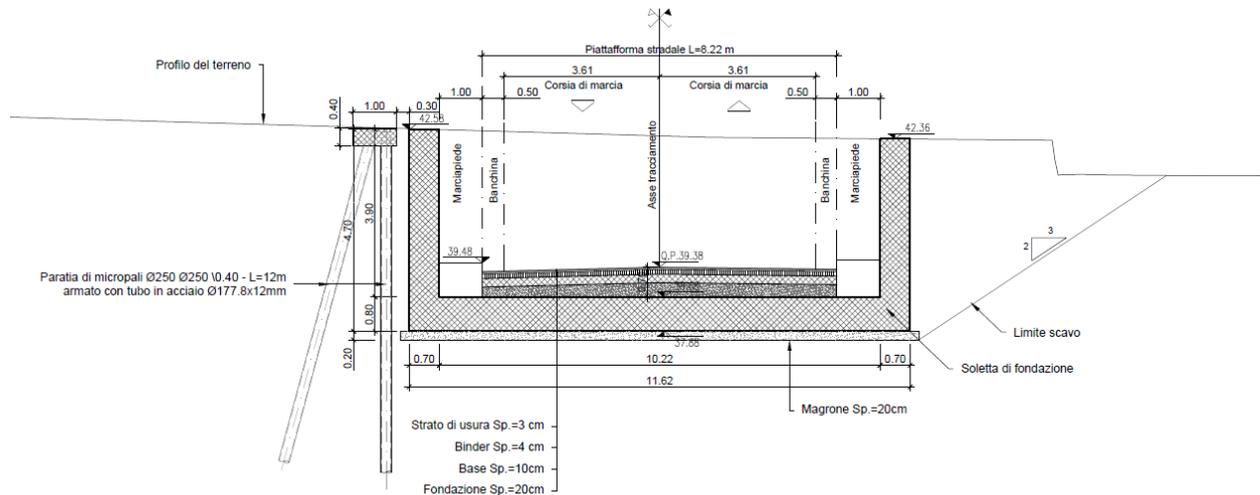




Planimetria del sottovia



Prospetto del sottovia



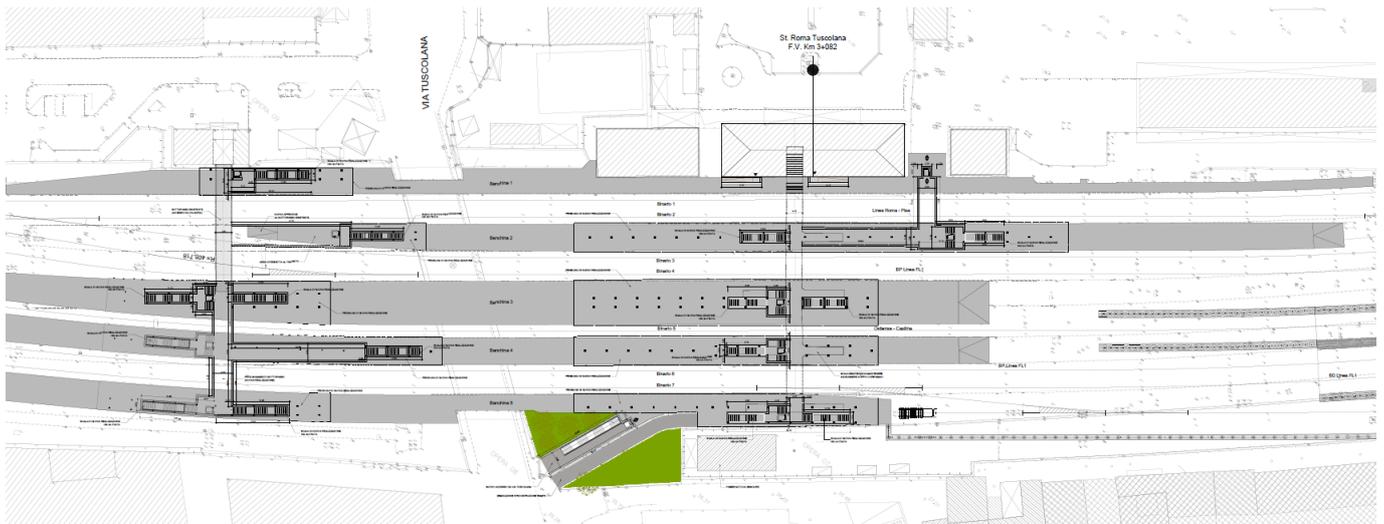
Sezioni NG01

3.1.3 Interventi in stazione

Sempre nell'ambito del presente progetto è previsto l'adeguamento a STI della stazione Tuscolana mediante rifacimento delle banchine (a + 55 da p.f.) e dei vani scala ascensori e pensiline del sottopasso esistente di stazione oltre che un prolungamento del sottopasso esistente di Via Adria e realizzazione di vani scala, ascensori e pensiline.

Si evidenzia che nell'ambito dell'adeguamento della stazione è prevista anche la realizzazione di un sottopasso pedonale a spinta al di sotto dei binari dell'attuale linea Roma Pisa. Si prevede inoltre la

demolizione e ricostruzione della rampa esistente di accesso da Via Tuscolana e la predisposizione di un passaggio pedonale a quota strada con ascensore per raggiungere la quota banchina.



3.1.4 Interventi ponte esistente su via Tuscolana

Si programma inoltre un intervento di sostituzione dell'impalcato a trave gemelle per il binario n°3, essendo previsto l'inserimento di un tratto di raccordo del tracciato in corrispondenza dell'attraversamento di via Tuscolana. L'attività verrà completata con il rifacimento di tutte passerelle tra i binari (eccetto per prima passerella in affiancamento al binario 1).

L'intervento di sostituzione delle travi gemelle, tramite sollevamento con gru, verrà completato con la sistemazione e l'adeguamento dei pulvini e dei baggioli per la corretta predisposizione degli apparecchi d'appoggio del nuovo impalcato la cui posizione in pianta sarà adattata alla suddetta modifica di tracciato.

3.1.5 Tecniche di scavo

Le opere che comportano attività di scavo dalle quali verranno prodotti i materiali oggetto del presente Piano di Utilizzo, sono principalmente i rilevati di linea e i viadotti. In misura minore, invece, comporteranno la produzione di materiali di scavo opere quali la realizzazione della viabilità, le opere idrauliche e gli interventi connessi alle tecnologie.

Per la realizzazione della maggior parte delle suddette opere in terra si prevedono **tecniche di scavo eseguite attraverso tradizionali mezzi meccanici** con benna (principalmente escavatori a braccio rovescio). Si precisa che, viste le caratteristiche meccaniche dei materiali oggetto di scavo si procederà, là dove necessario, ad effettuare la stabilizzazione a calce mediante l'utilizzo di una macchina

spandilegante che opererà direttamente sul fronte di avanzamento lavori; nel dettaglio si prevede di effettuare la stabilizzazione a calce su *30.000 mc* di materiale da scavo.

Il trattamento di stabilizzazione a calce consiste nel miscelare al terreno una certa percentuale di calce, definita tramite prove di laboratorio e verifica mediante campo prova, al fine di avere una miscela terreno-acqua-calce idonea ai requisiti progettuali di riferimento.

In particolare, le prove preparative per il campo prova da eseguire sui terreni da trattare a calce sono le seguenti:

- analisi granulometrica, inclusa analisi per via umida;
- contenuto di sostanze organiche;
- tenore in solfati;
- contenuto naturale d'acqua;
- limiti di Atterberg ed indice di plasticità;
- prova di compattazione AASHTO modificata (Proctor Modificata con determinazione di umidità ottimale, W_{opt} e densità secca massima, $\rho_{d,max}$);
- indice di portanza CBR immediato (IPI);
- indice di portanza CBR con imbibizione in acqua a 96 ore (dopo 4 giorni);
- analisi chimico-fisiche dell'acqua di falda: sali disciolti, PH.

Sui campioni preparati al contenuto d'acqua ottimale $W_{n,opt}$, saranno eseguite le seguenti prove:

- compressione a espansione laterale libera e taglio diretto.

Verrà inoltre eseguito uno studio sperimentale in laboratorio delle miscele terreno-acqua-calce il cui scopo sarà determinare il quantitativo minimo di calce necessario ad ottenere il miglioramento prefissato delle caratteristiche del terreno tale da assicurare nel tempo i requisiti richiesti.

Le percentuali saranno da intendersi riferite al peso del terreno naturale prima del trattamento e del costipamento. Per lo studio della miscela "ottimale" per il trattamento del terreno verranno analizzate tre miscele, una con contenuto di calce pari al CIC, le successive miscele aumentando dello 0,5% il CIC individuato.

Per ciascuna miscela sperimentale si dovranno eseguire le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica, inclusa analisi per via umida;
- contenuto naturale d'acqua;
- limiti di Atterberg;
- prova di compattazione AASHTO modificata (Proctor Modificata con determinazione di umidità ottimale, W_{opt} e densità secca massima, $\rho_{d,max}$);
- indice di portanza CBR immediato (IPI);
- indice CBR con imbibizione a 96 hr (4 giorni), per tempi di maturazione pari a 7 giorni e a 28 giorni;

- Compressione semplice a 7 gg di maturazione su provini con diverso grado di contenuto d'acqua (W%): Wopt, Wopt+2%, Wopt-2% (dove Wnopt è il contenuto d'acqua ottimale);
- Compressione semplice a 28 gg di maturazione su provini con diverso grado di contenuto d'acqua (W%): Wopt, Wopt+2%, Wopt-2%;
- Inoltre, nel caso di miscele per corpo del rilevato, prova di taglio in cella triassiale CID su tre provini a 28 gg di maturazione.

In fase di indagine saranno eseguite anche le analisi chimico-fisiche dell'acqua utilizzata nella preparazione degli impasti.

La realizzazione del campo prova avverrà a valle degli esiti relativi allo studio sulle miscele terreno-acqua-calce ed avrà le seguenti finalità:

- verificare su scala reale i dati ottenuti in laboratorio;
- controllo delle attrezzature, dei metodi di miscelazione e di compattazione;
- definizione delle fasi e dei metodi delle lavorazioni, con particolare riferimento all'apporto di calce;
- schemi di miscelatura (numero di passate del Pulvimixer ottimali necessari ad ottenere la granulometria prevista) e rullatura (numero di passate del rullo), in relazione alle attrezzature adottate;
- la definizione delle modalità di controllo dei limiti di accettabilità dei tenori di umidità dei terreni posti in opera e delle miscele terreno-calce, prima della rullatura finale.

L'ubicazione del campo prova, le dimensioni e le modalità esecutive del rilevato saranno concordate con la Committenza. Si prevede comunque un campo prova di dimensioni in sommità 4mx50m di lunghezza utile e realizzato con le stesse modalità di esecuzione del rilevato.

I controlli da effettuare su ognuno degli strati finiti saranno i seguenti:

- dovrà essere tarata la spanditrice di calce per il controllo del dosaggio;
- prima della stesa della calce dovrà essere controllato il contenuto d'acqua del terreno e confrontato con quello utilizzato nello studio delle miscele;
- dopo la miscelazione dovrà essere nuovamente controllato il contenuto d'acqua e verranno eseguiti prelievi per l'esecuzione di prove di classificazione, prove Proctor e CBR e prove geotecniche;
- la miscela dovrà essere poi compattata secondo schemi di rullatura prefissati;
- il prodotto finale dovrà essere controllato mediante prove di carico su piastra (da 30 cm). Le misure andranno effettuate almeno a tempo 0 (cioè subito dopo la compattazione), dopo 24 ore e a 7 gg su almeno 5 punti appartenenti al medesimo strato omogeneo (in termini di composizione e modalità di compattazione) e solo sull'ultimo strato del corpo di rilevato, a 28 gg dalla compattazione;
- in prossimità dei punti di determinazione del modulo di deformazione, determinazione della densità in sito e del contenuto in acqua, subito dopo aver eseguito la compattazione;

- a 28 gg dalla compattazione, sull'ultimo strato del corpo del rilevato prelievo di tre campioni indisturbati da sottoporre a prova di taglio in cella triassiale (CID); le prove verranno eseguite sia sui provini tal quali che dopo 5 cicli di imbibizione (4 gg) ed essiccamento (24 ore) e completa saturazione per almeno 7 giorni.

I risultati ottenuti con il campo prova dovranno confermare quelli dello studio sperimentale in laboratorio. Nel caso in cui i requisiti minimi previsti da progetto non venissero raggiunti, dovranno essere modificati i metodi di compattazione e/o le miscele terra-calce, secondo le indicazioni contenute nella relazione sullo studio delle miscele, fino al raggiungimento dei requisiti minimi richiesti; in caso contrario si dovrà scartare il prodotto sperimentato.

La miscela ottimale scaturirà dai risultati delle analisi effettuate in laboratorio e da quelli ottenuti nel campo prova ed in ogni caso dovrà essere approvata da Committente.

I campi prova costituiranno il riferimento per la realizzazione del corpo dei rilevati, pertanto negli elaborati finali dei campi prova dovranno essere chiaramente specificate le modalità realizzative da riprodurre in corso d'opera.

In generale, stante i chiarimenti forniti dalla Delibera SNPA n. 54/2019, l'operazione di trattamento a calce è da considerarsi a tutti gli effetti un'operazione di normale pratica industriale e come tale in corso d'opera dovranno essere rispettati, oltre a quanto già disposto dal D.P.R. 120/2017, tutti i criteri di caratterizzazione descritti dalla Delibera, nonché le misure per la mitigazione degli effetti del trattamento a calce sull'ambiente riportati in Allegato 1 alla stessa.

Si evidenzia inoltre che i terreni risultano trattabili a calce poiché rispondono a determinati requisiti richiesti, così come riportato nel "Capitolato RFI generale tecnico di appalto delle opere civili Parte II – Sezione 18 – Utilizzo di aggregati riciclati e trattamenti con calce per opere in terra". Pertanto, al fine di determinare modalità di stesura, compattazione, miscela, attrezzature e controlli sul materiale verrà eseguito, come da prassi, uno specifico campo prova che risponderà ai requisiti riportati nel capitolato su indicato.

Per ulteriori dettagli si rimanda, inoltre, sia all'elaborato "Annesso tecnico: indirizzi metodologici del trattamento a calce" (NR2E00R69RHTA0000001A), che nelle successive fasi di progettazione potrà essere ulteriormente ampliato, modificato ed arricchito, sia a quanto riportato, anche nelle successive fasi di progettazione, nella "Relazione geotecnica generale" in riferimento a WBS interessate dallo scavo dei materiali, WBS interessate dal riutilizzo previo trattamento a calce, proprietà dei terreni da trattare (granulometria, indice di plasticità, contenuto di sostanze organiche), prove di identificazione delle terre da trattare, studio in laboratorio della miscela, realizzazione del campo prova.

Le terre che saranno trattate a calce proverranno dalle WBS afferenti alla linea ferroviaria (e non alla viabilità) al fine di soddisfare il loro stesso fabbisogno.

3.1.6 Quadro dei materiali di scavo prodotti ed oggetto del piano di utilizzo

I materiali da scavo che verranno prodotti dalla realizzazione delle opere relative al PRG di Roma Tuscolana, 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.

In riferimento alla possibilità di riutilizzo dei materiali scavati, si precisa che in fase progettuale sono state effettuate delle indagini di caratterizzazioni ambientale mirate alla qualifica come sottoprodotti dei materiali di scavo oggetto del PUT e come tali le profondità di indagine sono state spinte fino alla quota di scavo prevista nei diversi tratti del tracciato in progetto; in riferimento ai fabbisogni dell'opera in progetto e alla caratterizzazione ambientale eseguita in fase progettuale, tutti i materiali presentano caratteristiche chimiche idonee per possibili utilizzi interni quali formazione di rilevati, rinterri, riempimenti e coperture vegetali.

Tabella 1: Tabella riepilogativa quantitativi prodotti e loro gestione [mc in banco]

TEMATICA	PRODUZIONE [mc]	RIUTILIZZO INTERNO [mc]		UTILIZZO ESTERNO [mc]	
		STESSA WBS	ALTRA WBS	RIFIUTI [mc]	SOTTOPRODOTTI [mc]
WBS ferroviarie	227.283	30.000	-	(*)	197.283
WBS stradali	94.702	20.000	-	(*)	74.702
		50.000	-		
		50.000		(*)	271.985
	321.985	ai sensi del DPR 120/2017		non gestibile ai sensi del DPR 120/2017	ai sensi del DPR 120/2017

(*) Le uniche terre che si prevede di gestire nel regime dei rifiuti saranno quelle derivanti dagli scavi sui rilevati esistenti. Il dato sarà affinato nelle successive fasi di progettazione.

Pertanto, in riferimento alla tabella sopra riportata le attività relative al PRG di Roma Tuscolana porteranno alla produzione di un quantitativo complessivo di **321.985** (in banco) suddivisi nel seguente modo:

- Riutilizzo interno all'opera nell'ambito del D.P.R. 120/2017: **50.000 mc**;
- Utilizzo esterno per attività di rimodellamento di cave dismesse nell'ambito del D.P.R. 120/2017: **271.985 mc**.

Alla luce di quanto sopra verranno, pertanto, gestiti come sottoprodotti e quindi sono **oggetto del presente Piano di Utilizzo** un totale complessivo di ca. **321.985 mc** (in banco); in **allegato 1** si riporta la tabella riepilogativa del bilancio complessivo.

Il Proponente ha previsto di gestire in regime di rifiuto – in via puramente cautelativa - unicamente i materiali provenienti dallo smantellamento/demolizione dei rilevati ferroviari esistenti. Si ritiene infatti che tutte le terre e rocce da scavo prodotte dalle tipologie di opere in questione soddisfino tutti i requisiti per poter essere considerate sottoprodotti e non rifiuti, ivi comprese quelle provenienti dalle perforazioni profonde e/o dalle attività di scavo con bentonite. A tal proposito si richiama, infatti, quanto disposto

dall'Articolo 2, lettera n, del D.P.R. 120/2017 che definisce *“terre e rocce da scavo”*: *il suolo escavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, tra le quali: scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee); perforazione, trivellazione, palificazione, consolidamento; opere infrastrutturali (gallerie, strade); rimozione e livellamento di opere in terra. Le terre e rocce da scavo possono contenere anche i seguenti materiali: calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per scavo meccanizzato, purché le terre e rocce contenenti tali materiali non presentino concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V della Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per la specifica destinazione d'uso*". Per quanto esposto si ritiene che il presente Piano di Utilizzo sia rispondente ai contenuti dettati dal D.P.R. 120/2017 e dai relativi allegati. Tuttavia, al presente PUT, viene allegata idonea documentazione bibliografica di supporto avente lo scopo di verificare/evidenziare come i materiali provenienti da perforazioni profonde e scavi con fanghi possano essere considerati conformi ai requisiti di cui all'art. 4, comma 1, lettera d) e quindi come essi non possano comportare impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana (art. 184bis del D.Lgs. 152/2006) (si veda **allegato 3**).

3.1.7 Operazioni sui materiali di scavo (normale pratica industriale)

Al fine di migliorare le caratteristiche merceologiche dei materiali di scavo e renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace, 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 sia all'interno dell'opera sia per la riambientalizzazione di siti di cava dismessi (se necessario) saranno sottoposti ad operazioni di normale pratica industriale. In particolare le terre provenienti dagli scavi delle WBS ferroviarie e dalle WBS stradali saranno sottoposte ad operazioni di normale pratica industriale al fine di soddisfare i fabbisogni di ognuna delle due WBS. Di seguito il dettaglio:

- selezione granulometrica: 50.000 mc
- riduzione volumetrica: 30.000 mc

3.2 SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE

Nell'ambito del progetto del PRG della stazione di Roma Tuscolana, 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 specifiche opere d'arte. 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 finalizzate alla esecuzione dei lavori di armamento ed attrezzaggio tecnologico della linea.
- **aree di deposito terre:** sono quelle aree destinate all'eventuale accumulo temporaneo delle terre di scavo. Tale stoccaggio temporaneo è stato previsto con funzione di "polmone" in caso di interruzioni temporanee della ricettività dei siti esterni di destinazione definitiva.

Le aree di cui sopra 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 (strada statale ed autostrada);
- ✓ minimizzazione del consumo di territorio;
- ✓ minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico.

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

Tabella 2: Tabella riepilogativa aree di cantiere

Codice	Tipologia	Wbs/Opere di rif.	Comune (Provincia)	Stato attuale dell'area	Superficie (mq)		
					FASE 1	FASE 2	FASE 3
CO.01	Cantiere Operativo	-	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	4.000	4.000	3.300
AS.01	Area Stoccaggio	-	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	5.300	-	-
AS.02	Area Stoccaggio	-	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	-	2.300	-
AS.03	Area Stoccaggio	-	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	-	3.000	-
AT.01	Area Tecnica	NG01-NV01-TR-GA	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	4.700	1.500	-
AT.02	Area Tecnica	NG01-NV01-TR-GA	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	4.000	-	-
AT.03	Area Tecnica	NG01-NV01-TR-GA	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	3.400	-	-
AT.04	Area Tecnica	FA02	Roma - Municipio VII	area occupata da strutture in demolizione	700	-	-
AT.05	Area Tecnica	FV01	Roma - Municipio VII	area occupata opere e binari in demolizione	1.300	4.000	-
AT.06	Area Tecnica	FV01	Roma - Municipio VII	area verde	300	300	-
AR.01	Cantiere Armamento e Tecnologie	-	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	3.300	8.500	-
AT.07	Area Tecnica	FV01-TR06	Roma - Municipio VII	area occupata da binari in demolizione	-	2.500	-
AT.08	Area Tecnica	TR03	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	-	1.700	-
AT.09	Area Tecnica	FA01-FA03	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	-	5.300	-
AT.10	Area Tecnica	FV01	Roma - Municipio VII	area pavimentata	-	-	600
AT.11	Area Tecnica	FV01-VI01	Roma - Municipio VII	area occupata opere e binari in demolizione	-	-	3.200
AT.12	Area Tecnica	FV01	Roma - Municipio VII	area pavimentata (area di parcheggio su via Andria)	-	-	300
AR.02	Cantiere Armamento e Tecnologie	-	Roma - Municipio VII	area occupata da fabbricati e binari in demolizione	-	-	7.000
DT.01	Deposito Terre	-	Roma - Municipio VI	area agricola	60.000		

Relativamente al sistema di cantierizzazione sopra riportato, si evidenzia che tutte le aree occupate temporaneamente dai cantieri al termine dei lavori saranno ripristinate allo stato quo-ante e restituite al territorio.

Nella tabella seguente sono invece riepilogate le aree di cantiere che si prevede di utilizzare come siti di deposito 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.

Tabella 3: Tabella riepilogativa siti che saranno utilizzati come siti di deposito in attesa di utilizzo

Nuovo Cod.	opere di pertinenza	Superficie (mq)
AS01	AREA STOCCAGGIO	5.300
AS02	AREA STOCCAGGIO	2.300
AS03	AREA STOCCAGGIO	3.000
DT01	DEPOSITO TERRE	60.000

Nell'ambito delle varie aree di stoccaggio individuate, potranno essere allestiti gli eventuali impianti di cantiere per il trattamento dei terreni di scavo da destinare al riutilizzo nell'ambito del presente intervento (impianti di frantumazione e vagliatura, etc). La pavimentazione delle aree verrà predisposta in funzione della tipologia di materiali che esse dovranno contenere.

Al fine di fornire un quadro completo delle caratteristiche delle aree di deposito intermedio all'interno delle quali verranno allocati i materiali in attesa di caratterizzazione e di utilizzo finale, così come per i siti di produzione (**NR2E00R69SHTA0000001B**), sono state prodotte delle schede cartografiche riportanti per ogni deposito temporaneo/cantiere (**NR2E00R69SHTA0000002A**) le seguenti informazioni:

Inquadramento territoriale:

- denominazione dei siti, desunta dalla toponomastica del luogo;
- ubicazione dei siti (comune, via, numero civico se presente);
- estremi cartografici da Carta Tecnica Regionale (CTR);
- corografia.

Inquadramento urbanistico:

- individuazione della destinazione d'uso urbanistica attuale.

Inquadramento geologico ed idrogeologico:

- descrizione del contesto geologico della zona, anche mediante l'utilizzo di informazioni derivanti da pregresse relazioni geologiche e geotecniche;
- descrizione del contesto idrogeologico della zona (presenza o meno di acquiferi e loro tipologia) anche mediante indagini pregresse;
- livelli piezometrici degli acquiferi principali, direzione di flusso, con eventuale ubicazione dei pozzi e piezometri se presenti (cartografia preferibilmente a scala 1:5.000).

Descrizione delle attività svolte sul sito:

- uso pregresso del sito e cronistoria delle attività antropiche svolte sul sito.

Appare evidente che il Programma Lavori potrà essere approfondito solo nelle successive fasi di progettazione 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.

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.

Le aree di stoccaggio non contengono in linea generale impianti fissi o baraccamenti, e sono destinato maggiormente allo stoccaggio dei materiali di risulta (terre da scavo, ballast, calcinacci, ecc.), da separare in funzione della loro provenienza e del loro utilizzo. Considerando la limitata capacità di stoccaggio delle aree individuate presso la stazione di Ciampino, tutte le aree AS verranno probabilmente utilizzate anche per lo stoccaggio dei materiali di armamento (traverse e pietrisco). All'interno della stessa area di stoccaggio si potranno avere, in cumuli comunque separati:

- terre da scavo destinate alla caratterizzazione ambientale, da tenere in sito fino all'esito di tale attività;
- terre da scavo destinate al reimpiego nell'ambito del cantiere;
- terre da scavo eventualmente da destinare alla riambientalizzazione di cave;
- materiali provenienti dalle demolizioni;
- ballast;
- traverse.

Nell'ambito delle aree di stoccaggio potranno essere allestiti gli eventuali impianti di cantiere per il trattamento dei terreni di scavo da destinare all'eventuale riutilizzo nell'ambito di progetto. La pavimentazione delle aree verrà predisposta in funzione della tipologia di materiali che esse dovranno contenere.

4 INDAGINI CONOSCITIVE DELLE AREE DI INTERVENTO E CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI IN FASE DI PROGETTAZIONE

Si riporta di seguito una sintesi degli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici che caratterizzano l'area di indagine e che hanno consentito di poter valutare i rapporti tra l'opera in oggetto ed il territorio circostante.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nel PRG del Comune di Roma il territorio comunale viene suddiviso in 6 zone, per via delle notevoli differenze geomorfologiche si riscontrano in un territorio così vasto; in particolare:

- Zona orientale
- Delta e piana del Tevere
- Zona sud-occidentale
- Zona nord-occidentale
- Zona nord-orientale
- Centro storico

All'interno delle singole zone, semplificando e schematizzando, si hanno caratteristiche geologiche più o meno uniformi, che vengono descritte per ciascuno dei settori individuati. In particolare, la stazione di Roma Tuscolana, facente parte del territorio del Municipio di Roma VII, rientra nella zona orientale.

La stazione di Roma Tuscolana rientra nel settore omogeneo "Orientale" così descritto:

- **Zona orientale:** La zona è delimitata geograficamente a nord dal Fiume Aniene, a sud ed est dai confini del territorio comunale e ad ovest dalla città storica e, a sud-ovest, dalla piana del Tevere. Risulta caratterizzata dalla presenza di terreni prevalentemente vulcanici derivanti dall'attività del Distretto Vulcanico Albano. Tali depositi durante l'ultimo ciclo glaciale (ultimi 100 mila anni) sono stati profondamente incisi dai torrenti principali e dall'Aniene; successivamente, durante il successivo periodo interglaciale, queste incisioni sono state colmate da alluvioni recenti. Al di sopra delle alluvioni possono essere presenti, localmente, terreni di riporto, recenti e antichi, a volte derivanti dal riempimento di depressioni, artificiali o naturali. Al disotto della serie vulcanica è presente un substrato sedimentario antico caratterizzato da terreni sedimentari continentali fluvio-lacustri, costituiti da ghiaie, sabbie, limi e argille (Formazione del Paleotevere) che poggia sui livelli argillosi marini del Plio-Pleistocene. Questi ultimi non affiorano nella zona in esame, ma sono stati rinvenuti tramite perforazioni su tutta l'area.

Di seguito vengono descritte le unità geolitologiche cartografate nella "Carta geolitologica del territorio comunale" alla scala 1:20.000, dai termini più recenti ai più antichi:

Terreno di riporto (25): depositi eterogenei dovuti all'accumulo di volumi significativi di materiale per rilevati stradali e ferroviari, argini fluviali, ruderi di età romana, ricolmata di cave dismesse e per bonifica storica di aree paludose. Spessore fino a 30 m. Olocene. Depositi storici.

Duna e interduna litoranea recente (24): depositi prevalentemente sabbiosi di taglia medio-fine, a tratti ghiaiosi (24a - duna costiera consolidata) e fine a tratti debolmente limosa (24b spiaggia attuale e duna litoranea recente), di colore grigio-giallastro; depositi interdunali formati da alternanze di limo, argilla limosa e limo sabbioso, con frequenti livelli di argilla torbosa (24b). Olocene. Età assoluta tra 10 mila anni e l'attuale

Depositi alluvionali (23): depositi limo-sabbiosi e limo-argillosi con lenti di argilla e argilla torbosa, di riempimento delle valli dei corsi d'acqua principali; i materiali torbosi sono prevalenti nelle valli in sinistra orografica del Tevere; nella piana alluvionale del Fiume Tevere e del Fiume Aniene, alla base, sono presenti livelli ghiaiosi e sabbiosi. Spessore fino a 60-70 m. Pleistocene superiore - Olocene. Età assoluta tra 18.000 anni e l'attuale

Depositi palustri e lacustri recenti (22): depositi limosi, limoso-sabbiosi, torbe lagunari e depositi di riempimento dei laghi craterici di Valle Marciana e Castiglione, costituiti da depositi ad elementi vulcanici siltoso-sabbiosi alternati a livelli argillosi. Spessore >10 m. Pleistocene superiore - Olocene. Età tra 100 mila anni e l'attuale.

Travertino (21): depositi travertinosi incrostanti di ambiente lacustre e fluviale, generalmente associati e/o posteriori alle ultime fasi esplosive del vulcanismo Albano. Pleistocene superiore - Olocene.

Depositi eruttivi finali del Distretto Vulcanico Sabatino (20): prodotti idromagmatici finali dei centri eruttivi di Baccano, Martignano e la Conca, formati da alternanze di livelli a granulometria da sabbiosolapillosa a cineritica arricchita in litici lavici e del substrato sedimentario. Colata piroclastica del centro eruttivo di Baccano a matrice pomiceo-cineritica ricca in blocchi vulcanici e del substrato sedimentario. Pleistocene superiore. Età assoluta 83 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *idromagmatica di Baccano, Martignano, La Conca; Colata piroclastica di Baccano.*

Depositi eruttivi finali del Distretto Vulcanico Albano (19): brecce piroclastiche d'esplosione, con lapilli, proietti leucocrati, xenoliti di lave leucitiche e del substrato (argille, arenarie, calcari mesozoici) con intercalati livelli a granulometria sabbiosa e cineritica, in strati e banchi. Diffusa presenza di Peperini, tufi lapidei usati in antichità come pietre da costruzione. Al tetto sono presenti livelli sabbiosi e sabbioso-conglomeratici ad elementi vulcanici da massivi a stratificati, in facies fluviale e da flusso iperconcentrato con meccanismi di deposizione tipo lahar. Spessore fino a 10 metri. Età Pleistocene superiore. Età assoluta 15 - 37 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Tavolato, Valle Marciana, Corona del Lago, Lapis Albanus, Lapis Gabinus.*

Formazione di Vitinia (18): depositi legati al penultimo ciclo interglaciale, il Tirreniano, formati da alternanze di ghiaie e sabbie fluviali, ad elementi vulcanici molto ricchi in leucite analcimizzata, a laminazione incrociata, con livelli di limo-argillosi avana grigiastri con gasteropodi salmastri e concrezioni travertinose. In giacitura di terrazzo fluviale con superficie di tetto a quote di circa 30 m s.l.m. Spessore fino a 20 m. Pleistocene medio - superiore. Età tra 120 e 100 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Tirreniano, Saccopastore, Vitinia.*

Depositi terrazzati di piana costiera (17): depositi terrazzati di piana costiera antica prevalentemente sabbiosi, grigi e giallastri, localmente con ghiaie a piccoli ciottoli, a volte cementati. Intercalazioni di depositi alluvionali e/o palustri argillo-limosi e argillo-torbosi in lenti e strati. Pleistocene medio -

superiore. Età 120 – 100 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Casal Bernocchi, Campo Selva, Riserva della Macchia*.

Unità delle Lave di Capo di Bove (16): lave grigio scure, provenienti dal Distretto Vulcanico Albano, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite, clinopirosseno ed occasionalmente olivina; alla base depositi di scorie e ceneri da ricaduta e rimaneggiati. Pleistocene Medio. Età 277 mila anni.

Unità di Castel Porziano (15): sabbie fini giallo-rossastre dell'antico cordone di dune con croste ferruginose e intercalazioni di ghiaie a ciottoli silicei, terrazzate. Pleistocene medio. Età tra 350 e 300 mila anni.

Formazione Aurelia (14): ghiaie e sabbie fluviali ad elementi vulcanici a laminazione incrociata, limiargillosi avana grigiastri e concrezioni travertinose, con materiale vulcanico rimaneggiato alla base, a riempimento di paleovalli lungo le attuali sponde del Tevere e dell'Aniene. Spessore fino a 20 m. Pleistocene medio. Età tra 350 e 300 Milioni di anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Fluviolacustre, Unità Aurelia*

Complesso dei depositi piroclastici del Distretto Vulcanico Albano (12-13): unità piroclastiche del Distretto Vulcanico Albano riferibili all'ultima eruzione ignimbratica di grande volume dell'apparato Tuscolano-Artemisio con meccanismi di colata piroclastica e lahar. **Deposito massivo (12)**, costituito da scorie rossastre o nere, in una matrice cineritico-lapillosa grossolana da rossa a grigia, ricca in cristalli di leucite e pirosseni; nella matrice sono presenti anche litici lavici e grosse scorie nere, generalmente incoerente. Spessore massimo 30 m.

Tufo Lionato (13): vulcanite massiva, litoide a matrice cineritico-lapillosa con scorie grigie, litici lavici e olocristallini, di colore da giallo a rosso-fulvo a marrone in gradazione verticale, spesso fino a 25 m.

Deposito ignimbratico di colore nero (12), pozzolanaceo, massivo e caotico, a matrice scoriaceo-cineritica, tabulare; alla base è presente un livello di lapilli scoriacei di ricaduta; spessore tra i 5 e i 20 m. Intercalati nella successione descritta, localmente, è possibile trovare una sequenza di sabbie e ghiaie generalmente a stratificazione incrociata e a festoni, da classate a mal classate, intercalate a livelli sabbiosi massivi, mal stratificati in facies fluviale e da flusso iperconcentrato, costituiti interamente di scorie nere e rosse, litici olocristallini e lavici, cristalli di leucite più o meno analcimizzata, con spessore massimo, in affioramento, fino a 10 m circa. Pleistocene Medio. Età tra 407 e 388 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Pozzolane Nere, Tufo Lionato, Tufo rosso Litoide, Tufo dell'Aniene, Tufo di Monte Verde, Tufo di Villa Senni, Tufo a Occhi di Pesce, Pozzolanelle, Successione di Sette Ville*.

Unità di San Paolo (11): depositi continentali legati ad una o più fasi interglaciali, formati da alternanze di ghiaie, sabbie e limi poligenici in facies fluviale e fluvio-lacustre da classati a mal classati, mal stratificati in banchi, con elementi vulcanici derivanti prevalentemente dall'erosione delle unità eruttive delle Pozzolane rosse, del Tufo Rosso a Scorie Nere; silts calcarei a luoghi fortemente cementati e argille in alternanze irregolari che passano lateralmente a depositi di travertini fitoclastici e livelli cementati. Spessore fino ad alcune decine di metri. Pleistocene Medio. Età circa 400 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Fluvio Lacustre, Formazione di S. Cosimato p.p., Formazione S. Paolo, Unità Nuova California, Unità del Conglomerato Giallo, Unità di Fosso del Torriniodi*.

Unità delle Pozzolane Rosse (9-10): colata piroclastica del Distretto Vulcanico Albano (9), massiva e caotica, da semicoerente a coerente, da rosso a viola vinaccia a grigio scuro, a matrice scoriacea povera della frazione cineritica, con scorie di dimensioni fino a 15 cm, litici lavici, sedimentari termometamorfosati e olocristallini di dimensioni fino a 20 cm e abbondanti cristalli di leucite, pirosseno e biotite. La geometria del deposito è tabulare. L'unità è riferibile ad una eruzione ignimbratica di grande volume dell'apparato Tuscolano-Artemisio con alla base un deposito da flusso piroclastico tipo surge. All'interno dell'unità si trovano intercalati due livelli lavici:

- **Lave di Vallerano (10)** formate da lave leucititiche grigio scure, a frattura da concoide a scheggiosa, con rari cristalli a leucite e clinopirosseno (2-3 mm). Raggiungono spessori massimi di 20 m.
- **Lave di Fosso Tre Rami (10)** formate da lave grigio scure, a frattura scheggiosa, da afiriche a microcristalline a leucite e clinopirosseno (1-2 mm). Spessori fino a 10 m. *Pleistocene Medio*. Età tra 460 - 457 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Pozzolane Rosse, Lave di Vallerano, Unità di Casale del Cavaliere, Lave di Fosso Tre Rami*.

Complesso dei depositi piroclastici del Distretto Vulcanico Sabatino (6-7-8): depositi piroclastici di ricaduta (6), del Distretto Vulcanico Sabatino, lapillosi e cineritici, in strati contenenti scorie e litici lavici di dimensioni centimetriche, intercalati a livelli vulcanoclastici rimaneggiati; presenza di orizzonti pedogenizzati e depositi limno-palustri. Nella parte intermedia della successione presenza di livelli con pomici di ricaduta bianco-giallastre. **Tufo rosso a scorie nere (7):** è intercalato nella sequenza ed è costituito da un deposito piroclastico massivo a matrice cineritica, coerente, con abbondanti scorie nere decimetriche, litoide per zeolitizzazione, di colore giallo-rossastro. **Lave del fosso della cascata (8):** intercalate nella sequenza piroclastica sono formate da lenti di lave grigio-scure, da compatte a vacuolari, generalmente fratturate. Alla base è localmente presente un livello di pomici di ricaduta. Spessore fino a 20 m. *Pleistocene Medio*. Età tra 488 e 416 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Successione di Sacrofano, Successione di La Storta, Tufo di Grotta Oscura, Tufo Rosso a Scorie Nere, lave del Fosso della cascata*.

Formazione di Valle Giulia (5): travertini fitoclastici in banchi, inglobanti lenti di ghiaie vulcanoclastiche, sabbie e limi sabbiosi a concrezioni carbonatiche. Spessore fino a 30 m. *Pleistocene Medio*. Età tra 518 e 500 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Fluvio-lacustre, Unità di Valle Giulia*

Complesso delle Vulcaniti antiche dei Distretti Vulcanici Sabatino e Albano (4): depositi piroclastici a matrice cineritica, massivi, con cristalli di leucite alterata, pomici centimetriche giallo-biancastre, abbondanti scorie grigio-chiare, nere e verdi, litici lavici, costituiti da più orizzonti sovrapposti derivanti sia da eruzioni ignimbratiche del Distretto Vulcanico Sabatino, sia da eruzioni freatomagmatiche con meccanismi di deposizione da colata piroclastica dell'apparato Tuscolano-Artemisio. I principali litotipi presenti sono: colata piroclastica, massiva, caratterizzata da pomici gialle disperse in una matrice cineritica con lapilli; orizzonti lapillosi scoriacei più o meno cementati, contenenti piccoli litici lavici; deposito massivo e litoide, costituito da scorie grigie o nere disperse in una matrice cineritica ricca in fenocristalli di biotite, pirosseno, sanidino; ignimbrite massiva, prevalentemente litoide, costituita da pomici centimetriche ricche in leucite, in una matrice cineritico-pomicea con cristalli di sanidino, leucite e pirosseno. La sequenza si presenta, quindi, generalmente coerente o litoide con spessori massimi fino a 10-20 m.. *Pleistocene Medio*. Età assoluta 561 – 514 mila anni. Comprende le seguenti unità degli

autori: *Tufo Pisolitico, Tufi granulari, Granturco, tufi Antichi, Tufi Pisolitici, Tufo Giallo inferiore della Via Tiberina, Tufo del Palatino, Unità di Tor dei Cenci, Unità di Prima Porta.*

Formazione di Ponte Galeria (3): depositi di ambiente da lagunare a fluvio-deltizio, formati da alternanze di sabbie gialle e ghiaie a stratificazione parallela e incrociata in matrice sabbiosa, costituite da ciottoli eterometrici, arrotondati e appiattiti, di natura calcarea e silicea, con alternanze irregolari di argille e limi sabbiosi. Argille grigie, sabbie quarzose e limi avana-grigiastrì. Verso l'alto alternanze ed interstratificazioni di sabbie e limi ad elementi vulcanici. Presenza di alternanze di strati cineritici a lapilli accrezionari, pomici e ceneri avana con orizzonti pedogenizzati. Pleistocene medio. Età assoluta tra 1,2 e 0,6 Milioni di anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Maremmano, Siciliano, Galeriano, Paleotevere 1 e 2, Monte Ciocci, Unità di Fosso Crescenza, Unità di Santa Cecilia.*

Complesso dei depositi sabbiosi (2): depositi di ambiente da infralitorale a spiaggia formati da sabbie grigie passanti verso l'alto a sabbie gialle, con intercalazioni di arenarie in livelli e lenti, di modesto spessore, di panchina bioclastica in strati, di spessore compreso tra 1 e 2 m. Nella sequenza sono presenti anche argille e argille-sabbiose grigio-verdastre con rari livelli sabbiosi. Al tetto della serie, nelle zone di Monte Mario, Gianicolo e Monteverde, è presente una sequenza di terreni trasgressivi formati da sabbie quarzose fini, con livelli di ghiaia molto evolute, eterometriche ed eterogenee e a tratti cementate, la serie si chiude con limi sabbiosi biancastri ed uno strato di sabbie quarzose ossidate. Pleistocene inferiore. Età tra 1,8 e 1,4 Milioni di anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Astiano, Formazione di Monte Mario, Unità di Monte Ciocci.*

Formazione di Monte Vaticano (Argille di base) (1): argille e argille limose grigio-azzurre, da consolidate a molto consolidate, con intercalazioni di sabbie fini e limi, passanti verso l'alto in continuità a limi e limi sabbiosi grigi con frequenti orizzonti ossidati, sabbie fini micacee giallo-ocra con intercalazioni argillose centimetriche, di origine marina. Pliocene - Pleistocene inferiore. Età: 2,8-1,8 Milioni di anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Argille Azzurre, Argille Vaticane, Unità di Monte Vaticano, Unità di Campo Ascolano, Unità di Pratica di Mare, Unità di Marco Simone, Unità di Valle dell'Inferno.*

Nella figura seguente viene presentato uno stralcio della carta geologica allegata nel PRG del Comune di Roma in cui si può osservare come, nell'area interessata dal seguente studio, la litologia principale è caratterizzata dai depositi piroclastici (**Complesso dei depositi piroclastici del Distretto Vulcanico Albano** e **Unità delle Pozzolane rosse**) del **Distretto Vulcanico Albano** in accordo con quanto esposto nella descrizione geologica del settore orientale del comune di Roma.

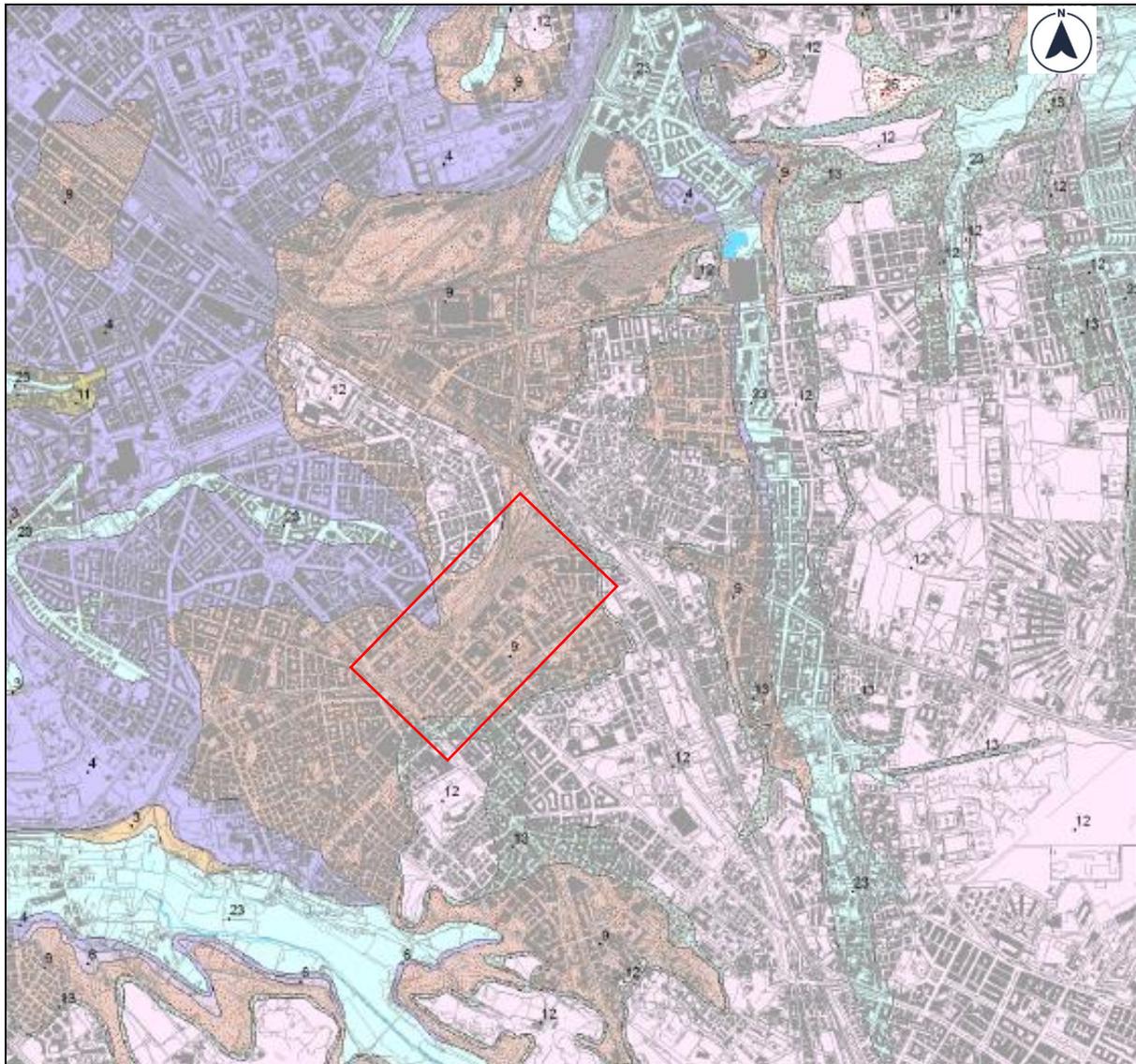


Figura 3 – Stralcio della Carta geologica proposta nel PRG del Comune di Roma (Scala 1:20.000). Il riquadro rosso corrisponde all'ubicazione della stazione oggetto di questo studio.

4.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'evoluzione geologica del territorio dell'area metropolitana romana ha portato alla formazione di un paesaggio articolato in varie morfologie, prodotte dalla combinazione degli effetti delle attività geodinamiche (o endogene alla crosta terrestre) e di quelle esogene.

Le forze endogene si sono esplicate attraverso:

- la formazione di faglie tettoniche e deformazioni a carattere distensivo della crosta terrestre con sollevamenti e abbassamenti differenziali che, a partire dal Pliocene al Pleistocene medio, interessarono il margine tirrenico;
- attività eruttive dei complessi vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani che dal Pleistocene medio (circa 600.000 anni fa) al deterioramento climatico dell'ultima fase glaciale di 20.000 anni fa, trasformarono ripetutamente il territorio con imponenti deposizioni di sedimenti prevalentemente piroclastici.

Con l'esaurirsi delle attività vulcaniche costruttive di accumulo, le forze esogene prevalsero con la loro azione sul modellamento dei rilievi del territorio mediante:

- la forza della gravità;
- le attività climatiche (acqua, vento, crioclastismo e termoclastismo);
- i processi fluviali, lacustri e marini di erosione, trasporto e deposizione dei sedimenti.

I loro effetti, che hanno dato luogo alla morfologia attuale del paesaggio, si sono diversificati in funzione dei fattori tettonici e litologici, della granulometria, della coesione e intensità di fratturazione dei depositi vulcanici e sedimentari che costituiscono il territorio del Comune di Roma. La struttura paesaggistica del sistema naturale del territorio comunale (Succhiarelli, 2003) può essere ricondotta a sei ambiti geomorfologici principali:

- piana deltizia del Fiume Tevere;
- terrazzi dell'antica costa tirrenica;
- valli fluviali;
- altopiani di tipo piroclastico e clastico;
- rilievi collinari di alto strutturale.

Per ambito geomorfologico si intende lo spazio di territorio dove le componenti fisiche presentano caratteri di omogeneità nelle forme e nell'ambiente di formazione.

Nell'ambito della caratterizzazione geomorfologica del territorio romano, gli ambiti morfologici sono costituiti da unità di paesaggio geologico (Arnoldus – Huyzendveld et al., 1997), prevalentemente riconducibili e connesse, nella loro origine, con le attività vulcaniche (dei Colli Albani e dei Monti Sabatini) e con i processi fluviali e marini.

Data l'ubicazione dell'area di studio, si è deciso di approfondire maggiormente l'ambito geomorfologico degli altopiani di tipo piroclastico e clastico.

AMBITO GEOMORFOLOGICO DEGLI ALTOPIANI DI TIPO PIROCLASTICO E CLASTICO

Questo ambito geomorfologico può essere distinto, in base alle tipologie litologiche che lo costituiscono, in tre tipi di rilievi di altopiano:

- piroclastico;
- con costituzione litologica piroclastica e clastica;
- clastico.

Altopiani di tipo piroclastico

Sono distinti a seconda della tipologia eruttiva (esplosiva, effusiva) e del successivo meccanismo di trasporto e deposizione al suolo dei prodotti emessi (da caduta e da flusso) in:

- altopiani con coltri piroclastiche di origine idromagmatica, che formano le morfologie di altopiano che furono prodotte da ripetute eruzioni esplosive. Si crearono durante le attività finali dei Complessi vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani. I rilievi di altopiano delle coltri piroclastiche di origine idromagmatica dei Colli albani sono disposti nella parte est del territorio romano;
- altopiani con coltri piroclastiche ignimbriche e depositi di ricaduta, composti da ceneri, litici e pomice depositati al suolo dopo il lancio balistico dell'eruzione esplosiva e attraverso il flusso viscoso di imponenti nubi gassose caratterizzate da alte temperature ed elevati volumi di materiale solido;
- altopiani con coltri piroclastiche di ricaduta, caratterizzano le morfologie delle pendici dell'orlo della Caldera del Tuscolano Artemisio del Complesso Vulcanico dei Colli Albani e della parte collinare destra del fiume Aniene, tra Lunghezza e Quarto dell'Inviolatella;
- altopiani ignimbrici, presentano morfologie più o meno planari, che hanno avuto origine dopo le eruzioni del Complesso Vulcanico dei Colli Albani.

A questi ambiti geomorfologici sono associate anche un certo numero di morfostrutture, estremamente variabili nelle loro dimensioni, costituite da:

- crateri e orli di crateri di esplosione (valle di Gabii);
- colate laviche dei Colli Albani;
- espandimenti lavici dei Monti Sabatini.

Altopiani con costituzione litologica piroclastica e clastica

Sono costituiti da sedimenti sabbioso-ghiaiosi con coperture sommitali caratterizzati da depositi piroclastici aventi spessori variabili. La parte clastica è formata da sedimenti di origine marina, fluviale e lagunare che nel Pleistocene inferiore (1,6 – 0,8 milioni di anni fa = M.a. nel proseguimento del testo) si succedettero in seguito ai cicli avanzamenti e ritiri della linea di costa prodotti dalla combinazione di attività tettoniche associate a oscillazioni climatiche delle fasi glaciali e interglaciali. I depositi piroclastici sommitali sono composti da ceneri e lapilli, più o meno coerenti, delle eruzioni esplosive del Complesso Vulcanico dei Monti Sabatini. Questa morfologia rappresenta le vaste aree poste alla destra del tratto metropolitano del Tevere.

Altopiani di tipo clastico

Gli altopiani di tipo clastico sono situati nella parte destra del Tevere, nei settori inferiori dei bacini idrografici del Rio Galeria e del fosso della Magliana. Questi territori sono sede di intense attività estrattive di sabbia e ghiaia destinate a impieghi edilizi. La loro formazione litologica coincide con quella degli altopiani con costituzione litologica piroclastica e clastica.

Parlando invece delle forze esogene l'area di interesse, potrebbe essere interessata da "Forme e processi gravitativi". Infatti, per la sua conformazione morfologica e per l'intensa attività antropica sul territorio, l'interno del Comune di Roma è caratterizzato da forme e processi gravitativi distinti in:

- aree interessate da movimenti franosi lungo scarpate e/o pendii acclivi;
- aree interessate da movimenti franosi per sprofondamento catastrofico del piano campagna o stradale.

Le aree interessate da movimenti franosi, riguardano le scarpate e/o pendii acclivi, artificiali, quindi prodotti da interventi antropici, e naturali. Non essendo, l'area oggetto di questo lavoro situata in zone di scarpate e/o pendii acclivi, si è voluto dare maggiore all'altro processo gravitativo.

Le aree interessate da movimenti franosi per sprofondamento catastrofico del piano campagna o stradale hanno due origini principali

- sprofondamento per crollo della volta di cavità sotterranee artificiali (sinkholes antropici);
- sprofondamento per crollo di cavità sotterranee originatesi per processi idraulici.

Gli sprofondamenti per crollo della volta di cavità sotterranee artificiali (denominati anche *sinkholes antropici* o *camini di collasso*) riguardano principalmente diverse aree territoriali che, dall'antichità fino al 1940 circa, sono state interessate, in modo discontinuo, da escavazione di estese reti di cave ipogee per l'estrazione di materiali destinati a impieghi edilizi, composti prevalentemente da pozzolane, tufi e ghiaie.

Gli sprofondamenti per crollo di cavità sotterranee originate da processi idraulici sono connessi a fenomeni di rottura delle reti fognarie e/o di acquedotto disposte nel sottosuolo. In determinate condizioni geolitologiche e idrogeologiche, la rottura della rete può dare origine a processi di *infiltrazione* ed *exfiltrazione* idrica. Nei processi di *infiltrazione* la rete fognaria è sede di immissione nel suo interno di flussi di acque sotterranee (definibili anche come acque parassite) di varia origine, che possono idroveicolare i depositi terrigeni limitrofi alla rete, creando progressivamente lo sviluppo di cavità che, nel corso del tempo, ampliandosi, attraverso un imprevedibile processo erosivo, possono causare l'apertura di voragini per il crollo del piano campagna o stradale sovrastante. Nei processi di *exfiltrazione* (o perdite) di acque reflue o di acquedotto, il processo è invertito: in questo caso è il flusso idrico della perdita che, in determinate condizioni geolitologiche e morfologiche del sottosuolo, può dare origine progressivamente allo sviluppo di cavità. Il tema degli sprofondamenti è stato introdotto perché, come si osserva nella carta geomorfologica del comune di Roma (figura 4), l'area in esame, rientra in quelle zone in cui in passato sono state condotte escavazioni in sottosuolo in modo pervasivo e che quindi possono risultare suscettibili alla formazione di tali morfologie. Tali aree sono riportate nella figura seguente come "aree interessate da sprofondamenti catastrofici del piano campagna per crollo di cavità sotterranee" e si trovano a ovest e a sud rispetto all'area di progetto.

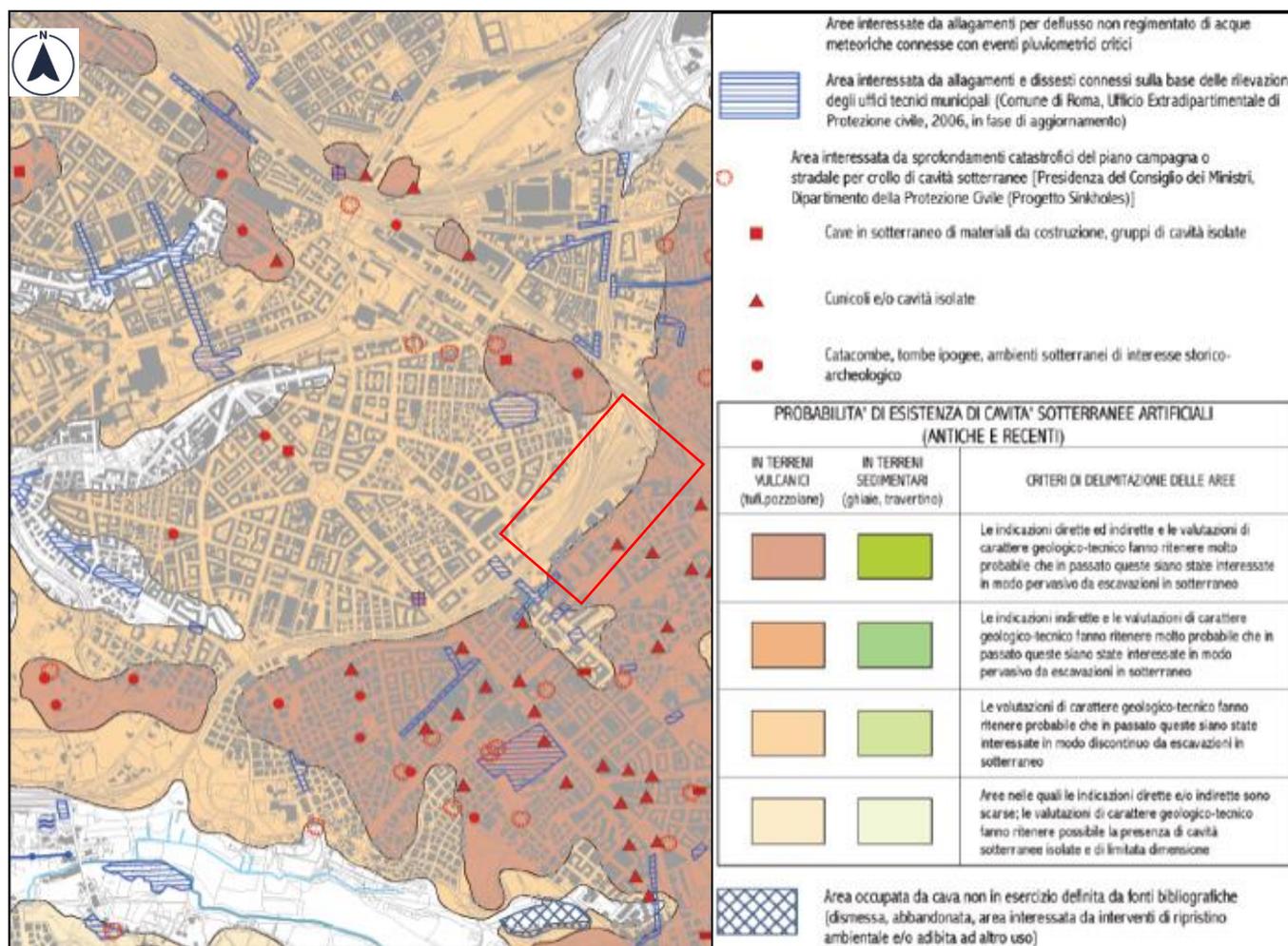


Figura 4 – Stralcio della Carta geomorfologica proposta nel PRG del Comune di Roma (Scala 1:20000) con legenda. Il riquadro rosso corrisponde all'ubicazione della stazione oggetto di questo studio.

4.3 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio romano sono molto variabili in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche o giaciture dei terreni presenti. Le argille di base, con la loro permeabilità praticamente nulla, rappresentano il letto di ogni circolazione idrica sotterranea in tutta l'area. Al di sopra di tale substrato impermeabile poggiano le serie sedimentarie pre-vulcaniche con orizzonti più o meno sabbiosi e ghiaiosi, permeabili, alternati ad argille. Su tali sedimenti poggiano le serie vulcaniche dei Distretti vulcanici Sabatino e Albano che mostrano alternanze di livelli molto permeabili con orizzonti francamente impermeabili. Il sedimentario sin- e post-vulcanico è da considerarsi molto poco permeabile, mentre le alluvioni, collegate ai corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale, presentano nel loro seno alternanze lenticolari o stratiformi di orizzonti permeabili; si comportano pertanto come un multiacquifero con livelli in pressione e livelli freatici.

Le frequenti variazioni di permeabilità, sia in senso orizzontale che in senso verticale, rendono la situazione idrogeologica del territorio romano abbastanza complessa per la presenza di numerose circolazioni idriche sotterranee, spesso in contatto idraulico tra loro. Le circolazioni superficiali hanno un andamento fortemente influenzato dalla topografia e dalla morfologia superficiale. L'andamento di quelle profonde, in pressione, è di difficile determinazione in quanto le perforazioni che le raggiungono hanno livelli statici spesso risultanti da una "miscela" tra circolazioni superficiali e profonde. Tutti i sistemi idrici sotterranei sono condizionati e controllati dalle argille di base, che spesso affiorano a quote elevate, determinando emergenze sorgentizie sospese, e dal reticolo idrografico, che corre a quote assolute basse e si raccorda con il gradiente generale delle circolazioni idriche aventi in esso il ricettore principale con sorgenti lineari a volte di grande importanza.

I corsi d'acqua principali rappresentano assi di drenaggio perenni nei confronti delle circolazioni idriche sotterranee. L'acqua può scorrere in superficie o come subalvea nelle alluvioni. In tal modo, gli acquiferi delle alluvioni dei corsi d'acqua principali sono alimentati, oltre che dalle piogge dirette, anche lateralmente da circolazioni idriche sotterranee contenute negli acquiferi subalvei o in quelli leggermente confinanti.

In base alle caratteristiche geologiche e idrogeologiche, il territorio comunale è suddivisibile in due grandi aree, Sinistra Tevere e Destra Tevere le quali sono a loro volta suddivise in altre sottoaree. Ai fini del seguente elaborato le aree che destano maggiore interesse sono il Settore sud-orientale e sud-occidentale del lato sinistro del Fiume Tevere.

Settore sud-orientale

Questo settore è interessato dalla presenza di depositi vulcanici, derivanti dall'attività dell'Apparato dei Colli Albani. I depositi, di notevole spessore, sono costituiti da piroclastici e colate laviche a permeabilità abbastanza elevata e rappresentano il migliore acquifero dell'area romana.

In essi sono contenute importanti circolazioni idriche alimentate in gran parte dalle acque meteoriche che cadono sui rilievi albanici. Queste circolazioni idriche sotterranee ricevono anche apporti laterali provenienti da altri bacini idrogeologici, in particolare dai Monti Tiburtini e dalla porzione nord dei Lepini che, prima delle grandi eruzioni che hanno colmato la stretta di Ardena, comunicava con la piana romana tramite un antico corso d'acqua, il Paleosacco, affluente del Paleotevere. I dati analitici delle acque sotterranee mostrano che le acque provenienti direttamente dai rilievi vulcanici sono molto più dolci di quelle ipoteticamente connesse anche all'alimentazione dai rilievi appenninici, che mostrano livelli di durezza elevati. Sembrerebbe evincersi che, mentre la comunicazione idrografica è interrotta, quella idrogeologica profonda sia, almeno in parte, ancora attiva.

La ricostruzione della superficie piezometrica delle circolazioni idriche provenienti dai Colli Albani indica che questa segue un andamento semicircolare con progressivo abbassamento di quota man mano che ci si avvicina agli assi drenanti rappresentati, per la porzione nord, dall'Aniene, dove si ha la presenza della grande emergenza sorgentizia che da due millenni alimenta l'acquedotto Vergine, mentre a ovest il drenaggio è controllato dai torrenti affluenti del Tevere che drenano una parte del flusso e lasciano emergere numerose sorgenti anche di discreta importanza.

Settore sud-occidentale

In questo settore lo spessore delle vulcaniti, sovrapposte a terreni sedimentari di modesta permeabilità, è minore rispetto a quello del settore precedente; ciò riduce la loro capacità di trasporto e accumulo d'acqua e, di conseguenza, la potenzialità della circolazione idrica contenuta nelle vulcaniti si riduce notevolmente. Nel dettaglio si tratta, anche in questo caso, di più acquiferi sovrapposti e suddivisi localmente da livelli poco permeabili la cui circolazione idrica scorre verso il Tevere. La circolazione è sospesa sulle valli ed è drenata dalle varie incisioni. Lungo i pendii si hanno, o per meglio dire si avevano, numerose emergenze sorgentizie di modesta importanza.

Tenendo conto di tutte le sottoaree idrogeologiche che caratterizzano il comune di Roma si può dire che la città è interessata da tre acquiferi:

- Le vulcaniti, che ricoprono i colli con spessori che si riducono avvicinandosi alla piana del Tevere. Nella loro porzione orientale, davano luogo ad alcune delle emergenze sorgentizie utilizzate in epoca romana come fonti sacre e per l'approvvigionamento locale. Nel centro storico, le vulcaniti, rappresentate quasi esclusivamente dalle sequenze dei "tufi antichi", hanno permeabilità modeste o nulle. L'alimentazione delle vulcaniti proviene, lateralmente, da un "corridoio" compreso tra i Fossi di Caffarella e di Portonaccio, creando una parziale continuità tra la circolazione proveniente dai Colli Albani e i rilievi collinari della città, e direttamente dalle precipitazioni atmosferiche che cadono su di esse;
- Le alluvioni del Tevere e dei suoi affluenti, al cui interno si rinvennero numerosi livelli a elevata permeabilità costituiti da sabbie e ghiaie. Nel centro della città le alluvioni del Tevere hanno uno spessore totale che supera in più punti i 50 metri. L'alimentazione delle alluvioni avviene da monte, tramite le stesse alluvioni presenti lungo tutta la valle del Tevere, e dalle sponde, nel momento in cui i pacchi alluvionali entrano in contatto con formazioni acquifere presenti sia in destra che in sinistra idrografica. Un livello ghiaioso, ubicato quasi alla base delle alluvioni, localizzato a quote sempre inferiori al livello del mare attuale, rappresenta il principale acquifero delle alluvioni. Tale orizzonte è sede di circolazioni in pressione, presumibilmente fossili e, quasi sempre, fortemente mineralizzate;
- Le ghiaie dei depositi del Paleotevere, che rappresenta l'acquifero principale della città e si rinviene a quote di poco superiore al livello del mare attuale. Le sue acque, mediamente dure, nel tempo sono state mescolate, tramite i pozzi per il prelievo dell'acqua, con le acque del superiore acquifero delle vulcaniti, più dolci. L'alimentazione di questo acquifero è poco conosciuta ma sembra doversi connettere con i rilievi montuosi posti a oriente della città o con le ghiaie della fossa presente tra l'Aniene e i Colli Albani. L'insieme delle circolazioni idriche sotterranee del centro storico, escludendo quelle dei riporti, era drenato dal reticolo idrografico e dalle emergenze sorgentizie.

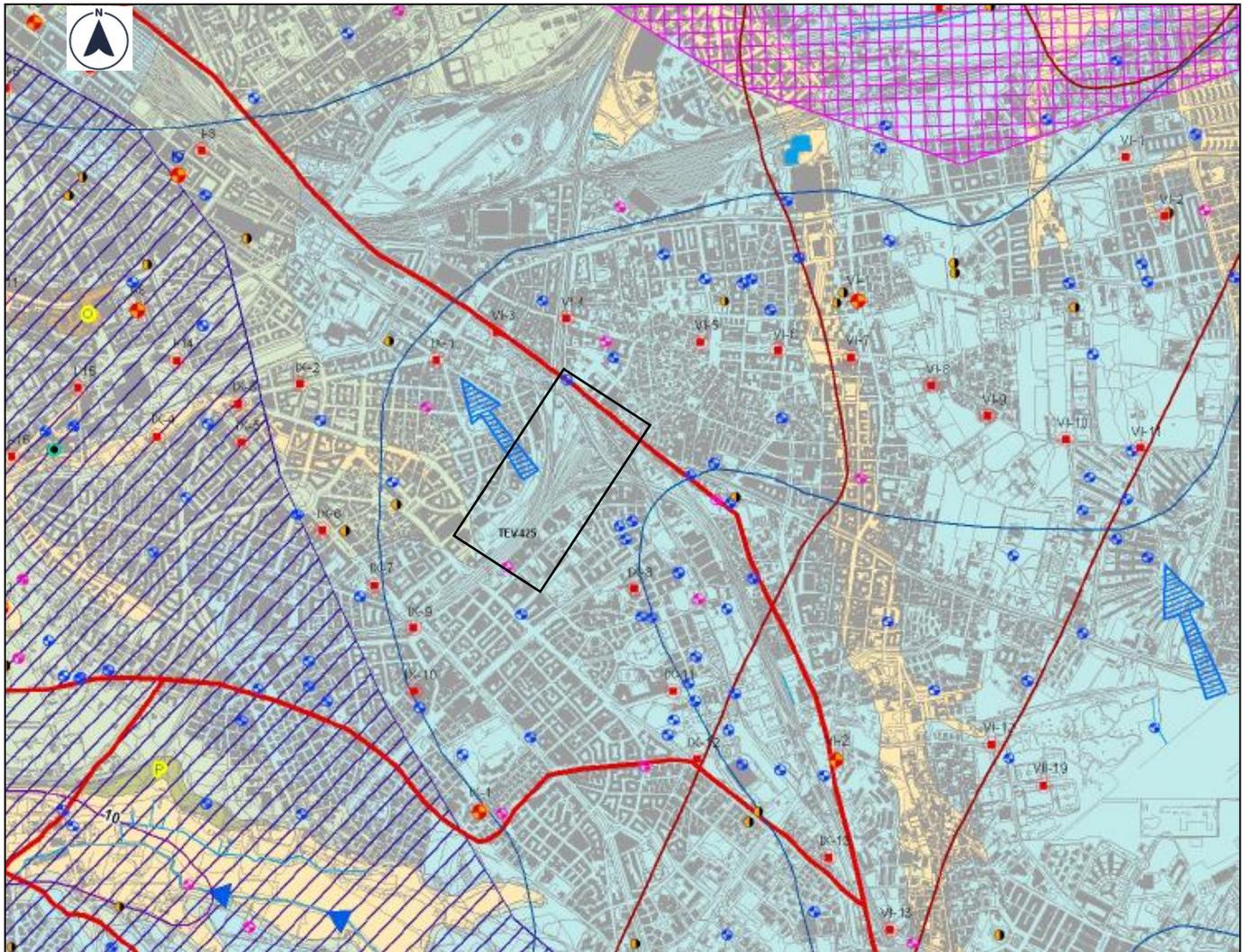
Oltre a questi acquiferi viene segnalato un ulteriore acquifero legato alla coltre dei riporti che, con spessori variabili da pochi metri a oltre 20 metri, ricopre tutta la città. Questo acquifero assume una grande importanza in quanto non solo ha elevata potenzialità ma si rinviene a modesta profondità sotto il piano di calpestio e costituisce un fattore limitante di qualsiasi attività in sotterraneo. L'acquifero, come già ricordato, è alimentato dalle perdite delle reti acquedottistica e fognaria e riceve l'apporto di numerose emergenze sorgentizie ormai sepolte sotto la coltre dei riporti.

In figura 5 viene riportato lo stralcio della carta idrogeologica del comune di Roma in cui si osserva come nell'area in esame la permeabilità dei terreni sia da media ad alta per via delle porosità e della fratturazione del litotipo presente nella zona, appartenente ai Depositi Piroclastici del Distretto Vulcanico Albano. Questo fa sì che l'area di studio sia ubicata tra due aree considerate *"critiche rispetto all'emungimento della risorsa idrica sotterranea"*.

Sulla carta idrogeologica del PRG del comune di Roma sono anche riportate le isopiezometriche dell'acquifero delle vulcaniti, nell'area di studio la quota della falda nei depositi piroclastici risulta compresa tra 20 e 25 m s.l.m.. Per quanto concerne i livelli di falda all'interno dei depositi del Paleotevere (riportati in Tabella 4-1), essi sono stati definiti nei sondaggi eseguiti nell'area di interesse e si attestano ad una profondità di circa 15 m da p.c..

Tabella 4-1 – Livelli di falda registrati nei sondaggi (Italferr 2020)

ID	Data	Livello di falda in corso di perforazione (m da p.c.)	Livello fenestrato (m da p.c.)
S2	20/10/2020	-16.75	27.00-37.00
S3	22/10/2020	-12.90	26.00-28.00
S5	30/09/2020	-13.40	26.00-47.00
S7	07/10/2020	-13.70	23.00-47.00
S10_DH_50	17/09/2020	-17.65	-
S11_DH_40	14/10/2020	-15.35	-



 Direzione e verso di scorrimenti indicativi del flusso idrico profondo

Unità Idrogeologiche

Caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee



Area critica rispetto all'emungimento della risorsa idrica sotterranea con tendenza a un depauperamento quantitativo rilevante (Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Autorità dei Bacini Regionali - Università degli Studi Roma Tre, Piano Stralcio dell'Uso Compatibile della Risorsa Idrica, PUC)



Area d'attenzione rispetto all'emungimento della risorsa idrica sotterranea con tendenza a un depauperamento quantitativo meno rilevante (Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Autorità dei Bacini Regionali - Università degli Studi Roma Tre, Piano Stralcio dell'Uso Compatibile della Risorsa Idrica, PUC)

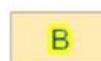
XV-1



Captazione di acque con numero identificativo per Municipio (pozzo romano, pozzo trivellato o sorgente) con presenza di coliformi totali e/o fecali in 100 ml [ARPA Lazio (ex Presidio Multizonale di Prevenzione di Roma - USL RM 5, 1992)]



Riporti antropici



Depositi alluvionali



Depositi piroclastici del Distretto vulcanico Albano



Depositi piroclastici del Distretto vulcanico Sabatino

Figura 5 – Stralcio della Carta idrogeologica proposta nel PRG del Comune di Roma (Scala 1:20.000). Il riquadro nero corrisponde all'ubicazione della stazione oggetto di questo studio.

4.4 INQUADRAMENTO SISMICO

Nel seguito, si fornisce un inquadramento dal punto di vista della sismicità locale, a partire dall'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e dei risentimenti macrosismici osservati al sito di progetto nel corso di terremoti storici. Successivamente, sulla scorta delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (nel seguito NTC2018), verrà definita l'azione sismica funzione delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento basato sulla vita nominale delle opere, la loro classe d'uso, nei diversi Stati Limite considerati. Seguendo sempre le indicazioni normative, l'accelerazione di progetto si definirà in base all'effettiva localizzazione delle opere.

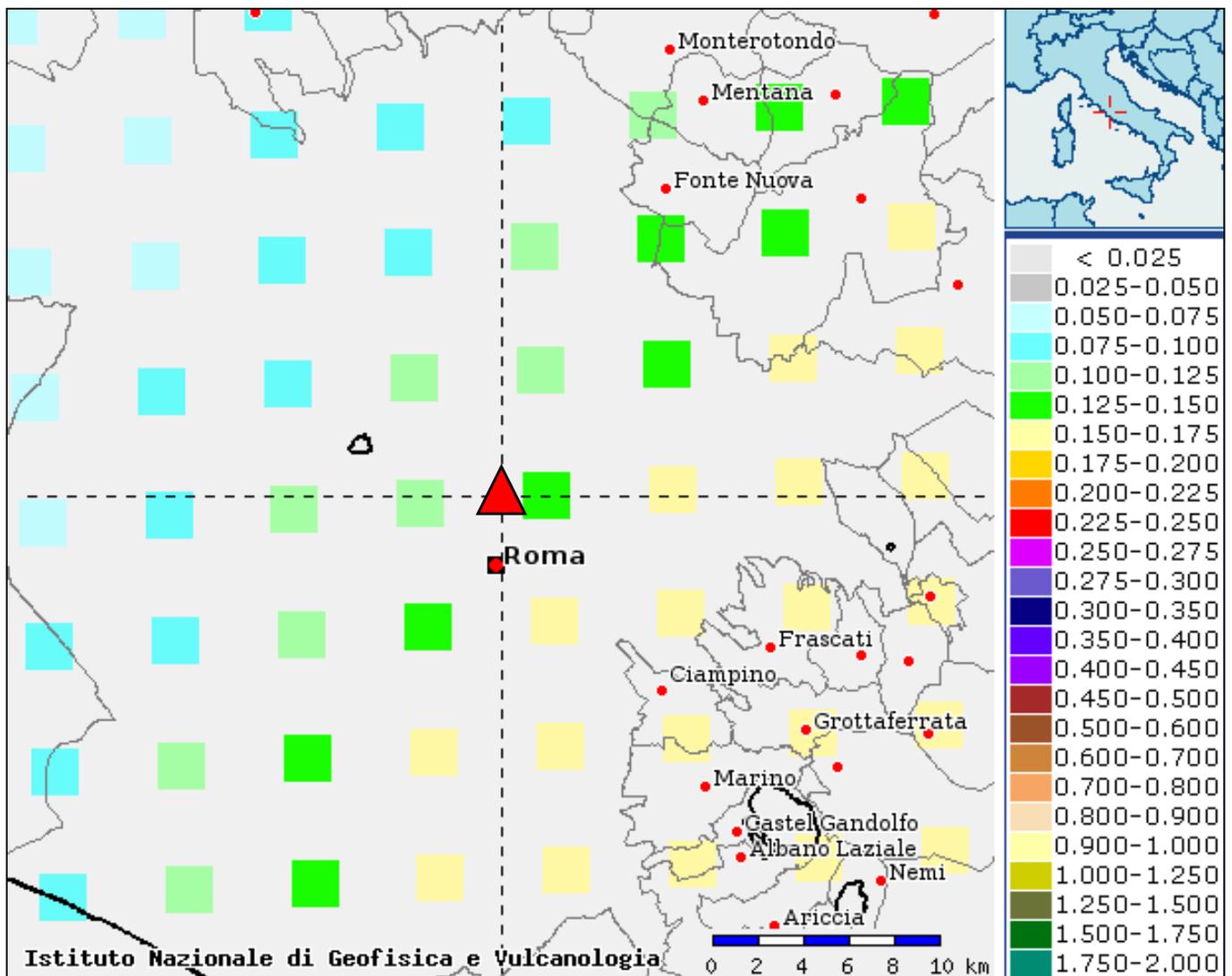


Figura 6 – Valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione di riferimento su suolo rigido (g) nell'intorno del sito di progetto (triangolo rosso), da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Le NTC2018 dispongono che l'azione sismica sia innanzitutto determinata in campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1); allo scopo, le tabelle allegata alla edizione 2008 delle NTC (non aggiornate nella nuova edizione delle Norme) elencano i valori di accelerazione massima al suolo, oltre ai parametri spettrali, nei punti di una griglia di passo 5x5 km a coprire il territorio nazionale (vedasi il dettaglio dell'area di progetto in figura 6).

4.5 MODELLO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO DELL'AREA DI PROGETTO

Le indagini realizzate a supporto del presente progetto, hanno consentito di ricostruire un modello geologico di riferimento per la tratta soggetta a PRG alla stazione ferroviaria di Roma Tuscolana. È stato quindi elaborato un profilo stratigrafico di riferimento lungo linea, riportato nell'Elaborato NR2E00R69NZGE0001001A.

Sono stati utilizzati i dati stratigrafici relativi ai sondaggi S2, S3, S5, S7, S10_DH_50, S11_DH_40 e S14 realizzati nel 2020 a supporto della presente fase progettuale.

Le stratigrafie di tutti i sondaggi eseguiti (cfr. **NR2E00R69SHTA0000001B, allegato 2**) mostrano la presenza di depositi piroclastici più o meno litificati (piroclastiti) fino a circa 25 m di profondità da p.c., sovrastanti a depositi argilloso limosi con lenti sabbiose, a loro volta deposti sopra a un livello di ghiaie e sabbie, situate tra 35 e 45 m da p.c.; sotto ai depositi grossolani si trovano infine argille e argille sabbiose fino a 50 m di profondità da p.c., dove si sono spinti i sondaggi più profondi (S5, S7 e S10_DH_50).

Il profilo geologico è stato eseguito lungo la line ferroviaria, con orientazione SW-NE. Partendo dall'estremo occidentale si incontrano i sondaggi S2 e S3, che distano 25/30 m dal profilo e 94 m tra di loro. Il sondaggio S2 è stato spinto fino a 30 m di profondità da p.c. ed è costituito da terreno di riporto potente 4 m, in particolare il riporto è costituito da 0.5 m di ghiaia poligenica sopra a 3.5 m di depositi piroclastici sabbiosi con clasti e laterizi. Sotto al materiale di riporto si trovano depositi piroclastici appartenenti all'Unità delle Pozzolane Rosse. Tali depositi hanno granulometria sabbioso limosa, arrivano fino a 24.7 m di profondità da p.c. e hanno al loro interno livelli di piroclastite da semi-litoide a litoide, tra 5.8 e 6.8 m e da 15 a 24.7 m da p.c. Sotto ai depositi piroclastici sono presenti sedimenti argilloso limosi fino a fondo foro appartenenti alla Formazione di Ponte Galeria.

Spostandosi a NW lungo il profilo si incontra il sondaggio S3, il cui profilo stratigrafico identifica 2.6 m di materiale di riporto sopra a 21.4 m di depositi piroclastici sabbioso limosi appartenenti all'Unità delle Pozzolane Rosse. Proseguendo in profondità si trovano i depositi argilloso limosi della Formazione di Ponte Galeria, questi depositi sono ossidati al tetto e contengono una lente di sabbia limosa debolmente ghiaiosa tra 26.5 e 27.0 m di profondità da p.c. e arrivano fino a 36.6 m da p.c. A 24 m di profondità si trova un livello di ghiaia sabbioso limosa presente fino a fondo foro (40 m di profondità da p.c.) e appartenente alla Formazione di ponte Galeria.

A 235 m a nord ovest del sondaggio S3 lungo la sezione si trovano i sondaggi S5 e S7, distanti tra loro 97 m e dalla traccia del profilo rispettivamente 23 e 53 m.

Il sondaggio S5 individua materiale di riporto fino a 3 m da p.c., con 1.9 m di materiale piroclastico e laterizi. Sotto al riporto si trovano 24.5 m di depositi piroclatici con livelli di piroclastiti da semilitoidi a litoidi tra 6.0 e 17.4 m e tra 23.00 e 24.5 m da p.c. Sotto a tali sedimenti, appartenenti all'Unità delle Pozzolane Rosse, si trovano depositi argilloso limosi con lenti sabbiose con spessore di 12.7 m depositi sopra a ghiaie sabbiose potenti 8 m a loro volta sovrastanti deposte sopra a argille molto consistenti con livelli di argille con sabbie, presenti fino a fondo foro.

Tra le ghiaie e le argille si trova il contatto tra la Formazione di Ponte Galeria e i sedimenti del Complesso dei depositi sabbiosi. La stratigrafia del sondaggio S7 è molto simile a quella del sondaggio S5 con la presenza di uno spesso livello di piroclastiti da semi-litoidi a litoidi (17 m di spessore).

All'estremo orientale del profilo sono ubicati i sondaggi S11_DH_40 e S10_DH_50, distanti circa 130 m l'uno dall'altro e, rispettivamente, 77 e 27 m dalla traccia della sezione.

Nei sondaggi S10_DH_50 e S11_DH_40 si trovano sequenze stratigrafiche simili a quelle osservate nei sondaggi precedentemente descritti con in aggiunta la presenza di una lente di sabbie cementate individuate dal sondaggio S10_DH_50 tra 33.6 e 38.9 m di profondità da p.c., sopra alle ghiaie poligeniche della Formazione di Ponte Galeria.

Per quanto concerne le permeabilità dei materiali presenti nell'area di progetto, oltre che ai dati bibliografici, si fa riferimento alle prove di permeabilità eseguite nei sondaggi a supporto del presente progetto. In ogni sondaggio è stata eseguita una prova di permeabilità Lefranc, che ha consentito di stabilire i valori di conducibilità idraulica delle piroclastiti dell'Unità delle Pozzolane Rosse, compresi tra $1,74 \times 10^{-5}$ e $3,37 \times 10^{-5}$ m/s e i valori di k per i depositi piroclastici rimaneggiati (riporto), che hanno valori più elevati, tra $2,71 \times 10^{-4}$ e $2,75 \times 10^{-5}$ m/s.

Per quanto concerne invece la soggiacenza della falda, in quattro dei sei sondaggi eseguiti (S2, S3, S5, S7) sono stati installati piezometri a tubo aperto con i filtri posti all'interno dei depositi della Formazione di Ponte Galeria. La superficie piezometrica ricostruita si basa su dati ottenuti in corso di perforazione di sondaggio, quindi desunti.

Essa è stata rilevata nei sondaggi S3, S5 e S7 (Tabella 4-1), e si attesta a profondità comprese tra 12.9 e 13.70 m da p.c., mentre nel sondaggio S2 è stata definita alla profondità di 16.75 m da p.c.. Nei sondaggi S10_DH_50 e S11_DH_40 è stato misurato il livello di falda al termine della perforazione ed è stato rilevato a profondità, rispettivamente, di 17.65 e 15.35 m da p.c., in tal caso non è stata misurata solamente la falda all'interno dei depositi alluvionali e lacustri, ma anche nelle sovrastanti piroclastiti.

Si ritiene opportuno effettuare misure periodiche di soggiacenza all'interno dei piezometri sopra citati al fine di valutare l'oscillazione della falda durante l'anno idrogeologico.

Per ulteriori dettagli in merito agli aspetti geologici si rimanda all' Elaborato NR2E00R69RGGE0001001A

4.6 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

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 materiali da scavo provenienti dalla realizzazione delle principali opere in progetto e la corretta gestione degli stessi, ai sensi del D.P.R. 120/2017.

Nell'ottica di intraprendere un iter di gestione dei materiali di scavo in qualità di sottoprodotti, le attività di caratterizzazione sono state svolte conformemente alle procedure di campionamento e di caratterizzazione chimico-fisica previste dagli Allegati 2 e 4 del sopra citato decreto e, pertanto, forniscono un quadro completo ed esaustivo sulle caratteristiche dei materiali che saranno oggetto di scavo e quindi sulla loro possibile gestione. In particolare, in corrispondenza delle opere civili che comportano significativi volumi di terre da scavare è stato rispettato il passo di 2.000 m, così come indicato all'Allegato 2 dello stesso decreto per il presente livello di progettazione; per quanto riguarda le profondità di campionamento queste sono state, invece, determinate sulla base delle profondità di scavo previste da progetto.

In ogni caso, oltre alle analisi di caratterizzazione già eseguite in fase progettuale, in corso d'opera si procederà ad eseguire, conformemente a 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, ulteriori campionamenti per gli scavi in sottoterraneo 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).

In considerazione del fatto che in alcuni casi il progetto prevede profondità di scavo tali da causare una possibile interferenza con la porzione satura di terreno, in fase di progettazione definitiva si è proceduto, così come disposto dal D.P.R., anche alla caratterizzazione della matrice acque sotterranee.

In generale, le indagini eseguite in fase di Progetto di Fattibilità Tecnico Economica hanno indagato, ove possibile, tutte le profondità di progetto nel rispetto di quanto previsto dagli Allegati 2 e 4 del DPR 120/2017. In fase di campionamento, pertanto, non sono emerse variazioni significative di litologia né evidenze organolettiche di contaminazione. Tutte le terre e rocce da scavo che si prevede di gestire in qualità di sottoprodotti verranno comunque ri-caratterizzate in corso d'opera secondo i criteri definiti dall'Allegato 9 del DPR 120/2017.

Pur considerando che le tecniche di scavo che verranno utilizzate non porteranno alla modificazione delle caratteristiche dei materiali scavati e già caratterizzati, in vista del particolare contesto territoriale in cui l'opera si inserisce, nonché in relazione agli interventi di utilizzo finale previsti, si procederà comunque, in corso d'opera, ad eseguire ulteriori indagini volte esclusivamente a confermare quanto già evidenziato dalle indagini eseguite in fase progettuale, secondo i criteri definiti dall'Allegato 9 del DPR 120/2017. Tale approccio risponde, inoltre, a quanto precedentemente indicato dal MiTE nel corso degli iter autorizzativi dei PUT precedentemente approvati e redatti dalla scrivente.

4.6.1 Indagini ambientali sui terreni

Nell'ambito della progettazione del nuovo PRG della stazione di Roma Tuscolana è stata eseguita una campagna di indagine di 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.

Nel dettaglio la campagna di indagini di caratterizzazione ambientale dei terreni ha visto la realizzazione di 3 sondaggi geognostici realizzati con il metodo a carotaggio continuo e utilizzando criteri ambientali fino alle profondità previste per il prelievo di campioni di terreno rappresentativi da inviare alle necessarie determinazioni analitiche.

Come descritto in premessa al presente capitolo, le indagini eseguite lungo la linea rispettano il passo di 2.000 m, mentre le profondità di campionamento sono state determinate sulla base delle profondità di scavo previste da progetto.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei campioni prelevati con le rispettive profondità di campionamento:

Tabella 2: Elenco dei campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagine (ai sensi del D.P.R. 120/2017)

SONDAGGI		
ID PUNTO	N° CAMPIONI	DENOMINAZIONE CAMPIONE
S3	3	Sondaggio ambientale "S3" da m.-2,6 a m.-3,6 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S3" da m.-4,0 a m.-5,0 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S3" da m.-9,0 a m.-10,0 – PRG Roma Tuscolana
S5	3	Sondaggio ambientale "S5" da m.-0,5 a m.-1,5 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S5" da m.-4,0 a m.-5,0 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S5" da m.-9,0 a m.-10,0 – PRG Roma Tuscolana
S7	3	Sondaggio ambientale "S7" da m.-1,5 a m.-2,5 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S7" da m.-4,0 a m.-5,0 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S7" da m.-9,0 a m.-10,0 – PRG Roma Tuscolana
S10	3	Sondaggio ambientale "S10" da m.-2,4 a m.-3,4 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S10" da m.-4,0 a m.-5,0 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S10" da m.-9,0 a m.-10,0 – PRG Roma Tuscolana
S11	3	Sondaggio ambientale "S11" da m.-0,8 a m.-1,8 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S11" da m.-4,0 a m.-5,0 – PRG Roma Tuscolana
		Sondaggio ambientale "S11" da m.-9,0 a m.-10,0 – PRG Roma Tuscolana
TOTALE		15

Nell'elaborato **NR2E00R69SHTA0000001B, allegato 2** si riportano gli elaborati prodotti dalla UO Geologia, contenenti tutte le stratigrafie di tutti i sondaggi di progetto e pertanto comprendenti anche quelle relative ai sondaggi utili al Piano di Utilizzo.

Si ricorda che tutte le terre e rocce da scavo che si prevede di gestire in qualità di sottoprodotti verranno comunque ri-caratterizzate sia nelle successive fasi di progettazione (con nuovi sondaggi dedicati per tutte le WBS di progetto) che in corso d'opera secondo, i criteri definiti dall'Allegato 9 del DPR 120/2017.

L'ubicazione delle indagini di caratterizzazione eseguite è riportata nella seguente figura e nell'**allegato 3** dell'elaborato **NR2E00R69SHTA0000001B**.



Figura 7 – Ubicazione punti di campionamento terreni

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 in campo.

I campioni prelevati sono stati posti in contenitori di vetro a chiusura ermetica, 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; per il dettaglio sulle metodiche analitiche utilizzate si rimanda ai certificati analitici riportati in **allegato 4** dell'elaborato **NR2E00R69SHTA0000001B**:

Tabella 3: Set analitico analisi di caratterizzazione ambientali dei terreni

Parametri	UM
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
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.

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.

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. ed hanno evidenziato numerosi superamenti rispetto ai limiti di cui alla Colonna A (Siti a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale) ed una totale conformità dei valori limite della Colonna B (Siti a destinazione d'uso commerciale e industriale), entrambi compatibili con la destinazione d'uso futura dei siti di destinazione, interni ed esterni, individuati nel presente PUT. I risultati sono inoltre stati confrontati con i limiti imposti dal D.M. n. 46 del 1 marzo 2019 – Allegato 2 (*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*), e si evidenziano alcuni superamenti rispetto ai limiti imposti dal D.M. sopra citato.

I risultati ottenuti hanno evidenziato una diffusa presenza di Arsenico (per diffuso fondo naturale) nelle terre, anche in concentrazioni superiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alla Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. Colonna A (Siti a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale) e, in alcune occasioni, superiori ai limiti imposti dal D.M. 46/2019.

Inoltre, localmente si è invece assistito a sporadici superamenti di Colonna A, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., rispetto ai parametri Idrocarburi Policiclici Aromatici, in particolare nel campione S3 (2,6-3,6 m).

Rispetto ai limiti dell'Allegato 2 del D.M. n. 46 del 2019 invece si evidenziano alcuni superamenti, oltre all'Arsenico già citato, per i parametri Piombo, Cobalto e Rame.

Tali terreni saranno o riutilizzati internamente al progetto (in quanto rientranti entro le CSC di riferimento per la futura destinazione d'uso) o conferiti presso siti esterni autorizzati, in regime di sottoprodotto, ove presente autorizzazione al conferimento di terre in regime di sottoprodotto anche entro la Colonna B (si veda capitolo dedicato).

Sulla base dei risultati analitici 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.

Si ricorda che in corso d'opera tutti i materiali saranno nuovamente verificati dal punto di vista ambientale. Eventuali superamenti che non permetteranno il riutilizzo come sottoprodotto, ne determineranno la gestione nel regime dei rifiuti.

In **allegato 4** dell'elaborato **NR2E00R69SHTA0000001B** si riportano le tabelle riepilogative ed i rapporti di prova relativi ai risultati analitici dei terreni.

4.6.2 Indagini sui terreni di riporto

Nella presente fase progettuale, la presenza di riporto è stata studiata prevalentemente con riferimento alle WBS più profonde, ma nelle successive fasi di progettazione il quadro generale verrà ampliato ed arricchito.

Vengono di seguito riportati gli esiti della caratterizzazione ambientale ai sensi del DPR 120/2017, del test di cessione effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998 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 e gli esiti relativi allo studio delle percentuali di materiale di origine antropica presenti nei tratti di riporto individuati ed analizzati.

Indagini ambientali

Le determinazioni analitiche sono state condotte sulla frazione granulometrica dei campioni di terreno di riporto (S7, S10 e S11) 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.

SONDAGGI		
ID PUNTO	N° CAMPIONI	DENOMINAZIONE CAMPIONE
S5	/	Riporto presente sul tratto 0-0,5 metri, ma caratterizzazione ambientale dello stesso non eseguita per materiale non sufficiente
S7	1	Sondaggio ambientale "S7" da m.0,0 a m.-1,5 riporto – PRG Roma Tuscolana
S10	1	Sondaggio ambientale "S10" da m.0,0 a m.-2,4 riporto – PRG Roma Tuscolana
S11	1	Sondaggio ambientale "S11" da m.0,0 a m.-0,8 riporto – PRG Roma Tuscolana
TOTALE		3

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. ed hanno evidenziato numerosi superamenti rispetto ai limiti di cui alla Colonna A (Siti a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale) ed una totale conformità dei valori limite della Colonna B (Siti a destinazione d'uso commerciale e industriale), entrambi compatibili con la destinazione d'uso futura dei siti di destinazione, interni ed esterni, individuati nel presente PUT. I risultati sono inoltre stati confrontati con i limiti imposti dal D.M. n. 46 del 1 marzo 2019 – Allegato 2 (*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*), e si evidenziano, anche in questo caso, numerosi superamenti rispetto ai limiti imposti dal D.M. sopra citato.

Gli esiti completi delle analisi sopra citate sono riportati nelle tabelle dell'**allegato 4** dell'elaborato **NR2E00R69SHTA0000001B**.

Test di cessione

La disamina dei sondaggi eseguiti ha evidenziato la presenza di materiale antropico in alcuni di questi, nell'intervallo di profondità 0-3 metri, pertanto i campioni di materiale di riporto sono stati sottoposti a test

di cessione al fine di accertare il rispetto delle CSC delle acque sotterranee di cui alla Tab. 2, Allegato 5, Parte IV del D.Lgs. 152/06.

SONDAGGI		
ID PUNTO	N° CAMPIONI	DENOMINAZIONE CAMPIONE
S5	1	Sondaggio ambientale "S5" da m.0,0 a m.-0,5 riporto – PRG Roma Tuscolana
S7	1	Sondaggio ambientale "S7" da m.0,0 a m.-1,5 riporto – PRG Roma Tuscolana
S10	1	Sondaggio ambientale "S10" da m.0,0 a m.-2,4 riporto – PRG Roma Tuscolana
S11	1	Sondaggio ambientale "S11" da m.0,0 a m.-0,8 riporto – PRG Roma Tuscolana
TOTALE		4

Se ne riportano gli esiti completi in **allegato 4** dell'elaborato **NR2E00R69SHTA0000001B** dai quali si evince il totale rispetto delle CSC di cui alla Tabella 2 del D.Lgs. 152/06.

Percentuale di materiale di origine antropica nel riporto

Dall'analisi delle stratigrafie relative ai sondaggi S5, S7, S10 ed S11 è stata riscontrata la presenza di spessori di materiale di riporto, in particolare in corrispondenza dei sondaggi S5, S7 ed S11 (se ne riporta documentazione fotografica a seguire).

Secondo quanto previsto dal comma 3 dell'art. 4 del DPR 120/2017, nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, risulta necessario verificare che la componente di origine antropica frammista al materiale di origine naturale non ecceda il 20% in peso da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'Allegato 10 dello stesso Decreto.

Per il sondaggio S5, per il quale risulta presenza di materiale di riporto sull'orizzonte stratigrafico compreso tra 0 e -0,5 m, la percentuale di materiale di origine antropica risulta in questo caso trascurabile.



Per il sondaggio S7, per il quale risulta presenza di materiale di riporto sull'orizzonte stratigrafico compreso tra 0 e -1,5 m, la percentuale di materiale di origine antropica risulta assente, al più trascurabile.



Per il sondaggio S11, per il quale risulta uno spessore di materiale di riporto pari a 2,4 m (limo sabbioso argilloso con sparsa ghiaia calcarea), la componente di origine antropica si considera trascurabile (< 20 %).



4.6.3 Indagini ambientali sulle acque sotterranee

In corrispondenza dell'area in cui è attesa la possibilità che si possa eventualmente verificare una interferenza con la falda durante la realizzazione delle opere in progetto, secondo quanto previsto dal D.P.R. 120/2017, è stato eseguito il campionamento delle acque sotterranee da un piezometro installato in corrispondenza di uno dei sondaggi geognostici ed ambientali eseguiti.

In particolare è stato prelevato un campione di acqua sotterranea in corrispondenza del punto denominato S3. L'ubicazione del punto di prelievo è riportata nella seguente figura e nell'**allegato 3** dell'elaborato **NR2E00R69SHTA0000001B**.



Figura 8 – Ubicazione prelievo acque sotterranee

Di seguito si riportano gli analiti ricercati:

Tabella 4: Set analitico acque sotterranee

PARAMETRI CHIMICI	UM
Temperatura ambiente	°C
Temperatura °C	°C
Livello Piezometrico	m
pH	unità
Ossigeno disciolto	mg/l
Conducibilità	µS/cm
Torbidità	NTU
Potenziale Redox	mV
Azoto ammoniacale	mg/l
Azoto nitroso	mg/l
METALLI	
Arsenico	µg/l
Cadmio	µg/l
Cromo	µg/l
Cromo esavalente (VI)	µg/l
Mercurio	µg/l
Manganese	µg/l
Nichel	µg/l
Piombo	µg/l
Rame	µg/l
Zinco	µg/l
IDROCARBURI	

PARAMETRI CHIMICI	UM
Idrocarburi totali	[n-esano] µg/l
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	
Benzo(a)antracene	µg/l
Benzo(a)pirene	µg/l
Benzo(b)fluorantene	µg/l
Benzo(k)fluorantene	µg/l
Benzo(g,h,i)perilene	µg/l
Crisene	µg/l
Dibenzo(a,h)antracene	µg/l
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	µg/l
Pirene	µg/l
Sommatoria idrocarburi policiclici aromatici	µg/l
FITOFARMACI	
Alaclor	µg/l
Aldrin	µg/l
Atrazina	µg/l
alfa-esacloroesano	µg/l
beta-esacloroesano	µg/l
gamma-esacloroesano	µg/l
Clordano	µg/l
DDD, DDT, DDE	µg/l
Dieldrin	µg/l
Endrin	µg/l
Eptacloro	µg/l
Eptacloro epossido	µg/l
Isodrin	µg/l
Endosulfan	mg/l
Eptabromodifeniletere	µg/l
Esabromodifeniletere	µg/l
Tetrabromodifeniletere	µg/l
Pentabromodifeniletere	µg/l
Sommatoria fitofarmaci	µg/l
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI	
Benzene	µg/l
Etilbenzene	µg/l
Stirene	µg/l
Toluene	µg/l

PARAMETRI CHIMICI	UM
Xileni	µg/l
COMPOSTI ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI	
Clorometano	µg/l
Triclorometano	µg/l
Cloruro di Vinile	µg/l
1,2-Dicloroetano	µg/l
1,1-Dicloroetilene	µg/l
Tricloroetilene	µg/l
Tetracloroetilene	µg/l
Esaclorobutadiene	µg/l
Sommatoria organoalogenati	µg/l
COMPOSTI ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI	
1,1-Dicloroetano	µg/l
1,2-Dicloroetilene	µg/l
1,2-Dicloropropano	µg/l
1,1,2-Tricloroetano	µg/l
1,2,3-Tricloropropano	µg/l
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/l
COMPOSTI ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI	
Tribromometano (Bromoformio)	µg/l
1,2-Dibromoetano	µg/l
Dibromoclorometano	µg/l
Bromodiclorometano	µg/l

I risultati analitici sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alla Tabella 2, Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e hanno evidenziato quanto segue:

- Il campione di acque sotterranee prelevato dal piezometro PZ3 (S3) evidenzia un valore per il parametro Benzo(a)pirene che, tenendo conto dell'incertezza strumentale, risulta "non non-conforme", pertanto non rappresenta un superamento.

In allegato 4 dell'elaborato NR2E00R69SHTA0000001B si riportano la tabella riepilogativa ed i rapporti di prova relativi ai risultati analitici delle acque sotterranee.

4.7 ATTIVITÀ 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, in vista del particolare

contesto territoriale in cui l'opera si inserisce nonché in relazione agli interventi di utilizzo finale previsti 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 MiTE 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.

4.7.1 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 "piazze di caratterizzazione" e non necessariamente in corrispondenza delle aree di stoccaggio/siti di deposito intermedio.

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 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, si producono circa 321.985 mc (in banco) di materiali terrigeni che saranno gestiti in qualità di sottoprodotti e destinati all'utilizzo interno o esterno al progetto.

Supponendo di effettuare 1 campionamento ogni 5.000 mc, si prevedono un totale di ca. 65 cumuli da destinare a successive analisi.

Rispetto ai **n. 65** 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 = 65 cumuli realizzabili dall'intera massa di materiali di scavo da verificare per le opere all'aperto si prevede di analizzarne m ~ 20.

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 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 di 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.

In tal caso, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017, la caratterizzazione sull'area di scavo o sul fronte di avanzamento verrà eseguita indicativamente ogni 500 m di avanzamento del fronte della galleria e in ogni caso in occasione dell'inizio dello scavo della galleria, ogni qual volta si verificano variazioni del processo di produzione o della litologia delle terre e rocce scavate, nonché, comunque, nei casi in cui si riscontrino evidenze di potenziale contaminazione.

Il campione medio sarà ottenuto da sondaggi in avanzamento ovvero dal materiale appena scavato dal fronte di avanzamento. In quest'ultimo caso si preleveranno almeno 8 campioni elementari, distribuiti uniformemente sulla superficie dello scavo, al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, rappresenterà il campione finale da sottoporre ad analisi chimica.

4.7.2 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 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 (Colonna B) e dei siti di destinazione (Colonna B), o ai valori di fondo naturali.

Sulla base di quanto usualmente richiesto dal MiTE le risultanze analitiche saranno confrontate anche con i limiti di legge riportati in Allegato 2 del D.M. 46/2019 per i suoli delle aree agricole (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).

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 nella presente fase progettuale che hanno evidenziato per tutti i campioni prelevati il rispetto dei limiti di cui alla Colonna B, allo stato attuale i materiali di scavo potranno essere conferiti sia in siti a destinazione d'uso commerciale/industriale (wbs interne al progetto e cave da riambientalizzare autorizzate a ricevere terre in regime di sottoprodotto anche entro i limiti di cui alla Colonna B), sia in quelli ad uso verde/residenziali (cave da riambientalizzare autorizzate per terre entro i limiti di cui alla Colonna A).

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, 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.

4.7.3 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 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 temporaneo 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 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.

5 BILANCIO E GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA IN FASE DI REALIZZAZIONE

La realizzazione delle opere oggetto del presente Piano di Utilizzo determina la produzione complessiva di **321.985 mc** (in banco) di materiali di scavo che verranno gestiti come sottoprodotti, ai sensi del D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base dei risultati ottenuti a seguito delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte in fase progettuale, delle caratteristiche geotecniche dei materiali scavati e dei fabbisogni di progetto che ammontano a ca **105.041 mc**, gli interventi necessari alla realizzazione del PRG della stazione di Roma Tuscolana 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 intermedio in attesa di utilizzo, sottoposti a trattamenti di normale pratica industriale, ove necessario, 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 **50.000 mc** (in banco) (oggetto del presente Piano di Utilizzo) da riutilizzare all'interno dello stesso progetto;
- materiali da scavo in esubero trasportati dai siti di produzione ai siti di deposito intermedio in attesa di utilizzo, ed infine conferiti ai siti di destinazione esterni al cantiere: tali materiali saranno gestiti ai sensi del D.P.R. 120/2017 ed ammontano a **271.985 mc** (in banco) (oggetto del presente Piano di Utilizzo);
- materiali necessari per il completamento/realizzazione dell'opera che dovranno essere approvvigionati dall'esterno che ammontano a **55.041 mc** (non oggetto del presente Piano di Utilizzo).

5.1 TABELLA RIEPILOGATIVA BILANCIO MATERIALI

Di seguito viene riportata una tabella che sintetizza i volumi complessivi del bilancio dei materiali di scavo relativo alle opere in progetto.

Tabella 5: Tabella riepilogativa bilancio complessivo dei materiali di scavo

Produzione complessiva (mc in banco)	Fabbisogno (mc in banco)	Approvv. Utilizzo interno dalla stessa WBS (mc in banco) PUT	Approvv. Utilizzo interno da diversa WBS (mc in banco) PUT	Approvv. Esterno (mc in banco)	Utilizzo esterno (mc in banco) PUT	Materiali di risulta in esubero - terre (mc)
321.985	105.041	50.000	0	55.041	271.985	(*)

(*) Le sole terre che si prevede di gestire nel regime dei rifiuti sono quelle che attualmente costituiscono i rilevati ferroviari esistenti. Tali quantità saranno meglio definite nella successiva fase progettuale.

Con riferimento alla suddetta tabella, **ca. 321.985 mc** in banco di materiali provenienti dagli scavi saranno pertanto gestiti come sottoprodotti e conferiti ai siti di deposito intermedio ed ai siti di utilizzo finale ai sensi del D.P.R. 120/2017, come descritto di seguito.

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 suddiviso per ciascuna WBS di progetto.

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.

5.2 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 delle lavorazioni in qualità di sottoprodotti circa **50.000 mc** (in banco) per riutilizzi nell'ambito della stessa WBS di produzione, previo deposito in sito e trattamento di normale pratica industriale.

5.2.1 Deposito intermedio

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 intermedio) 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 identificando, 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 intermedio di quei materiali che verranno riutilizzati per le attività di rimodellamento morfologico di siti esterni descritte 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.

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.

In generale, i siti identificati nel presente Piano di Utilizzo come aree di "deposito temporaneo" sono da intendersi a tutti gli effetti come "siti di deposito intermedio", così come definiti dall'art. 2 lettera n del DPR 120/2017.

5.2.2 Modalità di deposito dei materiali da scavo

Le aree di deposito e zone di movimentazione (carico/scarico) saranno allestite presso le aree di deposito di cui sopra.

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 deposti.

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.

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.

Seguirà poi l'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.

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 intermedio terre il livello dell'acqua nel pozzetto raggiungesse il franco di sicurezza, si procederà allo svuotamento tramite autobotte gestendo le acque captate ai sensi della normativa di settore.

In funzione delle condizioni meteorologiche, al termine della giornata di lavoro si valuterà la necessità di provvedere 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 che i materiali non gestiti come sottoprodotto si sottolinea il fatto che ogni piazzola presente sarà adibita ad ospitare i materiali per singola e ben distinta tipologia: le piazzole in cui depositare i materiali terrigeni di scavo potranno ospitare solo quelli, mentre quelle adibite al deposito rifiuti (suddivisi a loro volta per tipologia merceologica) potranno ricevere solo i rifiuti.

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 saranno suddivisi in cumuli; la tracciabilità dei materiali sarà assicurata avendo cura di utilizzare sistemi identificativi di ogni cumulo (cartellonistica), al fine di poterne rintracciare la tipologia e, inoltre, il sito e la lavorazione (WBS) di provenienza.

5.2.3 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 (WBS interne al progetto).

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

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.

In **allegato 8** si riporta una planimetria con l'indicazione dei percorsi utilizzabili per il conferimento dei materiali dal sito di produzione al sito di deposito in attesa di utilizzo e infine ai siti di utilizzo finale.

5.3 RIUTILIZZO FINALE ESTERNO AL PROGETTO

Come anticipato sopra, i materiali di risulta in esubero, non riutilizzati nell'ambito dell'appalto (**271.985 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 (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).

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/Amministrazione territorialmente competenti, ricadenti nell'ambito territoriale in cui ricade il tracciato di progetto.

Più in dettaglio, attraverso il contatto diretto con i Comuni/Enti/Associazioni di Categoria 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 in progetto e da altri interventi ferroviari limitrofi, come si evince da quanto riportato nell'**allegato 1** dell'elaborato **NR2E00R69SHTA0000003A**. La disponibilità dichiarata dai soggetti pubblici/privati titolari dei potenziali siti di conferimento individuati è stata infatti manifestata nell'ambito del censimento condotto più in generale dalla Scrivente per progetti ferroviari ricadenti nel medesimo territorio regionale.

Nome Ditta	Nome sito	Comune	mc disponibilità	Tipo di intervento	Autorizzazione	Colonna A	Colonna B	Destinazione d'uso post recupero
BTR Srl	Loc. Barco	Tivoli	300.000	Rimodellamento morfologico cava a fossa	sì	X	/	Industriale
	Loc. Le Fosse	Guidonia Montecelio	169.000		no	/	X	Industriale

Centro Edil Cerreto Snc	Centro Edil Cerreto Snc di Ansuinelli Riccardo & C.	Canale Monterano	20.000	Riambientalizzazione cava di versante	no	/	X	N.D.
CM SpA	Loc. Le Fosse	Guidonia Montecelio	150.000	Rimodellamento morfologico cava a fossa	sì	X	/	Agricola
Deg Immobiliare Srl	Cava Fiorotta	Civitavecchia	100.000	Interventi di ripristino ambientale	sì	X	/	Agricola
	Cava Pisciareello	Tarquinia	400.000					
Degemar Cave Srl	Cave di Travertino, Loc. Le Fosse	Guidonia Montecelio	525.636	Ritombamento cava a fossa	sì	X	/	Industriale
	Cave di Travertino, Loc. Valle Pilella	Guidonia Montecelio	544.240					
Estraba SpA	Loc. Barco	Tivoli	500.000	Rimodellamento morfologico cava a fossa	no	/	/	N.D.
Fratelli Pacifici SpA	Cava Valle Pilella	Guidonia Montecelio	100.000	Recupero ambientale cava a fossa	no	/	X	N.D.
	Cava Valle Pilella Acqua Marcia	Guidonia Montecelio						
	Cava Valle Pilella Uffici	Guidonia Montecelio	200.000					
	Cava Fosse	Guidonia Montecelio						
	Cava Barco	Tivoli						
Fratelli Tiberi Srl	Via Portuense	Roma Capitale	400.000	Interventi di recupero ambientale	sì	X	/	Agricola
Git Service	Cava Casale dell'Orso, Località Casale dell'Orso	Bomarzo	800.000	Riambientalizzazione cava a fossa	sì	X	/	Agricola
Lifi Srl	Cava Le Fosse	Guidonia Montecelio	800.000	Recupero ambientale	no	X	/	N.D.
	Cava Valle Pilella	Guidonia Montecelio	700.000		sì	X	/	
			100.000		no	/	X	
Marcello	Pian	Latera	150.000	Interventi di	no	X	/	N.D.

Bardini	dell'Alberone			recupero ambientale				
	Monte Bruciore	Campagnano di Roma	800.000		no	X	/	N.D.
Mariotti Carlo & Figli SpA	Cava del Barco	Tivoli	50.000	Ripristino cava a fossa	no	/	X	N.D.
Michele Pascucci	Loc. Le Fosse	Guidonia Montecelio	400.000	Rimodellamento morfologico cava a fossa	sì	X	X	Industriale
Mondialtufo	Corteccoli	Gallese	500.000	Interventi di riambientalizzazione e ripristino	no	X	/	N.D.
	Poggio Mentuccia	Corchiano	550.000					
	Capoccione	Corchiano	100.000					
Niagara Centro Srl	La Solfatara	Roma Capitale	800.000	Rimodellamento	no	X	/	N.D.
Poggi SpA	Cava Ditta Fratelli Poggi Srl Valle Pilella	Guidonia Montecelio	800.000	Recupero ambientale cava a fossa	no	X	/	N.D.
Prodipi Srl/Cogetras Srl	Lucciano	Civita Castellana	800.000	Rimodellamento morfologico di cava a fossa	sì	X	/	Agricola
Schiavi Srl	Casale dei Prataroli	Fiumicino	400.000	Recupero/ripristino ambientale	no	X	/	N.D.
			400.000		no	/	X	
Seipa Srl	Porta Medaglia	Roma Capitale	800.000	Ripristino ambientale e/o processi produttivi in sostituzione dei materiali di cava allorchè abbiano le stesse caratteristiche meccaniche necessarie al prodotto finale	no	/	X	N.D.
Semag Srl	Radigara	Orte	400.000	Interventi di recupero/ripristino ambientale	no	X	/	N.D.
			400.000			/	X	

Come si evince dai dati sopra riportati, lo scenario di conferimento complessivo (ca. 13.158.876 mc) definito nella presente fase progettuale permette ampiamente di soddisfare le esigenze di progetto (ca. 271.985 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.

Siti di destinazione finale delle terre e autorizzazioni al recupero: considerazioni generali

Relativamente ai siti di destinazione finale individuati nel Piano di Utilizzo si precisa che le autorizzazioni del progetto di recupero ambientale delle cave cui conferire le terre e rocce da scavo, sono da acquisirsi, ove non presenti, da parte dei proprietari/gestori delle stesse, ai quali spettano sia la messa a dimora del materiale conformemente al progetto autorizzato, sia gli adempimenti derivanti da eventuali prescrizioni che dovessero essere impartite nei provvedimenti autorizzativi di cui sopra (ad esempio sistemazioni paesaggistiche finali, eventuali monitoraggi, ecc.). Nel richiamare il ruolo attivo dei proprietari/gestori dei siti di destinazione selezionati, si ricorda altresì che i siti di utilizzo finale cui destinare le terre e rocce da scavo sono stati individuati attraverso il coinvolgimento ufficiale e diretto degli Enti/Amministrazioni territorialmente competenti e successivamente selezionati mediante specifica analisi multicriteria, adottando specifici criteri di valutazione oggettivi, di seguito riportati:

- 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.

Lo scenario di conferimento finale individuato scaturisce pertanto da una attenta analisi delle esigenze manifestate dal territorio e dagli Enti ed Amministrazioni competenti, nonché da un accurato studio delle caratteristiche tecnico-amministrative di ciascun sito di destinazione, nel pieno rispetto dei principi di legalità e trasparenza, nell'ambito del quale ciascun proprietario/gestore dei siti di destinazione individuati si è impegnato a ricevere, già nell'ambito della manifestazione di interesse allegata al Piano di Utilizzo, determinati quantitativi di terre e rocce da scavo provenienti dalla tratta ferroviaria in questione e compatibili con gli interventi di utilizzo finale di propria competenza, nonché ad espletare a propria cura e spese – qualora non già disponibili – tutte le pratiche progettuali, amministrative ed autorizzative connesse al progetto di recupero. Appare evidente che il conseguimento dei nulla osta e benessere

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG ROMA TUSCOLANA					
PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO Relazione Generale	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R 69	DOCUMENTO RG TA 00 00 002	REV. B	PAG. 77/77

connessi ai progetti di recupero dei siti di destinazione finale, in caso di siti di destinazione finale delle terre non ancora autorizzati al recupero, risulta strettamente connesso all'esito favorevole dell'iter istruttorio del Piano di Utilizzo da parte dell'Autorità competente, a valle del quale si provvederà alla stipula dei contratti tra il Proponente del Piano di Utilizzo ed i diversi Titolari dei siti di destinazione finale.

Ad integrazione di quanto sopra argomentato ed in senso più generale, si evidenzia infine che il conseguimento delle autorizzazioni, nulla osta e benestare connessi ai progetti di recupero dei siti di destinazione finale da parte dei proprietari dei siti stessi risulta condizione necessaria per poter conferire le terre e rocce da scavo in qualità di sottoprodotti, comunque entro i tempi previsti dal Piano di Utilizzo. Ferme restando le responsabilità a carico di Ferrovie secondo quanto previsto dalla normativa vigente in qualità di Proponente del Piano di Utilizzo, si specifica altresì che il ruolo dell'Esecutore del Piano di Utilizzo è individuato sia nell'Affidatario dei lavori in oggetto incaricato del trasporto delle TRS dai siti di produzione ai siti di deposito intermedio ai siti di destinazione finale, sia nei Proprietari dei siti di utilizzo cui rimane l'onere della stesa e compattazione finale secondo i progetti di recupero redatti dagli stessi.

5.4 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 e 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 **circa 6 anni (2.512 giorni)**.

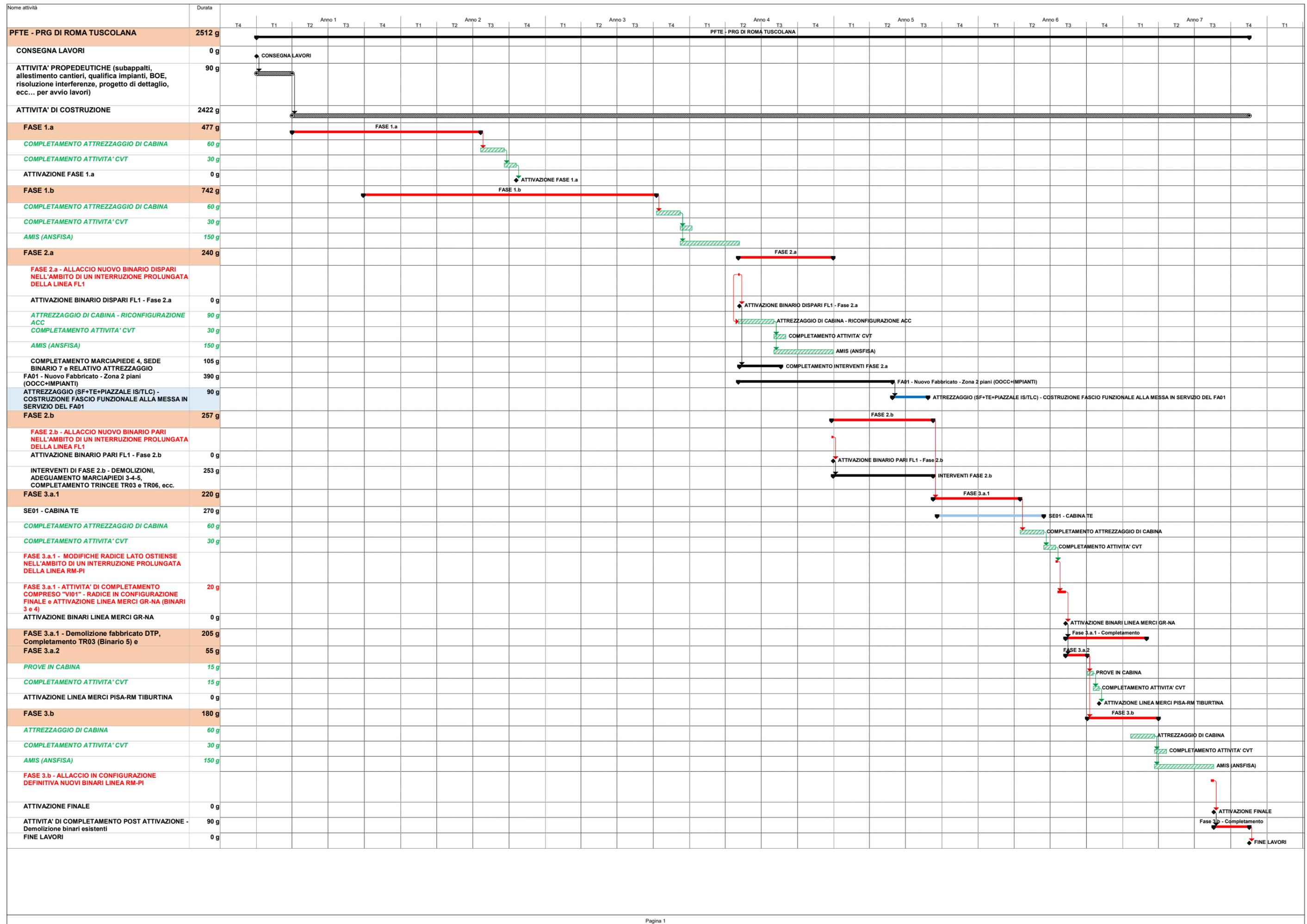
L'avvenuto utilizzo del materiale da scavo sarà attestato mediante apposita *Dichiarazione di avvenuto utilizzo (D.A.U.)*, redatta in conformità all'Allegato 8 del D.P.R. 120/2017 dall'Esecutore del PUT o dal Produttore delle terre e rocce da scavo a conclusione dei lavori di utilizzo.

ALLEGATO 1

Quantitativi di materiali di scavo prodotti

ALLEGATO 2

Cronoprogramma lavori



ALLEGATO 3

Attività di ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile ("GEEG – Geotechnical & Environmental Engineering Group" startup di "Sapienza – Università di Roma")



GEEG
GEOTECHNICAL & ENVIRONMENTAL
ENGINEERING GROUP

Startup di



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle
bentoniti per applicazioni di ingegneria civile

Report 1

20 Ottobre 2020



Diego Sebastian

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

INDICE

1	Introduzione	1
2	L'utilizzo dei fanghi bentonitici e dei fluidi polimerici	1
2.1.1	Sostegno del foro.....	2
2.1.2	Il trasporto dei detriti.....	3
2.1.3	L'azione lubrificante / la riduzione dell'attrito.....	3
2.1.4	La separazione	4
3	Bentoniti.....	4
3.1	Il materiale, i prodotti commerciali e la composizione mineralogica.....	4
3.2	Il processo produttivo	5
3.3	I prodotti commerciali.....	7
4	Aspetti ambientali legati all'utilizzo delle bentoniti.....	7
4.1	Indicazioni generali	7
4.2	Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto.....	8
4.3	L'utilizzo di bentoniti nella realizzazione di pali e diaframmi	9
4.3.1	Densità	10
4.3.2	Viscosità Marsh.....	11
4.3.3	Fluid loss	12
4.3.4	pH	12
4.3.5	Spessore del filtercake	13
4.3.6	Commenti	13
5	Conclusioni	13
6	Bibliografia.....	16

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

1 Introduzione

Nell'ambito delle attività di progettazione sviluppate da Italferr è emersa la necessità di rispondere a specifiche prescrizioni di approfondimenti in merito all'utilizzo dei fluidi bentonitici utilizzati durante la realizzazione di pali e diaframmi in relazione ai rischi per l'ambiente e per la salute umana.

Italferr ha affidato a GEEG, startup innovativa di "Sapienza" Università di Roma, lo sviluppo di una attività di Ricerca in supporto alla progettazione di opere in sotterraneo sviluppate da Italferr, finalizzata ad approfondire la composizione e l'impatto ambientale delle attività di realizzazione dei pali e dei diaframmi con particolare riferimento all'utilizzo di fluidi/fanghi bentonitici anche in relazione al potenziale utilizzo del materiale di smarino come sottoprodotto nell'ambito della normativa sulle terre e rocce da scavo.

L'attività di Ricerca, attualmente in corso, ha portato innanzitutto a definire in modo chiaro le informazioni, i dati e le evidenze disponibili in letteratura e acquisite da GEEG in anni di ricerca sperimentale sui prodotti commerciali (bentoniti) utilizzati per la preparazione dei fluidi di perforazione, sulle loro specifiche tecniche, sulle modalità di utilizzo e sugli eventuali rischi legati all'interazione con l'ambiente in fase di utilizzo, durante la vita utile delle opere realizzate e in relazione al riutilizzo, come sottoprodotto, delle terre e rocce da scavo poste a contatto con tali fluidi.

Inoltre, la stessa attività di Ricerca porterà alla messa a punto di specifici protocolli sperimentali finalizzati ad acquisire direttamente in laboratorio informazioni specifiche e aggiuntive rispetto a quanto disponibile in letteratura al fine di fornire un quadro completo ed esaustivo dell'interazione tra i fluidi/fanghi bentonitici e le terre e rocce da scavo.

Il presente documento contiene una descrizione dei principali elementi in merito ai materiali, alle modalità di utilizzo e all'interazione con l'ambiente utili a mettere a fuoco eventuali rischi, verificare le opportune contromisure, affinare gli strumenti di mitigazione e impostare le attività di controllo da eseguire in sito durante la realizzazione degli interventi previsti dal progetto.

Le informazioni inserite all'interno di questo documento saranno integrate durante le fasi successive dell'attività di ricerca sperimentale con dati e misure sperimentali eseguite su materiali effettivamente utilizzati nella realizzazione di pali e diaframmi.

2 L'utilizzo dei fanghi bentonitici e dei fluidi polimerici

La bentonite è un prodotto commerciale diffusamente impiegato nell'ingegneria civile che trova anche larghissimo impiego in molti altri ambiti quali il trattamento e la purificazione delle acque, come supporto nell'agricoltura e nel giardinaggio, nella produzione del vino, nell'industria dei cosmetici, in quella alimentare e in una lunga lista di processi di produzione tra i quali quelli dei mangimi, della carta e della ceramica.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

Limitatamente alle applicazioni di ingegneria civile i due macro-settori in cui la bentonite è ampiamente utilizzata da decenni, in soluzione acquosa sottoforma di fluidi, sono la realizzazione di perforazioni (pali e diaframmi) e lo scavo di gallerie con TBM, Micro-TBM e altre tecnologie no-dig.

Nelle perforazioni l'utilizzo di sospensioni di bentonite permette la stabilizzazione del foro, sigillandone le pareti, impedendo il collasso durante le operazioni, e garantisce il trasporto fuori dallo scavo del residuo solido prodotto (smarino).

Nel caso del Tunnelling e del MicroTunnelling invece il ruolo della bentonite è duplice, da una parte serve come nel caso dei pali e dei diaframmi a stabilizzare il cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e al trasporto dello smarino verso l'esterno, dall'altra serve come lubrificante evitando o riducendo l'usura degli utensili di scavo.

Un fluido di perforazione deve svolgere diverse funzioni:

- sostegno del foro;
- trasporto dei detriti in superficie;
- riduzione dell'attrito tra gli utensili di scavo e le pareti del foro;
- raffreddamento e pulizia degli utensili di scavo.

A tale scopo nel tempo ha preso piede e si è ampiamente diffuso l'utilizzo dei fluidi bentonitici ottenuti aggiungendo all'acqua poche unità percentuali in peso di bentonite (di norma tra il 4.5% e il 9%), miscelando e lasciando a riposo per garantire la dispersione e l'idratazione delle particelle.

2.1.1 Sostegno del foro

Il fango bentonitico possiede proprietà tixotropiche: con tixotropia si intende il comportamento di un fluido non newtoniano in cui la viscosità diminuisce all'aumentare del tempo di applicazione dello sforzo di taglio a parità di tutte le altre condizioni.

La tixotropia permette al fluido bentonitico di stabilizzare le pareti dello scavo per il tempo necessario a eseguire il getto grazie alla formazione sulle pareti del foro di un film di spessore millimetrico praticamente impermeabile denominato *cake*, *mudcake* o *filtercake*.

Affinché si formi tale membrana scarsamente permeabile è necessario che la pressione del fluido all'interno della perforazione sia sempre superiore alla pressione interstiziale, in questo modo il fango tende a penetrare di pochi millimetri nel terreno circostante; tale filtrazione porta a una riduzione della velocità del fluido e, per quanto detto precedentemente, a un aumento della propria viscosità, andando quindi a creare sul contorno del cavo realizzato mediante la perforazione una parete caratterizzata da coefficienti di permeabilità molto bassi (Figura 1). La bassissima permeabilità che caratterizza il *filtercake* consente di applicare sulla superficie del cavo una tensione efficace stabilizzante pari alla differenza tra la pressione del fango all'interno della perforazione e la pressione dell'acqua interstiziale del terreno.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

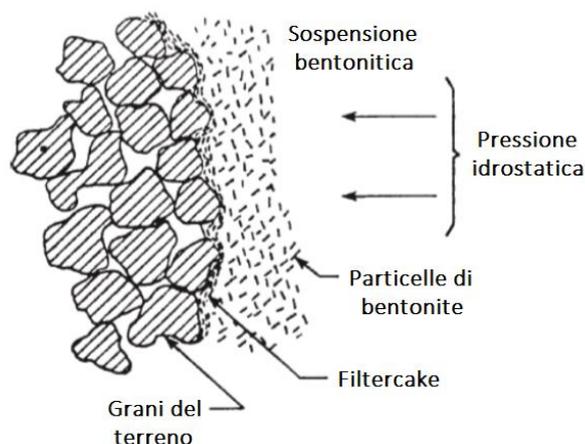


Figura 1: Formazione del filtercake.

Questo procedimento permette di sostenere la superficie scavata (le pareti del foro del palo o del diaframma) fino al momento del getto del calcestruzzo garantendo la possibilità di realizzare il palo o il diaframma con delle geometrie necessarie ad assolvere utilmente il proprio compito.

2.1.2 Il trasporto dei detriti

Oltre alla primaria necessità di garantire la stabilità del foro durante la realizzazione del palo o del diaframma (e, conseguentemente, la minimizzazione degli effetti di detensionamento nelle zone di terreno limitrofe), il fango bentonitico è utilizzato per trasportare verso la superficie e successivamente all'esterno del foro il materiale rimosso dalle attrezzature di scavo, detto smarino.

A seconda delle tecnologie di scavo utilizzate i flussi di fluido bentonitico in ingresso e di fango bentonitico (fluido bentonitico più smarino) in uscita sono gestiti in modo leggermente differenti; tuttavia in tutte le tecnologie un ruolo determinante è svolto dalla densità del fango bentonitico, necessaria a mantenere in sospensione lo smarino e la sua stabilità, intesa come capacità della bentonite di rimanere omogeneamente dispersa nell'acqua e non comportare fenomeni di separazione o sedimentazione.

2.1.3 L'azione lubrificante / la riduzione dell'attrito

Nell'ambito della realizzazione di opere in sotterraneo (gallerie idrauliche, ferroviarie o stradali) sono ampiamente utilizzate tecnologie trenchless quali microtunnelling, spingitubo o, nel caso di grandi diametri, Tunnel Boring Machines.

In questo tipo di applicazioni, le principali funzioni dei fanghi di perforazione sono sia il supporto del foro che l'impermeabilizzazione, per le quali è sufficiente un comportamento tixotropico già descritto, ma anche la lubrificazione per la quale spesso si fa ricorso all'aggiunta di polimeri o alle bentoniti definite "estese" di cui si parlerà approfonditamente nei capitoli seguenti.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

L'azione lubrificante serve infatti laddove, a causa delle dimensioni del fronte di scavo e conseguentemente dell'entità degli attriti che si generano tra gli utensili di scavo e il terreno/roccia, è necessario ridurre l'usura degli utensili utilizzando lo stesso fango bentonitico anche come lubrificante.

Nelle applicazioni ingegneristiche che prevedono l'utilizzo di microtunnelling e altre tecnologie no-dig, quindi, spesso si fa ricorso all'utilizzo di bentoniti estese o additivate in cantiere mediante l'aggiunta dei polimeri.

Gli aspetti legati alla composizione delle bentoniti saranno approfonditamente trattati nel seguito di questo documento.

2.1.4 La separazione

Come detto, nel caso di utilizzo dei fanghi bentonitici per la realizzazione di pali e diaframmi, la necessità è quella da una parte di sostenere il cavo durante il tempo necessario a completare la perforazione fino alla quota di progetto e a eseguire il getto di calcestruzzo, ma anche convogliare verso la bocca del foro il materiale scavato.

Durante la realizzazione del foro, infatti, il sistema di circolazione dei fanghi include una linea che convoglia il fluido di perforazione contenente i detriti di scavo in sospensione a un impianto di separazione.

La separazione è essenzialmente descrivibile come una separazione meccanica delle particelle più grossolane (detriti) dal fluido (acqua) e dalle particelle più piccole (bentonite) e comporta una serie di passaggi consecutivi. Il processo è suddiviso in diverse fasi che prevedono una successione di vagli meccanici utili a separare i detriti più grossolani e una centrifuga, un sistema di filtropresse o delle semplici vasche di decantazione per separare le particelle più sottili dall'acqua con l'ausilio di idrocycloni.

La separazione consente da una parte il recupero dello smarino sotto forma di solido privato della maggior parte del fango bentonitico e dall'altra il recupero della bentonite che viene reimpressa in circolo incrementando la velocità di perforazione e riducendo il consumo delle pompe e delle parti soggette a usura.

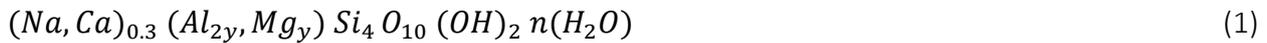
3 Bentoniti

3.1 Il materiale, i prodotti commerciali e la composizione mineralogica

Con bentonite (numero EC 215-108-5, numero CAS 1302-78-9) si intende il nome commerciale di una serie di prodotti a base di argille, principalmente montmorillonite sodica, calcica e potassica; in particolare le bentoniti comunemente in commercio non contengono meno del 60% di smectite e nella maggior parte dei casi superano il 70%. La montmorillonite, infatti, appartiene al gruppo delle smectiti ed è un fillosilicato di alluminio e magnesio la cui struttura cristallina è composta da strati

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

ottaedrici di allumina (Al_2O_3) interposti tra due strati di tetraedri di silice (SiO_2), la cui formula chimica (1) è di seguito espressa:



Ulteriori minerali che compongono la restante parte della bentonite possono essere altri minerali argillosi quali illite, caolinite etc. oltre che quarzo, cristobalite, zeolite, mica, feldspato e calcite.

La bentonite è originata dalla devetrificazione o decomposizione parziale di ceneri vulcaniche vetrose, di tufi vulcanici o colate laviche, o anche dalla decomposizione di intrusivi ipoabissali.

La bentonite è di per sé una risorsa naturale non rinnovabile che si trova nel sottosuolo di particolari zone in Italia e nel mondo, estratta mediante procedimenti meccanici tipici della tradizione mineraria.

A causa della sua composizione mineralogica di natura impura di fillosilicato di alluminio, le particelle di bentonite hanno una notevole capacità di assorbimento dell'acqua: consistono infatti in sottilissimi fogli cristallini di minerali argillosi con carica negativa raggruppati in pacchetti da ioni positivi di sodio, potassio, magnesio o calcio in uno strato di acqua assorbita. Gli ioni calcio forniscono un legame più forte rispetto agli ioni sodio, per cui la montmorillonite calcica, così come quella magnesiacca, è meno efficace nel trattenere molecole d'acqua rispetto a quella sodica. Gli ioni potassio stabiliscono legami ancora più forti tra i foglietti di argilla in quanto la loro dimensione è tale da non permettere che ci siano spazi tra questi. Dunque la sostituzione del sodio con calcio, magnesio o potassio nella montmorillonite riduce notevolmente la capacità di assorbimento dell'acqua.

Da quanto detto si evince che la tipologia di bentonite più efficace per gli scopi ingegneristici è quella sodica.

3.2 Il processo produttivo

Il processo produttivo prevede, a partire dal materiale estratto, una prima fase di purificazione al fine di ridurre la presenza di eventuali impurezze mineralogiche indesiderate. Successivamente può essere necessaria l'attivazione, qualora si tratti di bentonite calcica o magnesiacca: tramite l'aggiunta di carbonato di sodio (Na_2CO_3) o soda ($NaOH$) si favorisce la sostituzione tra i cationi Ca^{2+} (Mg^{2+}) e Na^+ nello spazio intra-lamellare al fine di ottenere una bentonite sodica con migliori prestazioni in termini di assorbimento d'acqua e potere rigonfiante (Figura 2, Figura 3).

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

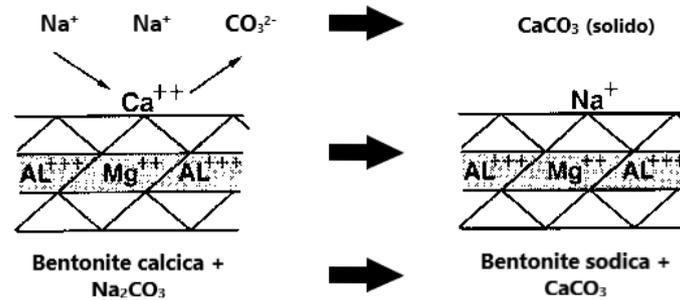


Figura 2: Schema di attivazione della bentonite calcica con carbonato di sodio.

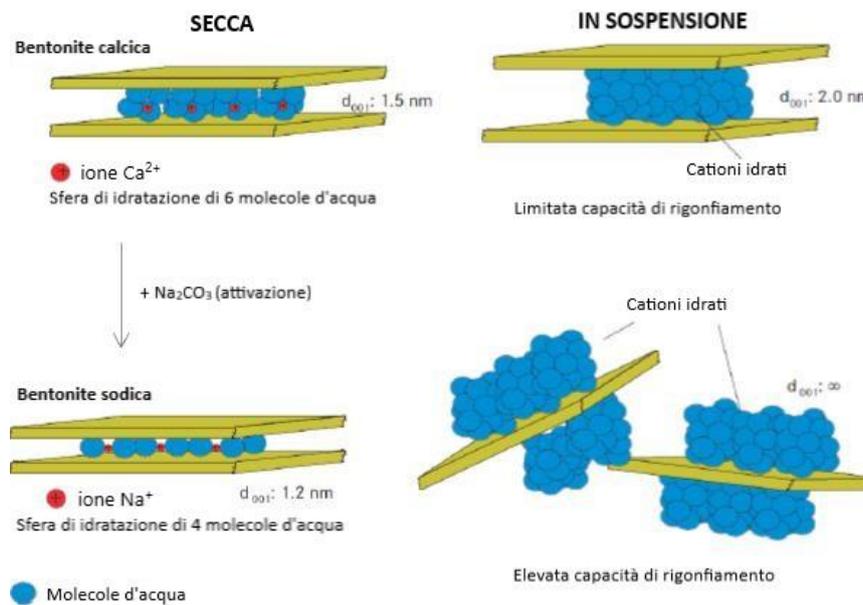


Figura 3: Confronto tra bentonite calcica e sodica.

Segue una fase di essiccazione a temperatura controllata (non oltre i 500°C) per ridurre l'umidità evitando la rimozione dell'acqua interstiziale che inertizzerebbe la bentonite. Infine viene eseguita la macinazione o il setacciamento a seconda del tipo di applicazione per conferire alla bentonite la granulometria desiderata.

Per alcune specifiche applicazioni la bentonite viene additivata, o più propriamente "estesa", con l'aggiunta di additivi a seconda della funzione da assolvere. In questa fase che caratterizza alcuni prodotti commerciali vengono introdotti polimeri naturali come amidi e cellulose, sintetici come i poliacrilati (PA), o ancora semi-sintetici come le carbossimetilcellulose (CMC) o le cellulose polianioniche (PAC). Gli additivi comunemente utilizzati nei fluidi di perforazione sono classificati in:

- viscosizzanti;
- fluidificanti;
- disperdenti;
- emulsionanti;

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

- inibitori di corrosione;
- flocculanti;
- controllori di pH;
- inibitori dell'attività delle argille;
- conservanti.

3.3 I prodotti commerciali

In commercio esistono diversi prodotti che rispondono al nome di "bentonite". Questi prodotti commerciali includono bentoniti calciche e sodiche, naturali ed estese (mediante l'aggiunta di polimeri naturali o sintetici).

Questi prodotti devono essere accompagnati da una scheda tecnica che le identifichi nelle categorie sopra menzionate con specifico riferimento alla presenza di additivi. La dicitura "non estesa", "priva di additivi/polimeri" o "polymer free" è necessaria per escludere la presenza di additivi naturali o sintetici.

Nel caso di bentoniti estese, l'eventuale presenza di sostanze pericolose per l'uomo o per l'ambiente deve essere specificata mediante l'accompagnamento di schede di sicurezza del prodotto contenente tutte le classi di rischio e le informazioni necessarie a trattare il prodotto con le opportune precauzioni.

4 Aspetti ambientali legati all'utilizzo delle bentoniti

4.1 Indicazioni generali

Dal punto di vista ambientale e della salvaguardia della salute, la bentonite non è considerata pericolosa né per l'ambiente né per l'uomo secondo il Regolamento EC 1272/2008 e la Direttiva 67/548/EC attualmente in vigore.

La bentonite non è separatamente classificata dall'Occupation Health and Safety Administration (OSHA) e non è stata classificata come cancerogeno dall'OSHA, dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) e dal Programma Tossicologico Nazionale (NTP).

La bentonite è esente dalla Registrazione REACH secondo l'allegato V.7. Una valutazione del rischio è stata condotta con la supervisione della European Bentonite Association (EUBA) e il risultato è che la bentonite non è una sostanza pericolosa. Perciò, in assenza di rischi identificati, l'impiego della sostanza è considerato sicuro.

Nelle bentoniti estese la presenza di composti organici polimerici o monomerici nei prodotti commerciali impiegati per la preparazione dei fanghi bentonitici provoca l'instaurarsi di interazioni fra la miscela e il terreno con cui entra in contatto, in particolare con la microflora e/o la microfauna. L'interazione può causare effetti eco-tossici a seconda della tipologia di interazione che si instaura in

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

funzione delle condizioni ambientali e del terreno, della presenza o meno di ossigeno disciolto, delle caratteristiche intrinseche dei composti presenti nella miscela bentonitica e della compresenza di determinati composti nello stesso ambiente, in parte o del tutto provenienti dalla miscela bentonitica e in parte dal terreno.

Nonostante non siano tossici, i polimeri sintetici a base di poliacrilati degradano molto lentamente e di conseguenza permangono nel materiale di scavo. Materiali semi-sintetici come le carbossimetilcellulose (CMC) o le cellulose polianioniche (PAC) degradano molto più velocemente e non sono tossiche. Recentemente è stato registrato un incremento dell'utilizzo di polimeri naturali biodegradabili, i quali sono però spesso trattati con biocidi per controllare il tasso di decomposizione e rallentare i fenomeni di degradazione delle caratteristiche fisiche e reologiche dei fluidi. Agenti condizionanti particolarmente sicuri dal punto di vista ambientale sono quelli basati su materiali naturali come la gomma Guar, gli Xanthani o i gel di semi di carruba.

In ogni caso, da questo punto di vista, non sembra ragionevole a priori estendere quanto inserito nei primi capoversi di questo paragrafo indistintamente a tutte le bentoniti intese come prodotti commerciali, includendo in questa categoria anche le bentoniti estese mediante l'aggiunta di polimeri sintetici o naturali.

Esiste in questi casi la possibilità di eseguire studi sperimentali finalizzati a definire potenziali effetti eco-tossicologici in relazione a specifici prodotti, applicazioni e terreni interessati.

Lo studio per individuare il possibile impatto ambientale delle miscele bentonitiche deve quindi partire dallo studio del materiale solido commerciale, analizzandone in primis parametri aggregati caratterizzanti, quali pH e carico organico totale (TOC). Successivamente si deve individuare l'eventuale presenza di metalli pesanti, che potrebbero essere presenti come "by-products" durante il processo di lavorazione del materiale (in quanto vengono impiegati come catalizzatori nella produzione degli additivi organici). Infine, una volta preparata la miscela bentonitica, è bene studiare le caratteristiche della fase liquida, dopo aver eseguito il processo di separazione liquido/solido, così da individuare eventuali fenomeni di trasporto di materia dal materiale solido alla fase liquida in contatto.

Gli additivi organici, comunemente denominati "polimeri", possono essere aggiunti anche durante la miscelazione della bentonite commerciale con l'acqua di miscelazione, per i motivi già brevemente discussi. La caratterizzazione di questi additivi risulta essere simile a quella eseguita sulla fase liquida della miscela bentonitica, in quanto prevede sia una fase di caratterizzazione chimica che ecotossicologica.

4.2 Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto

In base al DPR 120/2017 è possibile definire il terreno scavato quale sottoprodotto in funzione di determinate caratteristiche chimico-fisiche. Nel dettaglio, rispetto alla classe dei sottoprodotti, il DPR riporta quanto segue: il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 184-bis, comma

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

1, lettera d), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno delle terre e rocce da scavo, comprendenti anche gli additivi utilizzati per lo scavo, sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Qualora per consentire le operazioni di scavo sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti non comprese nella citata tabella, il soggetto proponente fornisce all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4.

Senza la pretesa di essere esaustivi in questo paragrafo si vuole sottolineare come, per quanto contenuto nel presente documento, nel caso delle bentoniti non estese, si può escludere la presenza di sostanze inquinanti e pertanto, ai fini della caratterizzazione come sottoprodotto, sarà sufficiente l'esecuzione dei test di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali previsti in ogni caso.

Nel caso in cui invece si volesse inserire la possibilità di utilizzo delle bentoniti estese, e in particolar modo per le bentoniti estese con polimeri di origine non naturale, in assenza di informazioni sul profilo eco-tossicologico dei citati polimeri, sembra più opportuno in via del tutto cautelativa riferirsi al caso in cui "sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti" e pertanto che il soggetto proponente fornisca all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4.

4.3 L'utilizzo di bentoniti nella realizzazione di pali e diaframmi

Nell'ambito della realizzazione di pali e diaframmi la bentonite è contenuta dal filter cake all'interno del foro scavato; lo strato di pochi millimetri di spessore (variabile a seconda della granulometria del terreno) infatti è proprio ciò che isola il foro e permette contestualmente la stabilizzazione dello stesso. **La tenuta del filter cake consente quindi di escludere anche fenomeni di interazione tra la bentonite e il terreno scavato all'interno del palo/diaframma con l'ambiente circostante.**

A questo proposito si deve ricordare come, nell'ingegneria ambientale, i pannelli di bentonite trovano una delle più apprezzate applicazioni proprio come sistemi di isolamento e contenimento degli inquinanti organici e inorganici.

Gli eventuali rischi legati all'utilizzo della bentonite si devono quindi andare a ricercare, non tanto durante le attività di realizzazione del palo o del diaframma, quanto nell'interazione con il terreno

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

scavato e nelle eventuali successive fasi di riutilizzo dello smarino e di smaltimento del fango bentonitico alla fine delle attività.

In questo senso l'unico elemento potenzialmente critico sembra legato all'utilizzo di bentoniti estese e, in particolare, ai prodotti estesi mediante polimeri di origine non naturale.

Nell'ambito della realizzazione dei pali e dei diaframmi, come specificato nei capitolati relativi a pali e micropali e relativi a paratie di pali, diaframmi e palancole di Italferr, le norme di riferimento riguardanti le proprietà dei fanghi stabilizzanti sono:

- UNI EN 1536:2015 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati";
- UNI EN 1538:2015 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi".

Vengono riportate nella sottostante Tabella 1 le caratteristiche della sospensione di bentonite fresca indicate dalle normative.

Tabella 1: Caratteristiche della sospensione di bentonite fresca indicate dalle normative

Proprietà	Valore	Unità di misura
Densità	< 1.10	g/cm ³
Viscosità Marsh	32 ÷ 50	s
Fluid loss	< 30	cm ³
pH	7 ÷ 11	-
Spessore filtercake	<3	mm

Ai fini della valutazione dell'impatto ambientale delle bentoniti utilizzate per queste attività è dirimente riuscire a determinare se tali applicazioni possono essere eseguite secondo le prescrizioni dei capitolati precedentemente citati utilizzando bentoniti non estese.

In merito, nei seguenti paragrafi sono stati raccolti dati sperimentali di letteratura acquisiti nell'ambito da attività di Ricerca svolte alla Sapienza utili a dimostrare che esistano bentoniti commerciali non estese in grado di garantire il soddisfacimento di tali requisiti senza la necessità di aggiungere polimeri o altri additivi di qualsiasi natura.

I dati proposti fanno riferimento a prodotti commerciali (Laviosa Bentosund 120 E e Laviosa Bentosund 120 ET) disponibili sul mercato e attualmente utilizzati per la realizzazione di pali e diaframmi. L'utilizzo di prodotti commerciali è finalizzato a dimostrare concretamente la possibilità di realizzare pali e diaframmi senza fare ricorso a bentoniti estese. Le successive fasi sperimentali dell'attività di Ricerca in corso contemplerà l'utilizzo di più prodotti commerciali da diversi fornitori.

4.3.1 Densità

In riferimento ad attività sperimentali condotte, sono riportati nella seguente Figura 4 i valori di densità ottenuti da prove eseguite su un fango costituito da bentonite sodica naturale (Laviosa Bentosund 120 ET) a diverse concentrazioni ed il limite imposto dalla normativa.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

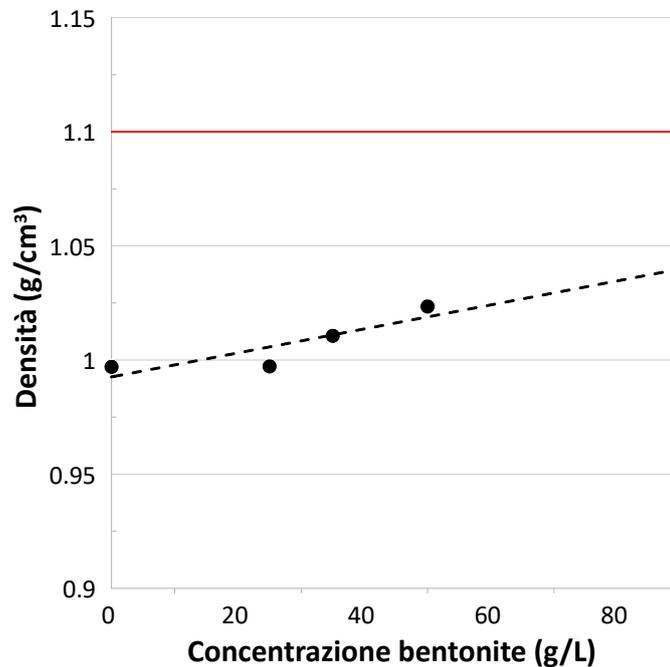


Figura 4: Valori di densità ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione lineare di tali valori e limite imposto dalla normativa.

Dai risultati ottenuti e dall'interpolazione effettuata è possibile osservare come i limiti di normativa siano ampiamente rispettati per le concentrazioni di bentonite sodica naturale testate pari a 25 g/L, 35 g/L e 50 g/L, corrispondenti alle percentuali in peso di 2.5%, 3.5% e 5% e fino a circa il 9%.

4.3.2 Viscosità Marsh

In riferimento ad attività sperimentali condotte, sono riportati nella seguente Figura 5 i valori di viscosità Marsh ottenuti da prove eseguite su un fango costituito da bentonite sodica naturale (Laviosa Bentosund 120 ET) a diverse concentrazioni e i limiti imposti dalla normativa.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

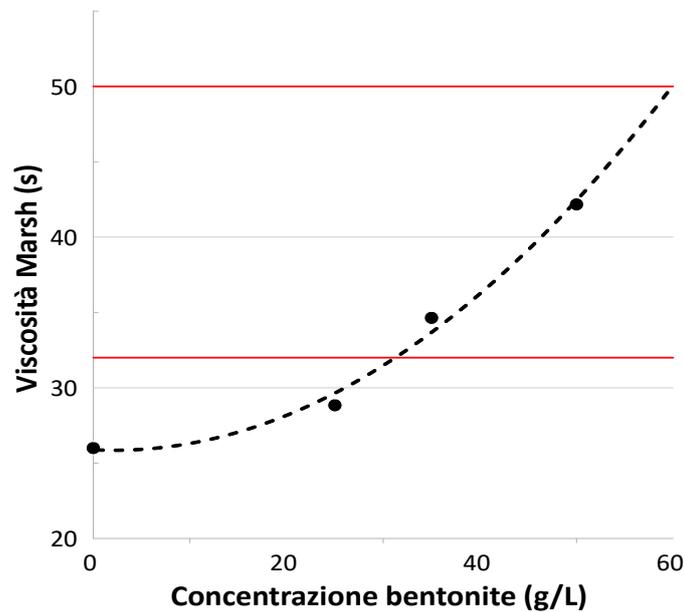


Figura 5: Valori di viscosità Marsh ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione polinomiale di tali valori e limite imposto dalla normativa.

Dai risultati ottenuti e dall'interpolazione effettuata è possibile osservare come per concentrazioni di bentonite sodica naturale comprese tra 32 g/L e 60 g/L (ovvero 3.2% e 6%) i limiti di normativa siano rispettati.

4.3.3 Fluid loss

Dalla scheda tecnica delle bentoniti sodiche naturali Laviosa Bentosund 120E ed ET, è possibile apprendere come, per una concentrazione pari al 5%, il fluid loss del fango bentonitico dopo 24 ore di maturazione sia rispettivamente compreso tra 20-25 e inferiore a 25 ml e dunque rispetti i limiti di normativa.

4.3.4 pH

In riferimento ad attività sperimentali condotte, è possibile osservare come il valore di pH ottenuto analizzando il liquido derivante dalla centrifugazione del fango bentonitico costituito da bentonite sodica naturale (Laviosa Bentosund 120 ET) ad una concentrazione del 4.5% risulti essere pari a 9.6 e dunque rispetti i limiti imposti dalla normativa.

Inoltre, dalla scheda tecnica delle bentoniti sodiche naturali Laviosa Bentosund 120E ed ET è possibile apprendere come, per una concentrazione pari al 5%, il valore di pH ottenibile dal fango bentonitico dopo 24 ore di maturazione sia rispettivamente compreso tra 8.5-10.5 e 7- 11 e dunque rispetti i limiti di normativa.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

4.3.5 Spessore del filtercake

Dalla scheda tecnica delle bentoniti sodiche naturali Laviosa Bentosund 120E ed ET è **possibile apprendere come, per una concentrazione pari al 5%, lo spessore del filtercake ottenibile dal fango bentonitico dopo 24 ore di maturazione sia rispettivamente compreso tra 1-1.5 e inferiore a 3 mm e dunque rispetti i limiti di normativa.**

4.3.6 Commenti

Appare quindi chiaro come sia appropriato, in questa fase progettuale fare riferimento alle bentoniti naturali in quanto è stata verificata l'esistenza di più di una bentonite naturale non estesa disponibile in commercio in grado di garantire il rispetto dei requisiti previsti dai capitolati e dalle normative di riferimento senza includere composti potenzialmente dannosi per l'ambiente. Questo rende non necessario l'utilizzo di bentoniti estese ai fini della realizzazione degli interventi previsti dal Progetto.

La possibilità di proporre, nelle successive fasi progettuali (Progettazione Esecutiva) l'utilizzo di bentoniti estese o di polimeri o additivi non è comunque da escludere ma si ritiene sia opportuno subordinare tale utilizzo, soprattutto nel caso di bentoniti estese con polimeri non naturali, allo svolgimento di studi di caratterizzazione chimica ed eco-tossicologica degli stessi finalizzata ad escludere effetti dannosi sull'ambiente.

5 Conclusioni

A conclusione della seguente trattazione, appare utile raccogliere alcuni dei punti più rilevanti raccolti nel presente documento.

- con bentonite si intende il nome commerciale di una serie di prodotti contenenti non meno del 60% e generalmente almeno il 70% di smectite (solitamente montmorillonite, fillosilicato di alluminio e magnesio) considerata, dal punto di vista geotecnico, ricadente nella categoria delle argille;
- per la restante parte le bentoniti naturali, o non estese, includono la presenza di altri minerali argillosi quali illite, caolinite, oltre che quarzo, cristobalite, zeolite, mica, feldspato e calcite, mentre nel caso delle bentoniti estese si trova inoltre l'aggiunta di additivi o polimeri naturali come amidi e cellulose, sintetici come i poliacrilati (PA), o ancora semi-sintetici come le carbossimetilcellulose (CMC) o le cellulose polianioniche (PAC);
- in commercio esistono diversi prodotti commerciali che rispondono al nome di "bentonite" tra i quali bentoniti calciche, magnesiache e sodiche, naturali ed estese (mediante l'aggiunta di polimeri naturali o sintetici);
- dal punto di vista dei rischi per la salute dell'uomo e dell'ambiente la bentonite:
 - o non è considerata pericolosa né per l'ambiente né per l'uomo secondo il Regolamento EC 1272/2008 e la Direttiva 67/548/EC attualmente in vigore;

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

- non è separatamente classificata dall'Occupation Health and Safety Administration (OSHA);
 - non è stata classificata come cancerogeno dall'OSHA, dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) e dal Programma Tossicologico Nazionale (NTP);
 - è esente dalla Registrazione REACH secondo l'allegato V.7;
 - è stata definita una sostanza non pericolosa a seguito di una valutazione del rischio condotta con la supervisione della European Bentonite Association (EUBA).
- nonostante non siano tossici, i polimeri sintetici presenti nelle bentoniti estese degradano molto lentamente e di conseguenza permangono nel materiale di scavo; i polimeri naturali basati su materiali naturali come gomma di Guar, Xanthani o gel di semi di carruba sono generalmente considerati particolarmente sicuri dal punto di vista ambientale;
 - la tenuta del filter cake che si crea al contorno del foro scavato necessaria alla corretta realizzazione di pali e diaframmi consente di escludere in ogni caso fenomeni di interazione tra la bentonite e il terreno scavato all'interno del palo/diaframma con l'ambiente circostante. Il meccanismo è concettualmente analogo a quello dei pannelli di bentonite che trovano una delle più apprezzate applicazioni proprio come sistemi di isolamento e contenimento degli inquinanti organici e inorganici;
 - nel caso delle bentoniti non estese, si può escludere la presenza di sostanze inquinanti e pertanto, ai fini della caratterizzazione come sottoprodotto, sarà sufficiente l'esecuzione dei test di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali;
 - nel caso invece delle bentoniti estese, e in particolar modo per le bentoniti estese con polimeri di origine sintetica o semi-sintetica, in assenza di informazioni sul profilo eco-tossicologico dei citati polimeri, sembra più opportuno in via del tutto cautelativa riferirsi al caso in cui "sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti" e pertanto che il soggetto proponente fornisca all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4;
 - esistono bentoniti naturali non estese disponibili in commercio in grado di garantire il rispetto dei requisiti dai capitolati e dalle normative di riferimento per la realizzazione di pali e diaframmi senza includere composti potenzialmente dannosi per l'ambiente; questo rende non necessario l'utilizzo di bentoniti estese ai fini della realizzazione degli interventi descritti.
 - la possibilità di proporre, nelle fasi successive della progettazione (Progetto Esecutivo), l'utilizzo di bentoniti estese o di polimeri o additivi per la realizzazione di pali e diaframmi non è comunque da escludere ma si ritiene sia opportuno subordinare tale utilizzo, soprattutto nel caso di bentoniti

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

estese con polimeri non naturali, allo svolgimento di studi di caratterizzazione chimica ed ecotossicologica degli stessi finalizzata ad escludere effetti dannosi sull'ambiente.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

6 Bibliografia

- Bohnhoff 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.