

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

PROGETTO DEFINITIVO

PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA

LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST

PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO

RELAZIONE GENERALE

SCALA:

-

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

I N 1 0 1 0 D 6 9 R G T A 0 0 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F.Ventura <i>F. Ventura</i>	Novembre 2021	N.Bartolini <i>Nicola Bartolini</i>	Novembre 2021	C.Mazzocchi <i>C. Mazzocchi</i>	Novembre 2021	S.Padulosi Novembre 2021 ITALFERR S.p.A. Ing. Padulosi Sara Ordine degli Ingegneri di Roma n. 25827 sez. A

File N1010D69RGTA0000002A.docx

n. Elab

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
	Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A

INDICE

1	PREMESSA	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	DEFINIZIONE E CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ DEL DM 161/2012	6
4	SITI DI PRODUZIONE	8
4.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E TOPO-CARTOGRAFICO	8
4.1.1	<i>Quadro degli interventi in progetto</i>	10
4.1.2	<i>Tipologie delle opere d'arte da realizzare</i>	10
4.1.3	<i>Elenco manufatti da realizzare</i>	10
4.2	INQUADRAMENTO URBANISTICO	12
4.2.1	<i>Nuovo Cavalcaferrovia Autostrada Brennero</i>	12
4.2.2	<i>Tangenziale Ovest di Verona</i>	13
4.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	13
4.3.1	<i>Inquadramento geologico</i>	13
4.3.2	<i>Inquadramento geomorfologico</i>	18
4.3.3	<i>Inquadramento idrogeologico</i>	20
4.3.4	<i>Cartografia del piano stralcio per l'assetto idrogeologico</i>	24
4.4	USO PREGRESSO DEL SITO ED INTERFERENZE CON AREE A RISCHIO CONTAMINAZIONE	24
4.4.1	<i>Siti contaminati e potenzialmente contaminati</i>	25
4.4.2	<i>Analisi sull'uso pregresso del sito</i>	26
4.4.3	<i>Valutazioni dell'interferenza</i>	31
4.5	CAMPIONAMENTO ED ANALISI	34
4.5.1	<i>Indagini ambientali sui terreni lungo linea</i>	35
5	METODICHE DI SCAVO, ANALISI E OPERAZIONI SUI SOTTOPRODOTTI	38
5.1	TECNICHE DI SCAVO	38
5.1.1	<i>Scavo Tradizionale</i>	38
5.1.2	<i>Fondazioni e opere di sostegno</i>	38
5.2	QUADRO DEI MATERIALI DI SCAVO PRODOTTI	38
5.3	ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	39
5.3.1	<i>Modalità di caratterizzazione dei materiali di scavo</i>	40

Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 3 di 64
--	------------------	------------------	----------------	------------------------	-----------	-------------------

5.3.2	<i>Rispetto dei requisiti di qualità ambientale</i>	42
5.3.3	<i>Trattamenti di normale pratica industriale</i>	43
5.3.4	<i>Monitoraggio ambientale connesso al piano di utilizzo (CO)</i>	43
6	SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO	45
6.1	DEPOSITO INTERMEDIO	45
6.1.1	<i>Sistema di cantierizzazione</i>	45
6.1.2	<i>Modalità di deposito dei materiali di scavo</i>	49
6.1.3	<i>Modalità di Trasporto</i>	51
6.2	CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO	51
7	SITI DI DEPOSITO FINALE	55
7.1	RIUTILIZZO FINALE INTERNO AL PROGETTO	56
7.2	RIUTILIZZO FINALE ESTERNO AL PROGETTO	56
7.3	CARATTERIZZAZIONE DEI SITI DI DEPOSITO FINALE INDIVIDUATI	60
7.3.1	<i>MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO ED ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE</i>	60
7.4	EFFICACIA DEL PIANO DI UTILIZZO	61

ALLEGATI

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

Allegato 2: Cronoprogramma lavori

Allegato 3: Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile

SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI PRODUZIONE

SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO

SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO FINALE



PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE
TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI
VERONA: INGRESSO VERONA OVEST

Piano di utilizzo dei materiali di scavo
Relazione Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10 D 69	RG	TA0000002	A	4 di 64

1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta il Piano di Utilizzo dei materiali di scavo (di seguito PUT), redatto secondo le indicazioni del DM 161/2012 si prefigge lo scopo di rappresentare le modalità di gestione e di utilizzo dei materiali da scavo prodotti nell'ambito dei lavori di realizzazione Nodo AV/AC di Verona.

L'intervento Nodo AV/AC di Verona: ingresso Ovest prevede tutti gli interventi funzionali alla continuità della tratta Brescia-Verona della Linea AV/AC Milano-Venezia all'interno del Nodo di Verona, tra l'autostrada A22 fino alla radice est della stazione di Verona Porta Nuova.

Il progetto prevede la rilocazione su nuova sede dei binari della linea storica per la realizzazione dei due nuovi binari AV/AC e della linea relativa all'interconnessione Merci di Verona con l'innesto sulla Linea Brennero.

Sono previsti anche interventi di potenziamento e riconfigurazione della stazione di Verona Porta Nuova e realizzazione di una nuova Sottostazione Elettrica con conseguenti interventi tecnologici per la gestione delle modifiche.

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

Il piano di utilizzo dei materiali di scavo è stato elaborato in ottemperanza a quanto previsto dal D.M 161/12.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 5 di 64

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il Piano di Utilizzo dei materiali di scavo è stato redatto in conformità al DM 161/2012. 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 Ministero dell’Ambiente del 1 marzo 2019, n. 46** - Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
- **Decreto del Presidente della Repubblica del 13 giugno 2017, n. 120** - “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”;
- **Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152** e s.m.i. - “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 5 febbraio 1998 e s.m.i.** – 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;

Per far fronte alla continua evoluzione della normativa relativa a ciascuna delle matrici ambientali significative sotto descritte, il Gruppo Ferrovie dello Stato, nel rispetto dei requisiti generali previsti dalla norma UNI EN ISO 14001, si è dotato di un presidio normativo, contenente i principali riferimenti a carattere nazionale e regionale, disponibile online all’indirizzo <http://presidionormativo.italferr.it/>.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 6 di 64

3 DEFINIZIONE E CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ DEL DM 161/2012

IL Piano di Utilizzo è stato pertanto redatto sulla base dei contenuti richiesti dal DM 161/2012; ad evidenza di quanto affermato si riporta di seguito la puntuale corrispondenza delle tematiche affrontate nel PUT e negli elaborati tecnici ad esso allegati ai singoli contenuti richiesti.

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

Nel dettaglio il piano di utilizzo indica:

1. l'ubicazione dei siti di produzione delle terre e rocce da scavo con l'indicazione dei relativi volumi in banco suddivisi nelle diverse litologie;
2. l'ubicazione dei siti di destinazione e l'individuazione dei cicli produttivi di destinazione delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti, con l'indicazione dei relativi volumi di utilizzo suddivisi nelle diverse tipologie e sulla base della provenienza dai vari siti di produzione. I siti e i cicli produttivi di destinazione possono essere alternativi tra loro;
3. le operazioni di normale pratica industriale finalizzate a migliorare le caratteristiche merceologiche, tecniche e prestazionali delle terre e rocce da scavo per il loro utilizzo;
4. le modalità di esecuzione e le risultanze della caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo eseguita in fase progettuale, precisando in particolare:
 - i risultati dell'indagine conoscitiva dell'area di intervento (ad esempio, fonti bibliografiche, studi pregressi, fonti cartografiche) con particolare attenzione alle attività antropiche svolte nel sito o di caratteristiche geologiche-idrogeologiche naturali dei siti che possono comportare la presenza di materiali con sostanze specifiche;
 - le modalità di campionamento, preparazione dei campioni e analisi con indicazione del set dei parametri analitici considerati che tenga conto della composizione naturale delle terre e rocce da scavo, delle attività antropiche pregresse svolte nel sito di produzione e delle tecniche di scavo che si prevede di adottare,
 - la necessità o meno di ulteriori approfondimenti in corso d'opera e i relativi criteri generali da seguire, secondo quanto indicato nell'allegato 9, parte A;

5. l'ubicazione degli eventuali siti di deposito intermedio in attesa di utilizzo, anche alternativi tra loro, con l'indicazione della classe di destinazione d'uso urbanistica e i tempi del deposito per ciascun sito;
6. i percorsi previsti per il trasporto delle terre e rocce da scavo tra le diverse aree impiegate nel processo di gestione (siti di produzione, aree di caratterizzazione, siti di deposito intermedio, siti di destinazione e processi industriali di impiego), nonché delle modalità di trasporto previste;

Si allegano, al presente piano di utilizzo, le seguenti schede:

- SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI PRODUZIONE
- SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO
- SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO FINALE

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 8 di 64

4 SITI DI PRODUZIONE

Al fine di fornire un quadro completo delle caratteristiche dei siti di produzione delle terre sono state prodotte delle schede cartografiche riportanti per ogni sito (doc. correlato **IN1010D69SHTA0000001A- PUT – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI PRODUZIONE**) 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.

Piano di campionamento e analisi:

- descrizione delle indagini svolte e delle modalità di esecuzione;
- localizzazione dei punti mediante planimetrie;
- elenco delle sostanze ricercate;
- descrizione delle metodiche analitiche e dei relativi limiti di quantificazione.

4.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E TOPO-CARTOGRAFICO

L'area oggetto di studio si colloca al limite settentrionale della Pianura Veneta e interessa il territorio a nord ovest di Verona. Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa a partire dalla stazione ferroviaria di Verona Porta Nuova per circa 6 km in direzione Ovest, in affiancamento alla linea esistente.

I limiti d'intervento del nuovo progetto risultano i seguenti:

- Pk 140+541 della nuova linea AV/AC Milano-Verona, coincidente con la progressiva Km 140+779.664 riferita alla tratta AV/AC Brescia-Verona
- Km 148+580 della linea esistente Milano-Venezia (sistemazione della radice est di Verona Porta Nuova).



Figura 4.1 - Inquadramento geografico generale.

- Estremi cartografici da Carta Tecnica Regionale 1:5.000
 Elementi nn. 123161 "Verona Ovest" – 123164 "San Massimo"; 123151 "Lugagnano".
- Estremi cartografici da Carta Tecnica Regionale 1:10.000:
 Sezione 123160 Verona –Ovest

4.1.1 Quadro degli interventi in progetto

I principali interventi infrastrutturali previsti nell'ambito della progettazione in oggetto, necessari all'inserimento dei nuovi binari AV/AC provenienti da Brescia e dell'interconnessione merci nel nodo di Verona, prevedono la realizzazione delle seguenti linee e/o collegamenti:

- nuova linea Storica MI-VE;
- linea AV/AC MI-VE;
- linea indipendente merci (interconnessione merci AV)
- collegamento tra il Quadrante Europa, la linea indipendente merci e Verona P.N. Scalo
- collegamento tra il Quadrante Europa e il raccordo per Bivio S.Lucia (direzione BO/MO)
- modifica di un tratto della linea VR-Brennero viaggiatori
- interventi nell'ambito della stazione di Verona P.N.

4.1.2 Tipologie delle opere d'arte da realizzare

Le tipologie delle opere da realizzare possono essere ricondotte alle seguenti categorie:

Adeguamenti opere esistenti:

- Ponti
- Sottopassi

Opere ex-novo:

- Ponti
- Cavalcavia
- Sottovia
- Gallerie artificiali
- Nuova viabilità per il collegamento delle nuove opere alla rete esistente
- Marciapiedi, scale e ascensori della Stazione
- Fabbricati tecnologici

4.1.3 Elenco manufatti da realizzare

Percorrendo l'intervento da ovest verso est sono da realizzare le seguenti opere principali (elenco indicativo e non esaustivo, si rimanda al progetto delle opere):

WBS	Nome
IV01	Nuovo Cavalcaferrovia A22

VI01	Ponte Cason Nord
VI02	Ponte Cason Sud
IV02	Cavalcavia Tangenziale Ovest
SL01	Sottovia Tangenziale Ovest
GA01	Galleria Europa 1
GA02	Galleria Europa 2
GA03	Galleria San Massimo
IV03	Cavalcaferrovia via Fenilon
VI03	Ponte Brennero
VI04	Viadotto Bologna

Inoltre sono da realizzare le seguenti opere secondarie:

WBS	Nome
SL02	Sottopasso via Carnia
SL03	Sottopasso via Albere Nord
SL04	Sottovia pedonale di servizio località Cason
NW01	Sottopasso svincolo Stazione Autostradale Verona Nord – Lato Trento
NW02	Sottopasso S.C. Cason Lato Modena
MU01- MU12	Muri di sostegno lungolinea
IN01	Attraversamento idraulico A22
IN02	Attraversamento idraulico Canale San Giovanni
FA01	Fabbricato bivio PC Europa
FA05	Fabbricato manutenzione
FV01	Nuovo marciapiede binario 12 e 13
FV02	Prolungamento marciapiede esistente binario 8 e 9
FV03	Marciapiede nuovi binari tronchi Brennero
FV04	Prolungamento sottopasso viaggiatori lato Milano
FV05	Prolungamento sottopasso di servizio
FV06	Prolungamento sottopasso Viaggiatori lato Venezia

4.2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

Il tracciato ferroviario, ricadente nel comune di Verona, si trova nelle zone: “ambiti rurali da riqualificare”, “ambito del quadrante europa”, “zona agricola di ammortizzazione e transizione”, “contesti territoriali destinati alla realizzazione di programmi complessi” della tav.4 del Piano di Assetto del Territorio (PAT) - Carta della trasformabilità - approvato con DGR n.4148 del 18/12/2007.

Il tratto di tracciato ferroviario ricadente nel comune di Sona, si trova in “ambito ATO 3 sistema ambientale agricolo di pianura” sulla tav. 4 del Piano di Assetto del Territorio (PAT)- Carta degli ambiti omogenei e della trasformabilità - adottato con DCC n. 7 del 26.03.2013 e aggiornato nel 2016.



Figura 4.2 - Stralcio PAT tav.4 Carta della trasformabilità – comune di Verona

(Fonte: <https://mapserver6.comune.verona.it/sigi/M1/IGIS.aspx>)

Si possono riscontrare delle interferenze di alcune delle lavorazioni e/o delle aree di cantiere con alcuni servizi/attività di ordine pubblico.

Le viabilità principali (Autobrennero A22 e Tangenziale Ovest) saranno mantenute in esercizio durante tutta la durata delle attività.

4.2.1 Nuovo Cavalcaferrovia Autostrada Brennero

Per la realizzazione del Nuovo Cavalcaferrovia dell’Autostrada del Brennero (IV01) che comporta, oltre al rifacimento dell’impalcato, anche il rifacimento delle spalle e la realizzazione delle spalle nuove, si prevedono 3 fasi realizzative, all’interno delle quali il traffico veicolare sarà deviato per permettere le operazioni di cantierizzazione.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
	Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A

4.2.2 Tangenziale Ovest di Verona

Alla stessa maniera anche la realizzazione dell'adeguamento del Sottopasso della Tangenziale Ovest di Verona dovrà essere condotta tenendo conto della necessità di preservare la continuità della viabilità sottostante, pertanto l'opera verrà realizzata per parti, deviando il traffico nella struttura esistente che, nella specifica fase, non è oggetto di modifiche.

L'intero intervento dovrà necessariamente svilupparsi nella Fase 0 di Armamento, sia a nord e sia a sud della Linea Storica MI-VE, al fine di limitare al minimo la soggezione al traffico veicolare deviando lo stesso due volte.

4.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

4.3.1 Inquadramento geologico

Le caratteristiche delle unità geologiche presenti nell'area sono intimamente legate agli elementi geomorfologici riconosciuti in superficie e, complessivamente, sono il prodotto dei processi deposizionali ed erosivi attuatisi tra le fasi finali del Pleistocene e l'Attuale, ossia negli ultimi 150.000 anni circa.

Come si evince esaminando la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 49 - Verona (Figura 4.3 - Figura 4.4) e Foglio 48 - Peschiera del Garda (Figura 4.5 - Figura 4.6) nella quale colloca la quasi totalità del tracciato ferroviario in progetto, il sottosuolo dell'area di studio è costituito da sedimenti alluvionali fluvio-glaciali e fluviali depositi dall'antico Fiume Adige al termine del percorso montano, in particolare, da Est verso Ovest:

- fg^{R2}: alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore. Terrazzate, sospese sui 30 metri, costituiscono l'alta pianura, generalmente a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda. RISS;
- fg^{R3}: alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, ghiaiose, con terreno argilloso rossastro di alterazione superficiale. Terrazzate e sospese sui 25 metri, si raccordano con le cerchie più interne del morenico Riss. RISS RECENTE;
- a²: alluvioni sabbioso, ghiaiose, terrazzate, antiche;
- a³: alluvioni prevalentemente sabbiose, attuali e recenti dell'Adige

Nel Foglio 48 - Peschiera del Garda, a Nord l'area di interesse, nei pressi dell'abitato di Pescantina, è ubicata la sezione stratigrafica I. In Figura 4.5 si riporta uno stralcio della stessa; interessante è

Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10 D 69	RG	TA0000002	A	14 di 64

notare il passaggio tra le alluvioni fluvio-glaciali del RISS (fg^{R2}) e le alluvioni fluvio-glaciali del RISS RECENTE (fg^{R3}).

Le informazioni acquisite dalla cartografia geologica disponibile sono state confermate dai dati geognostici disponibili ovvero le indagini geognostiche realizzate a supporto delle varie fasi di progettazione del tracciato ferroviario. Tali dati geognostici hanno evidenziato la presenza di un potente materasso alluvionale costituito in gran parte da depositi di notevole spessore di ghiaie e ghiaie sabbiose, intercalate, subordinatamente, a sabbie e rari livelli limosi e argillosi.

Più a sud dell'area di interesse, nell'ambito della media e bassa pianura, le ampie conoidi ghiaiose dell'Adige si intercalano con depositi sabbiosi, limosi e argillosi dando luogo alla "fascia delle risorgive".

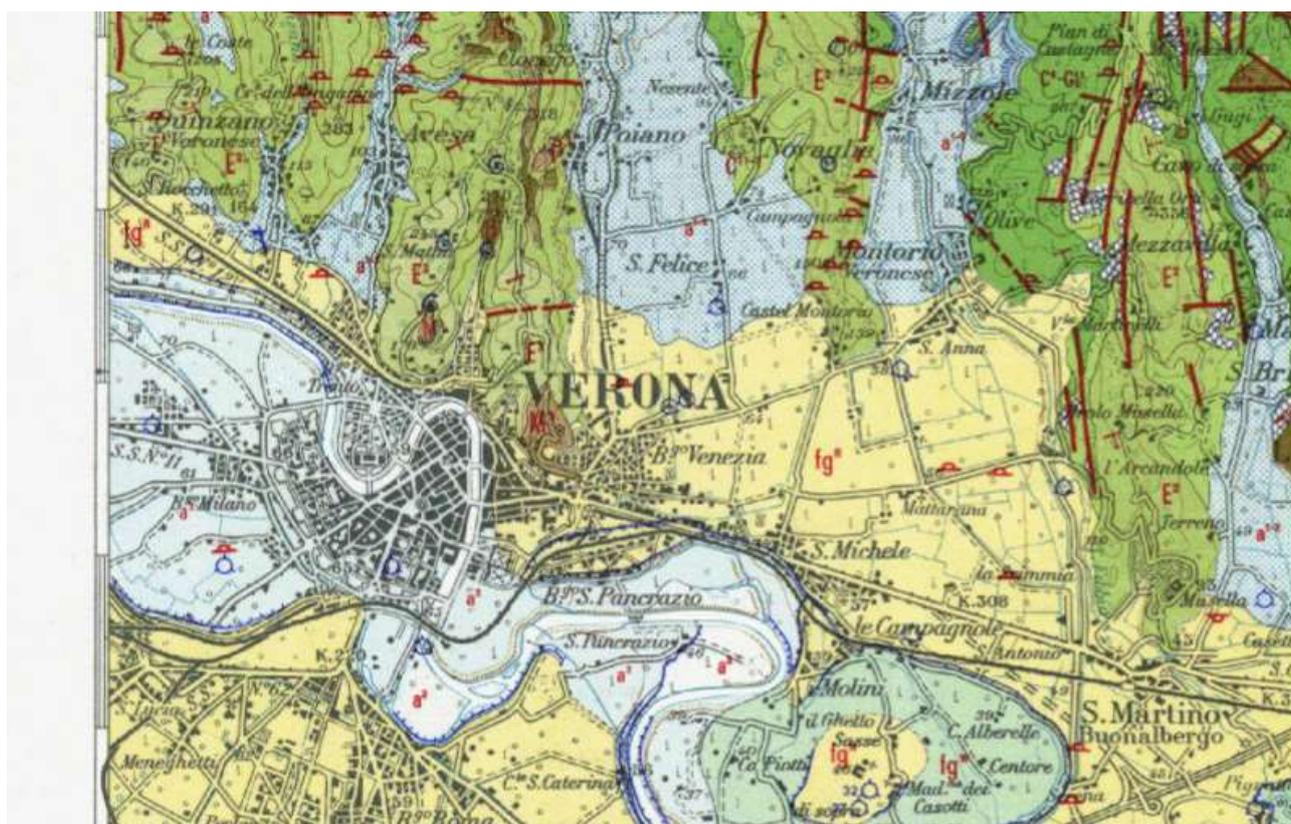
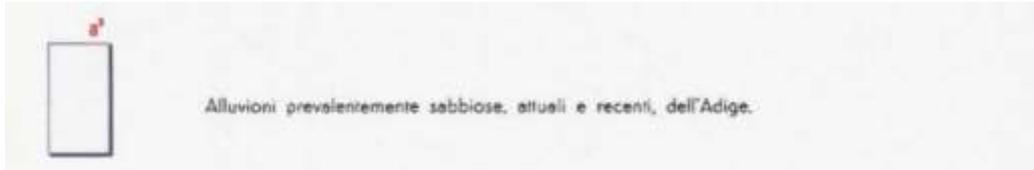


Figura 4.3 - Carta Geologica d'Italia Scala 1:100000 Foglio n. 49 Verona (stralcio non in scala)

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
	Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A

OLOCENE

a³

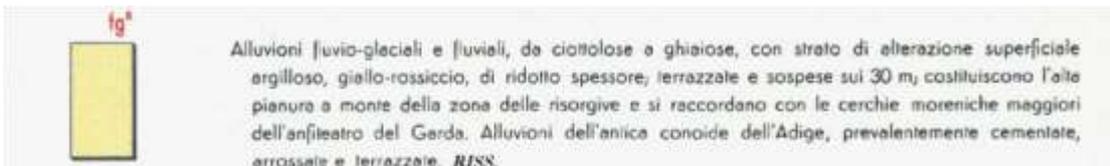


a²



PLEISTOCENE

fg^R



Simbologia convenzionale

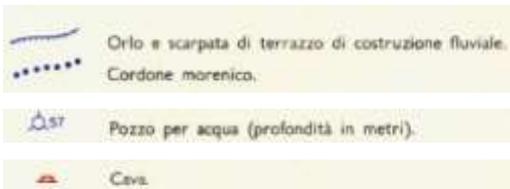


Figura 4.4. Legenda della Carta Geologica d'Italia Scala 1:100000 Foglio n. 49 Verona

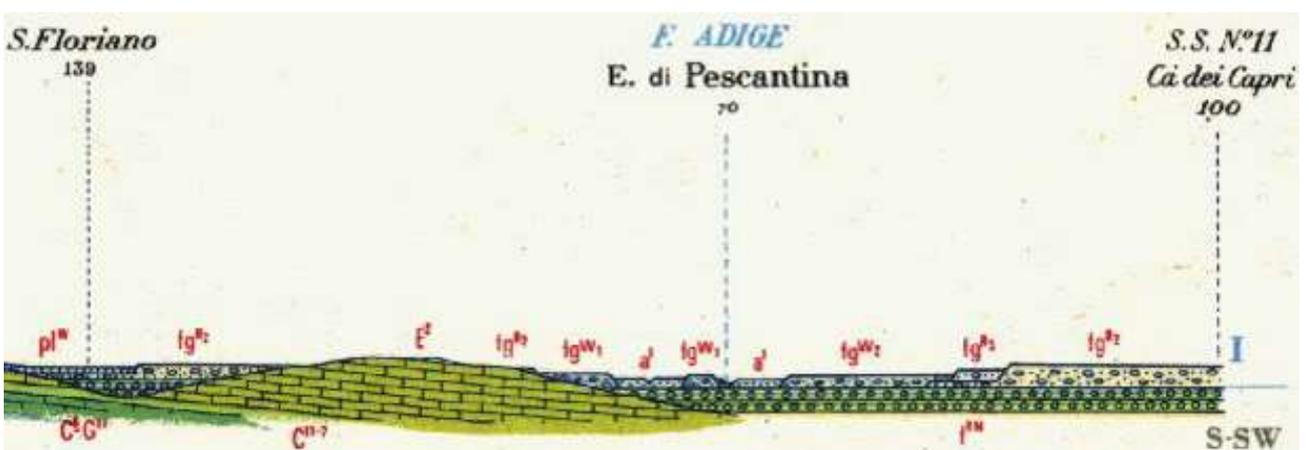
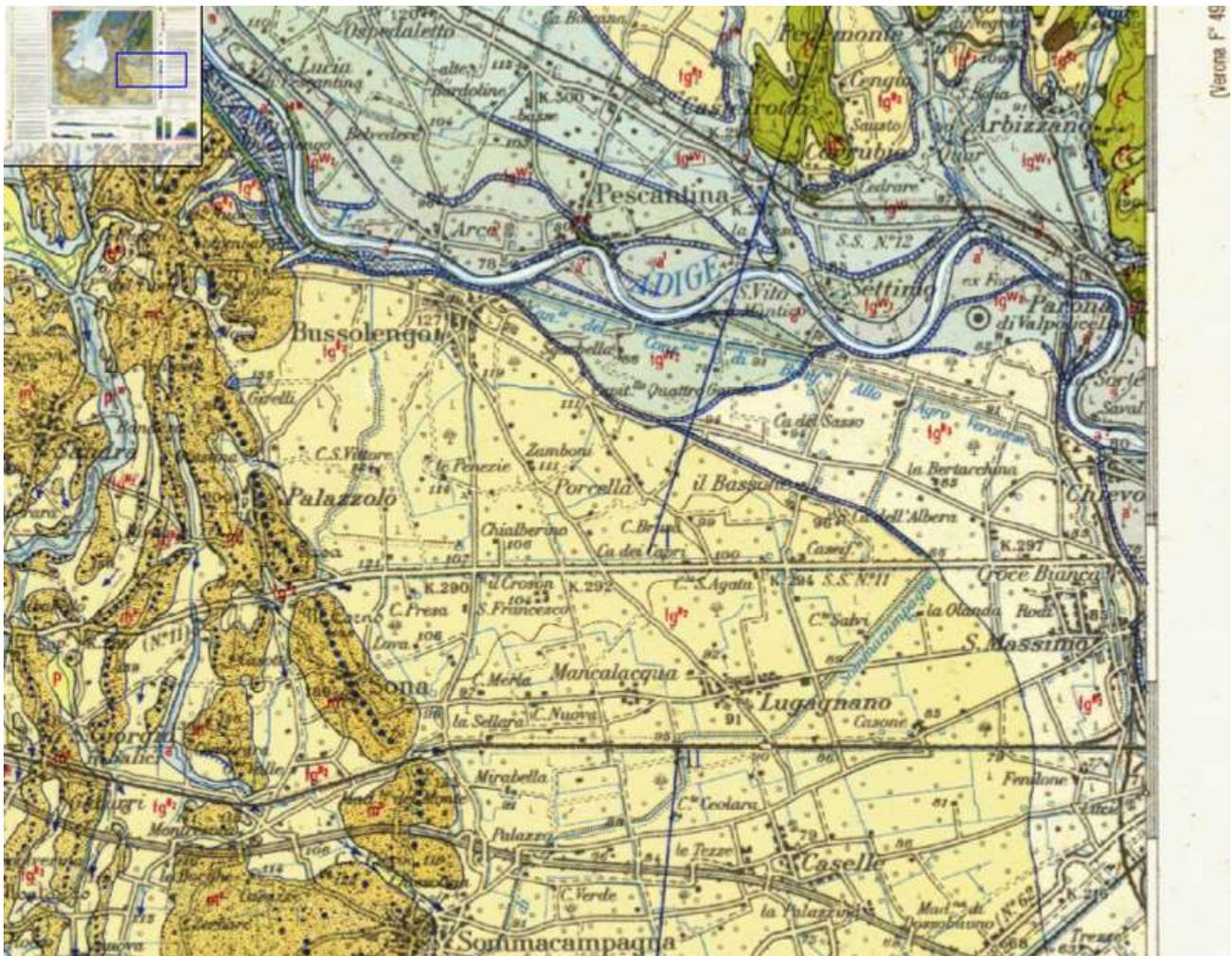


Figura 4.5 - Carta Geologica d'Italia Scala 1:100000 Foglio n. 48 - Peschiera del Garda e sezione geologica I (stralci non in scala)

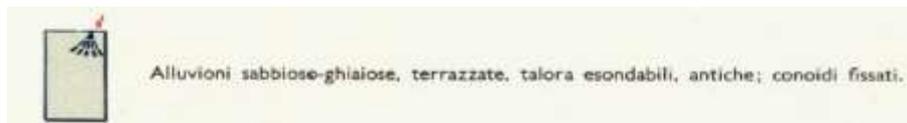
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
	Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A

OLOCENE

a²

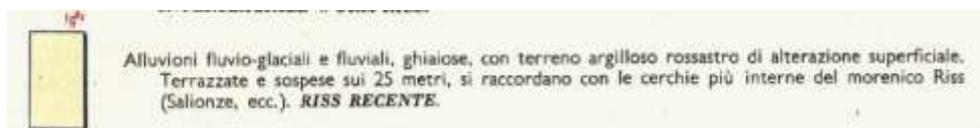


a¹

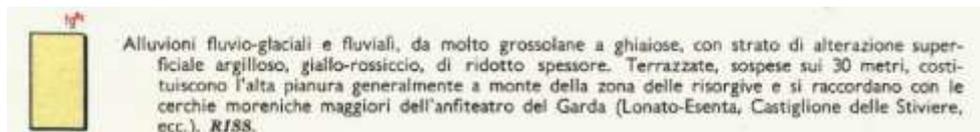


PLEISTOCENE

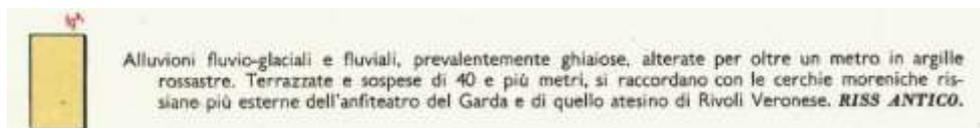
fg^{R3}



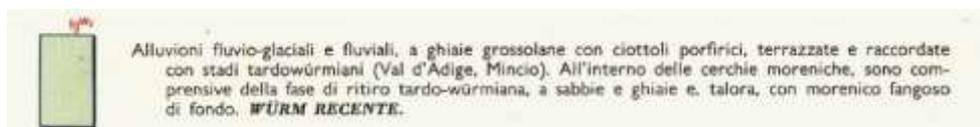
fg^{R2}



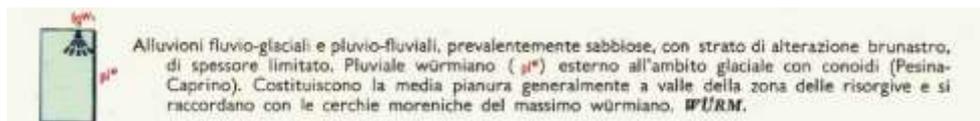
fg^{R1}



fg^{W2}

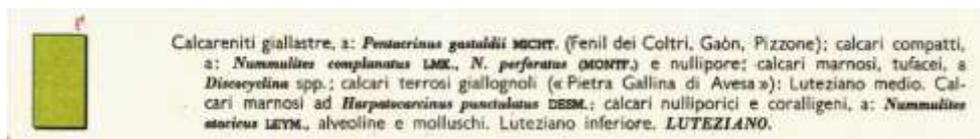


fg^{W11}



EOCENE

E²



Simbologia convenzionale

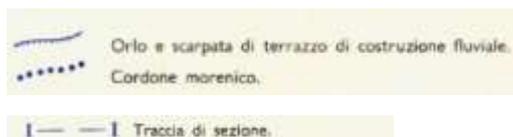


Figura 4.6 - Legenda della Carta Geologica d'Italia Scala 1:100000 Foglio n. 48 Peschiera del Garda

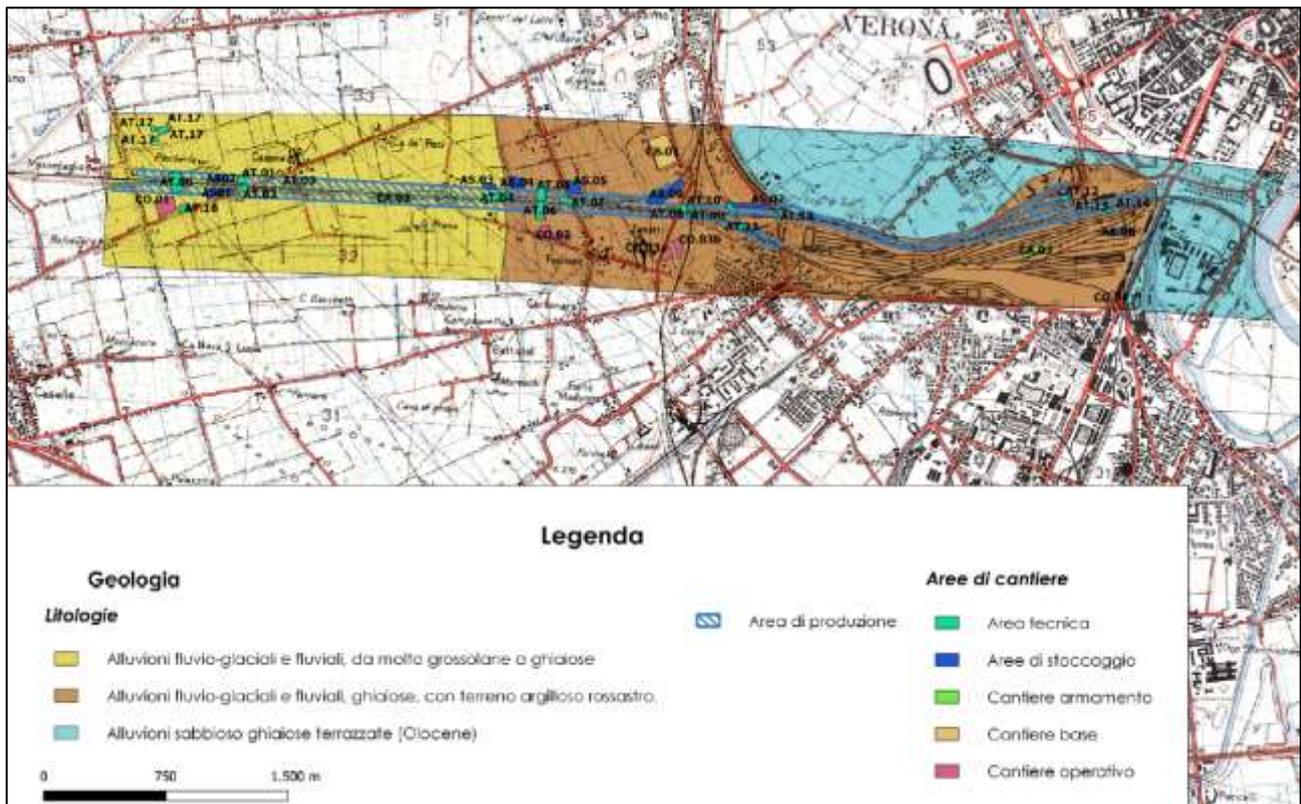


Figura 4.7 – Carta litologica di dettaglio.

4.3.2 Inquadramento geomorfologico

Il tracciato ferroviario in progetto attraversa un territorio caratterizzato da morfologie regolari, sub pianeggiante debolmente degradante verso est.

Le quote topografiche vanno dagli 80-85 m circa s.l.m. in corrispondenza dell'innesto con l'asse ferroviario esistente nei pressi dell'asse dell' autostrada del Brennero ai 65 – 68 m s.l.m. circa nei pressi della stazione di Verona Porta Nuova.

L'aspetto morfologico attuale della pianura veneta è fortemente legato all'evoluzione tardo pleistocenica e olocenica dei fiumi alpini Adige, Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta. Essi hanno infatti ripetutamente cambiato percorso a valle del loro sbocco montano interessando aree molto ampie. Si sono così formati sistemi sedimentari allungati fino al mare di notevole estensione areale (Figura 4.8) caratterizzati da una notevole selezione granulometrica dei sedimenti che da monte a valle passano da ghiaie a sabbie a limi e infine argille. Esaminando la Figura 4.8 si evince che l'area di studio è caratterizzata dall'unità deposizionale del fiume Adige. Il tracciato ferroviario in progetto

si sviluppa all'interno del grande conoide dell'Adige, il quale risulta sovrainciso e terrazzato per l'azione erosiva degli alvei wurmiani ed attuali del fiume.

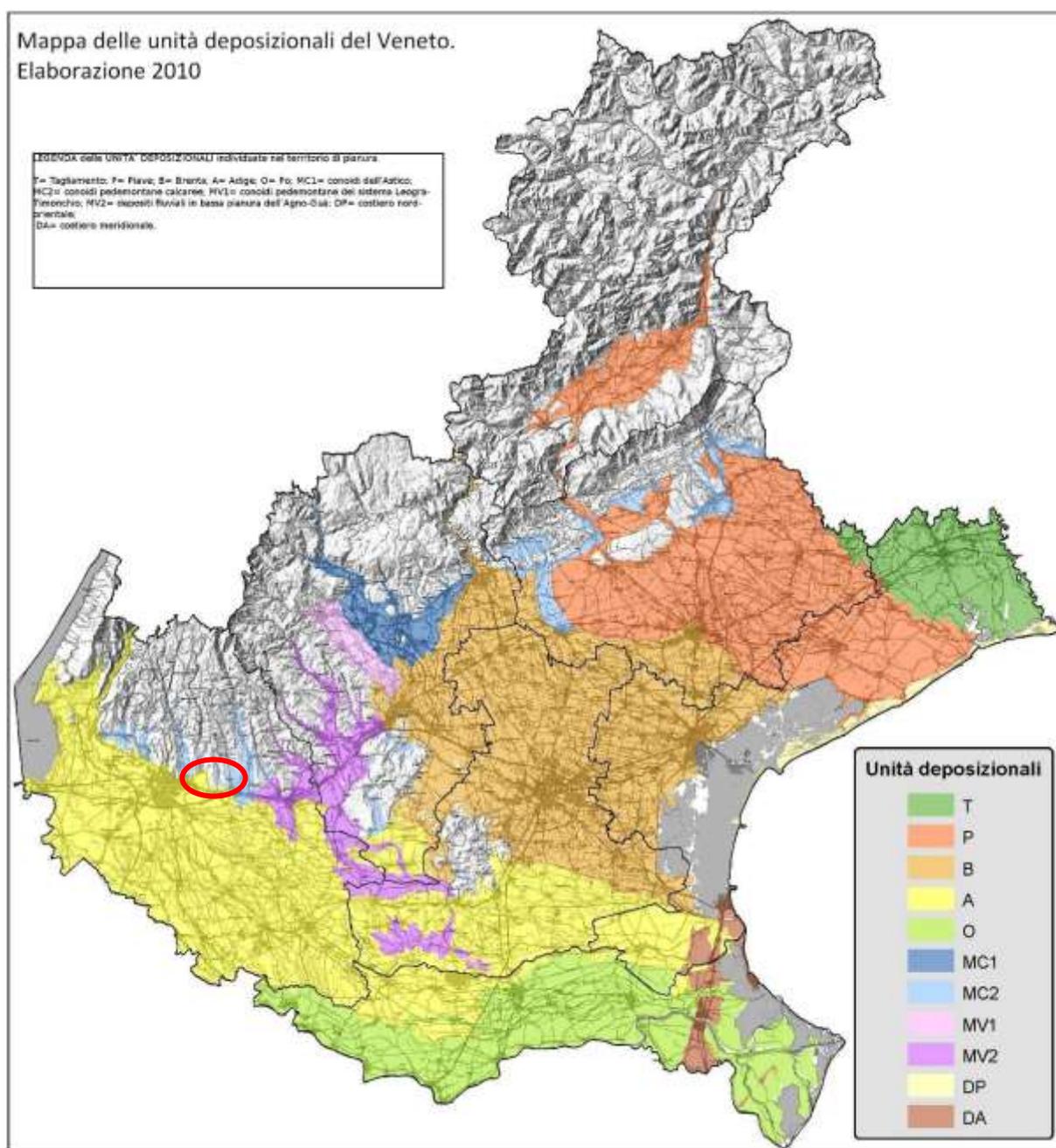


Figura 4.8 - Mappa delle unità deposizionali del Veneto (ARPAV, 2010). L'area di interesse è caratterizzata dall'unità deposizionale A=Adige.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 20 di 64

4.3.3 Inquadramento idrogeologico

L'elemento idrografico principale del territorio di interesse e dell'intero territorio Veronese è rappresentato dal Fiume Adige, il cui alveo attuale scorre con direzione NW-SE con un corso piuttosto rettilineo e ben definito, fatta eccezione per alcuni meandri nella zona di Verona. Il territorio è interessato da numerosi scoli e canali i cui alvei sono stati spesso modificati e rettificati sia per esigenze di sviluppo urbanistico sia per l'uso agricolo.

Bacino idrogeologico dell'Alta Pianura Veronese (VRA)

Il sottosuolo dell'Alta Pianura Veronese è costituito prevalentemente da materiali sciolti a granulometria grossolana, ghiaioso-sabbiosi, di origine fluvioglaciale, depositati dal fiume Adige e dai corsi d'acqua provenienti dalle valli dei Monti Lessini, che hanno costruito grandi conoidi sovrapposte con spessori che raggiungono i 200 metri (Figura 4.9).

Questo materasso ghiaioso con permeabilità media elevata, è caratterizzato da dalla presenza di un unico grande acquifero freatico indifferenziato che, procedendo verso SE si suddivide progressivamente in sistemi di più acquiferi sovrapposti e separati tra loro da livelli di sedimenti fini praticamente impermeabili. Questi livelli a minor permeabilità, assumono notevole importanza nel settore delle risorgive, consentendo nel sottosuolo la strutturazione tipica del sistema multifalde in pressione e l'emergenza dei fontanili (Figura 4.10).

L'intero sistema idrogeologico è alimentato principalmente dalle dispersioni del tratto montano del Fiume Adige (decine di m³/s), dagli afflussi meteorici diretti (la piovosità media del territorio è di circa 950 mm/anno) che determinano un'infiltrazione di circa 300 mm a cui corrisponde una portata media annua di 3-4 m³/s, dalle dispersioni dei corsi d'acqua provenienti dalle valli dei Lessini, ed infine, in misura nettamente inferiore, dalle infiltrazioni provenienti dalle pratiche irrigue (circa 1 m³/s).

Come si evince dalla Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige - Scala 1:30000, che interessa una parte dell'area di interesse, la direzione media del deflusso idrico sotterraneo è NNW-SSE quindi subparallela alla direzione di deflusso del Fiume Adige, mentre il regime della falda è distinto da una sola fase di piena coincidente col periodo ricadente tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno, e da una sola fase di magra all'inizio della primavera. Questo comportamento è analogo a quello del Fiume Adige, con uno sfasamento di circa 2-3 mesi.

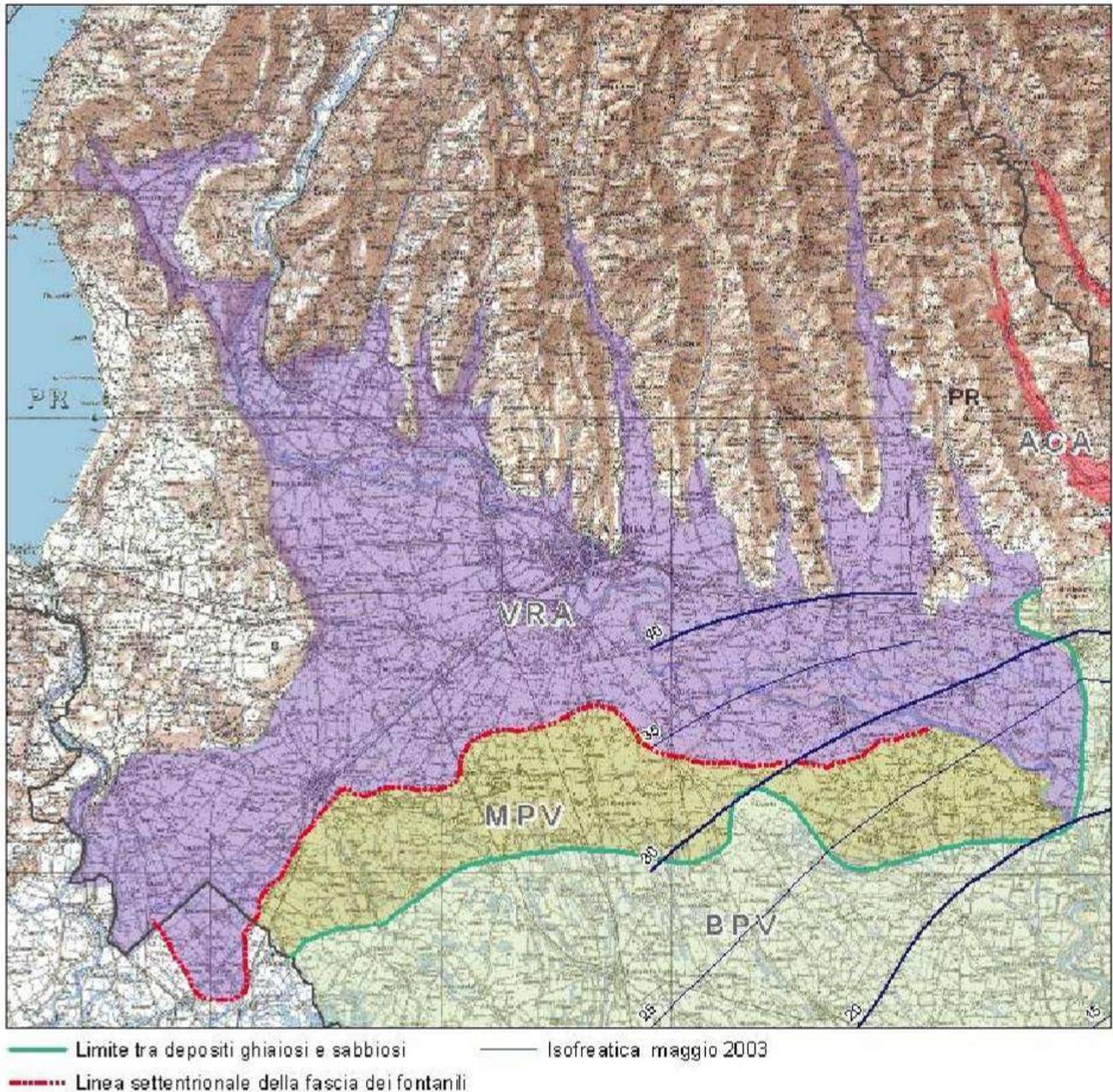


Figura 4.9 - Bacino idrogeologico dell'Alta Pianura Veronese (VRA)

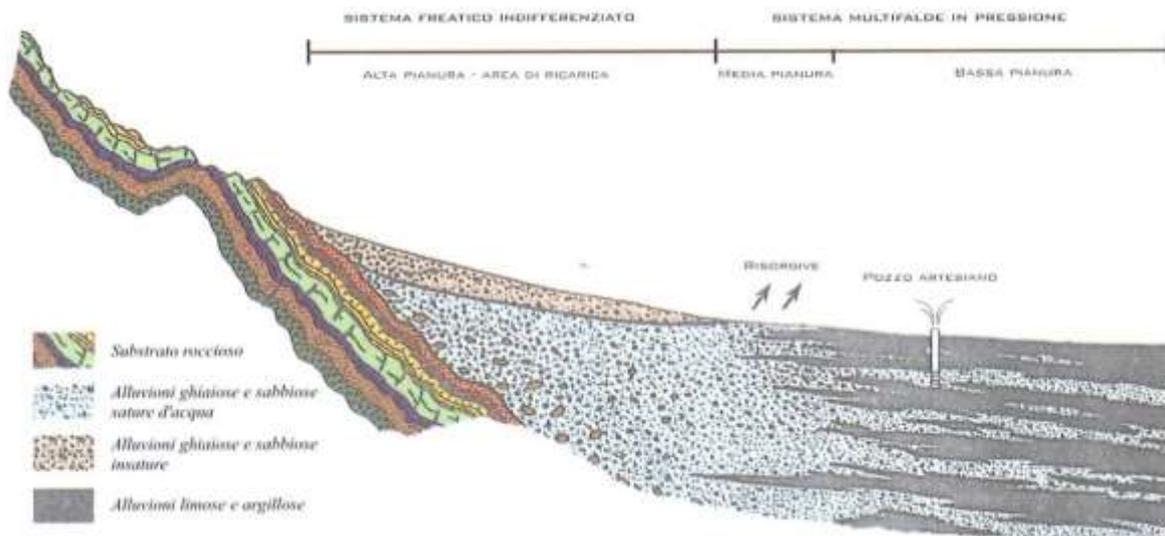


Figura 4.10 - Modello idrogeologico della Pianura Veneta (Prov. VE Serv. Geologico, 2011). Sezione tipo della pianura con direzione N-S. Si distingue la zona dell'Alta Pianura dove avviene la ricarica dell'acquifero, la zona di Media Pianura dove inizia a svilupparsi il sistema multi-falde in pressione e in cui le acque freatiche vengono a giorno (fascia delle risorgive), ed infine la zona di Bassa Pianura.

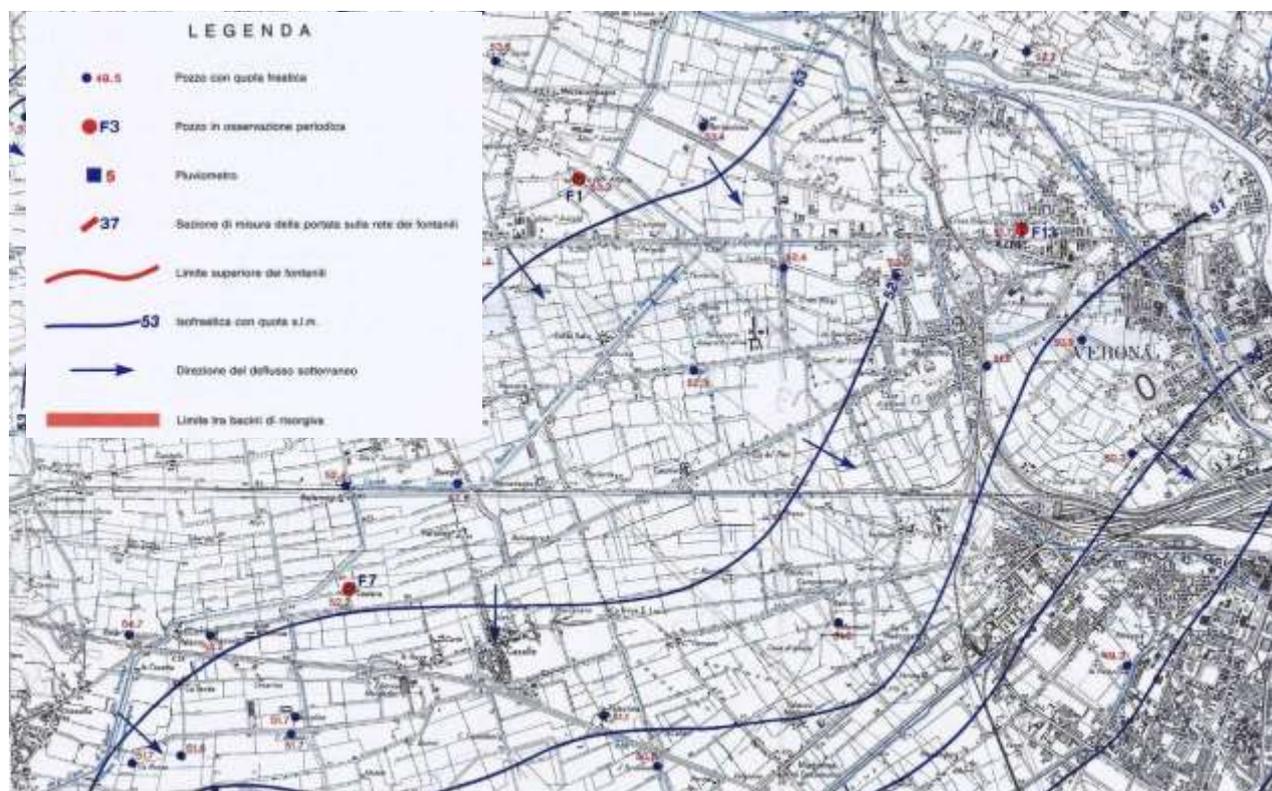


Figura 4.11 - CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE, A. Dal Prà e P. De Rossi – scala 1:30000 (stralcio non in scala)

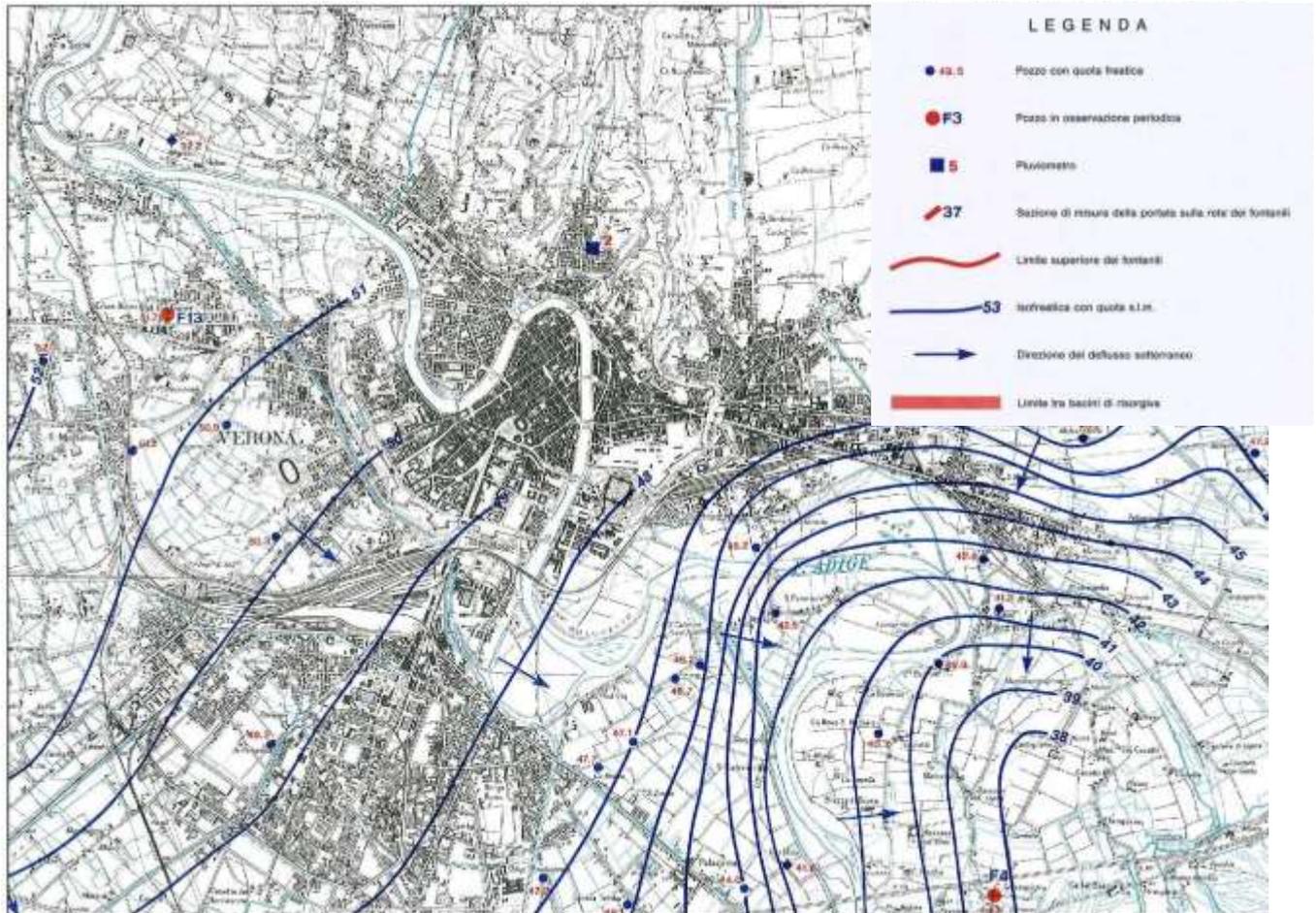


Figura 4.12 - CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE, A. Dal Prà e P. De Rossi – scala 1:30000 (stralcio non in scala)

Definizione della piezometrica

In riferimento al rilevamento piezometrico effettuato nel marzo 2021, le cui risultanze appaiono sostanzialmente in accordo con le misurazioni disponibili per gli anni pregressi e con la cartografia idrogeologica disponibile; la falda freatica si colloca alla quota di circa 50 m s.l.m. ed il livello risulta sostanzialmente inalterato per tutto lo sviluppo dell'opera in oggetto (7 km circa).

In riferimento al piano campagna la stessa si rinviene a circa 34 m di profondità nella porzione più ad ovest dell'area in corrispondenza dell'autostrada del Brennero e a circa 20 m di profondità nei pressi della stazione ferroviaria Verona Porta Nuova.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
	Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A

4.3.4 Cartografia del piano stralcio per l'assetto idrogeologico

Si segnala che, in riferimento al Piano Stralcio per la tutela dal Rischio Idrogeologico Bacino dell'Adige (PAI), presa d'atto del Comitato Istituzionale Permanente con delibera n. 5/2018 del 27 dicembre 2018 del parere favorevole del decreto segretariale n.100 del 7 dicembre 2018 (avviso di presa d'atto del progetto di variante e adozione delle misure di salvaguardia, per estratto, nella Gazz. Uff. n. 124 del 29/05/2019). Ai sensi dell'art. 65, comma 7 del D.Lgs 3 aprile 2006, n.152 e s.m.i. le Norme di Attuazione della 3^a Variante e la relativa cartografia costituiscono misure di salvaguardia e sono entrate in vigore il giorno successivo alla pubblicazione della delibera nella Gazzetta Ufficiale, nell'area interessata dal progetto ferroviario di ingresso Verona Ovest, non sono presenti aree a rischio idrogeologico.

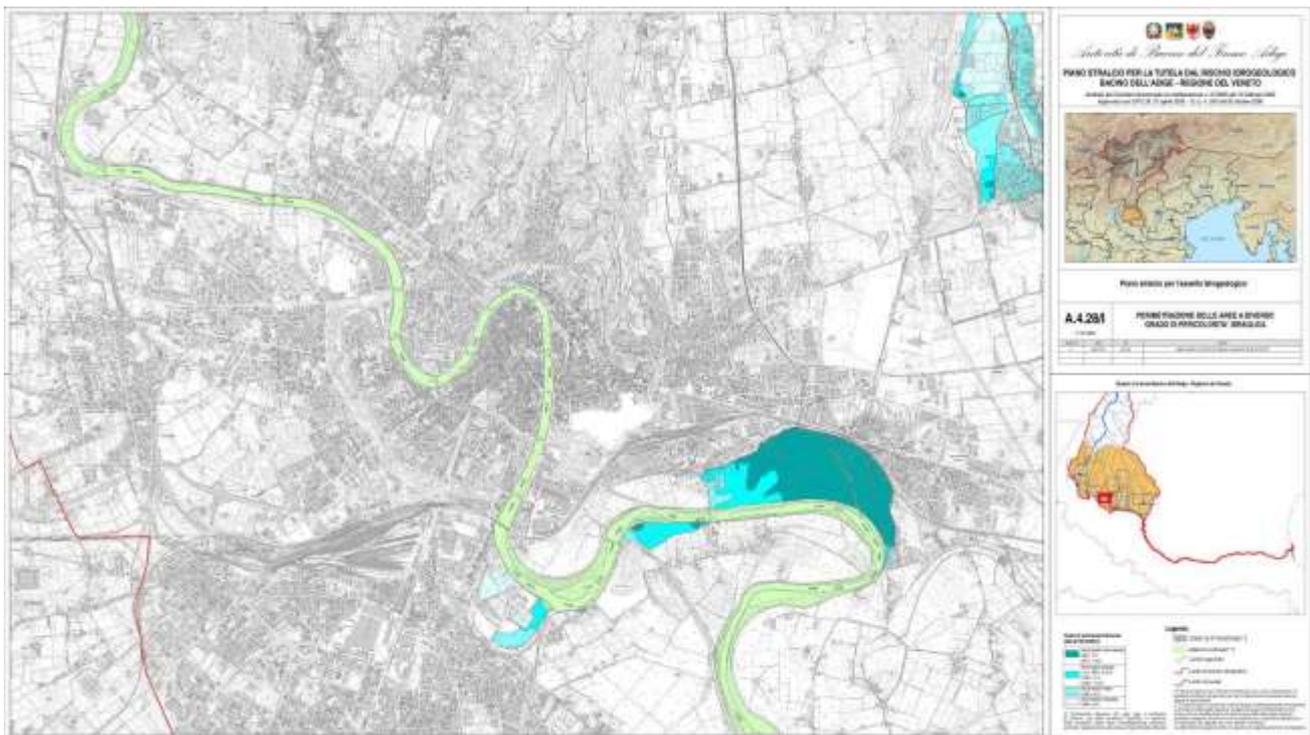


Figura 4.13 - Tavola A.4.28/I Perimetrazione delle aree a diverso grado di pericolosità idraulica

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

4.4.1 Siti contaminati e potenzialmente contaminati

Dalla consultazione del Geoportale (mappa dei siti potenzialmente contaminati) e dei dati territoriali della Regione Veneto aggiornato al 2020 e reperibile tramite il link: <http://geomap.arpa.veneto.it/maps/90/view>; è emerso che l'intervento in progetto (in tutte le sue aree), non interferisce con siti contaminati e/o potenzialmente contaminati censiti nell'anagrafe regionale come esplicitato nelle figure e tabelle che seguono.

I siti individuati sono ubicati tutti ad una distanza maggiore di 250 metri dalle aree di cantiere/lavoro più vicine, distanza ritenuta tale da non interferire con gli interventi di progetto.



Figura 4.14 - Localizzazione dell'area di intervento rispetto ai siti contaminati censiti nell'anagrafe regionale.

Cod. Regionale	Nome sito	Comune	Tipo contaminazione	Tipologia	Esito procedimento	Procedura	Area	Distanza dalle opere di progetto
05VR003200	Area ex Cartiere di Verona	Verona	Attività industriale/commerciale	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	125035	0,5

Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 26 di 64
--	-------------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

05VR000200	Area ex Gasometro	Verona	Attività industriale/commerciale	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	20528	2,2
05VR9PRB09	Area ex Arsenale Austriaco di Verona	Verona	Siti militari	Siti a uso verde pubblico, privato e residenziale	Attivo	Ordinaria	67759	2,1
05VR002400	ESSO Italiana S.r.l. - p.v.f. 2254 (dismesso)	Verona	Punti vendita e depositi carburante	Siti a uso industriale o commerciale	Concluso	Ordinaria	1093	2,8
05VR002500	ENI S.p.A. - p.v. 56057	Verona	Punti vendita e depositi carburante	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	641	2,9
05VR005300	TAMOIL p.v. 1657	Verona	Punti vendita e depositi carburante	Siti a uso industriale o commerciale	Concluso	Ordinaria	774	2,7
05VR004500	Quattro A s.a.s. di Adami Loris & C	Villafranca di Verona	Attività industriale/commerciale	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	1797	3,8
05VR003300	Ex cava MARCHI c/o Aeroporto "V.CATULLO" di Verona	Villafranca di Verona	Rifiuti urbani	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	14981	2,7
05VR005600	Ex Cava SIBERIE	Sommacampagna	Rifiuti industriali	Siti ad uso agricolo	Concluso	Ordinaria	57991	2,9
05VR005700	Comune di Verona - Area ex ETI	Verona	Attività industriale/commerciale	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	30177	0,2

Tabella 4.1 - Siti censiti in anagrafe regionale limitrofi alle aree di progetto.

4.4.2 Analisi sull'uso pregresso del sito

Le applicazioni di Google Earth ed il Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente mettono a disposizione dell'utenza foto aeree/satellitari ed ortofoto acquisite dal 1988 ad oggi. Attraverso l'utilizzo di questi dati, è possibile fornire un inquadramento storico delle aree di interesse, al fine di verificare eventuali attività e criticità ambientali storiche.

Si riportano quindi di seguito le fotografie raccolte in ordine cronologico dalle quali è possibile notare come l'area di progetto non ha subito modifiche sostanziali nel corso degli anni. Non si rilevano criticità ambientali.



Figura 4.15 - Inquadramento satellitare 2020.



Figura 4.16 Inquadramento satellitare 2018



Figura 4.17 Inquadramento satellitare 2017



Figura 4.18 Inquadramento satellitare 2015



Figura 4.19 Inquadramento satellitare 2014



Figura 4.20 Inquadramento satellitare 2012



Figura 4.21 Inquadramento satellitare 2009



Figura 4.22 Inquadramento satellitare 2007



Figura 4.23 Inquadramento satellitare 2004

4.4.3 Valutazioni dell'interferenza

A seguito della verifica della possibile interferenza degli interventi in progetto con eventuali siti contaminati o potenzialmente contaminati, in base alla banca dati regionale, è possibile evidenziare che nessuno degli interventi interferisce con procedimento ambientale attivo.

Al fine comunque di acquisire maggiori informazioni sui siti individuati ed eventualmente ulteriori integrazioni di dati in possesso degli Enti, in via cautelativa, in data 30/09/2021, per via PEC, è stata avviata la richiesta di accesso agli atti alla Regione Veneto, di cui si riporta in allegato 1 la documentazione inviata.

Interferenza con opere di progetto

Nel presente paragrafo l'analisi è volta alla individuazione delle possibili interferenze tra le opere di progetto e i siti individuati e censiti nell'anagrafe regionale.

A seguito della ricognizione effettuata è possibile rilevare che nessuno degli interventi è ubicato ad una distanza tale da interferire con i siti contaminati e potenzialmente contaminati censiti nell'anagrafe regionale; tutti i siti, infatti, sono ubicati ad una distanza superiore ad 1 km dalle opere di progetto, a meno del sito 05VR003200, ubicato a 500 metri dalle opere di progetto.

In merito ai dettagli riguardo la tipologia degli interventi di bonifica o messa in sicurezza, l'estensione della sorgente di ciascuna matrice potenzialmente contaminata e le stesse matrici interessate, si rimane in attesa di ricevere ulteriori dettagli e informazioni dagli Enti competenti al fine di definire potenziali ed eventuali criticità per le successive fasi progettuali.



Figura 4.24 - Localizzazione delle aree di progetto (in blu) rispetto ai siti contaminati censiti nell'anagrafe regionale

Interferenza con aree di cantiere

Nel presente paragrafo si vanno a identificare le eventuali interferenze tra le aree di cantiere e i siti individuati e censiti nell'anagrafe regionale.

Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico generale dove vengono visualizzate tutte le aree di cantiere e tutti i siti individuati e uno stralcio planimetrico di dettaglio dove vengono localizzati i siti ubicati a distanza inferiore di 500 metri dalle aree di cantiere:

- **05VR005700** ubicato a 250 metri dal cantiere CA – CO_Cantiere Operativo;

- **05VR003200** ubicato a 500 metri dal cantiere CA – CO_Cantiere Operativo e dall'Area Tecnica CA-AT.

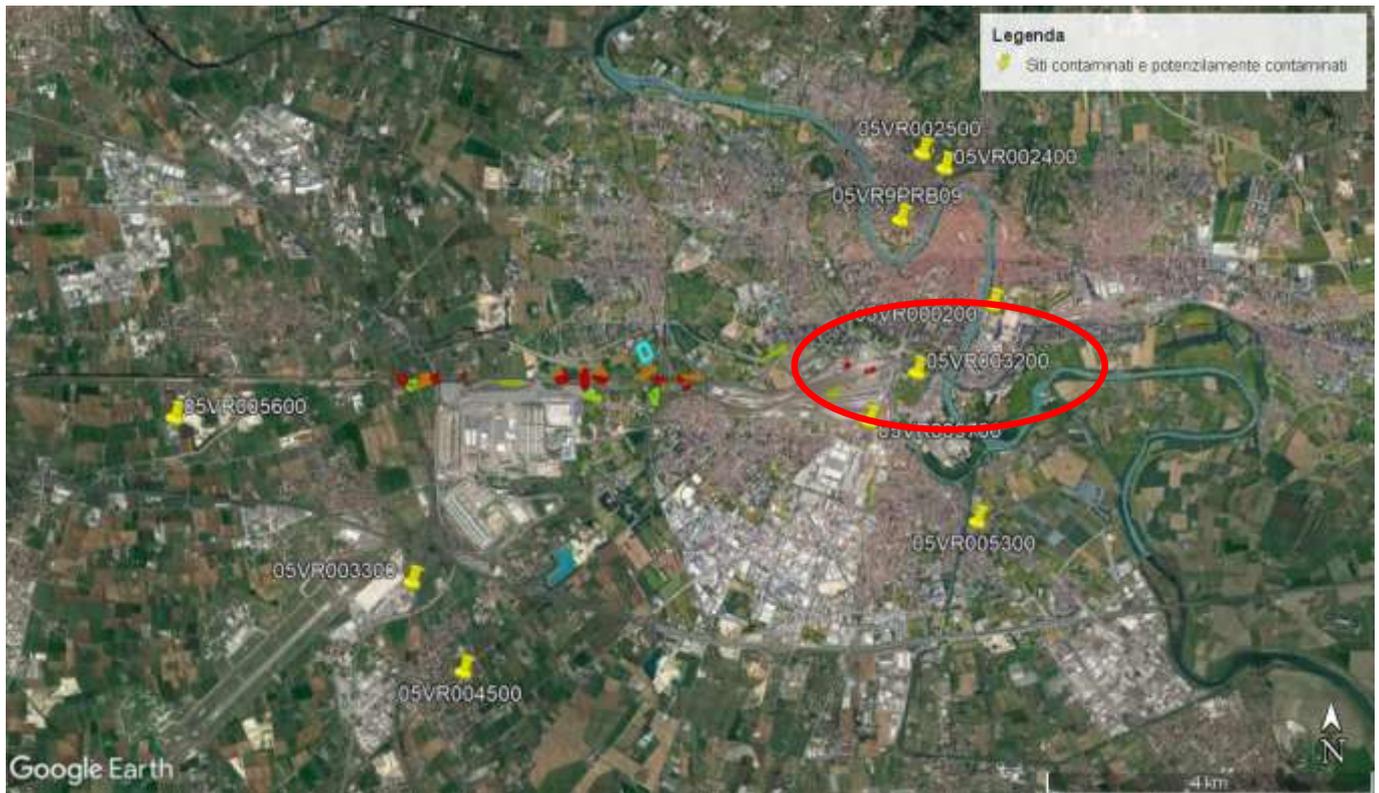


Figura 4.25 - Localizzazione delle aree di cantiere rispetto ai siti contaminati censiti nell'anagrafe regionale, cerchiati in rosso i siti ubicati ad una distanza inferiore di 500 metri dalle aree di cantiere



Figura 4.26 - Localizzazione delle aree di cantiere rispetto ai siti contaminati censiti nell'anagrafe regionale ubicati ad una distanza inferiore di 500 metri

4.5 CAMPIONAMENTO ED ANALISI

Al fine di definire le corrette modalità di gestione dei materiali di risulta che verranno movimentati per la realizzazione delle opere in progetto e che si prevede di non riutilizzare nell'ambito delle lavorazioni, è stata eseguita una campagna di indagini ambientali dei terreni nelle aree oggetto di intervento, previo censimento dei siti contaminati e potenzialmente contaminati eventualmente interferenti con tali opere e descritti sopra.

Nel correlato elaborato "IN1010D69SHTA0000001A_PUT-SCHEDA SITI DI PRODUZIONE" si riportano la rappresentazione grafica dei punti di campionamento, le tabelle riepilogative e relativi rapporti di prova delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte.

4.5.1 Indagini ambientali sui terreni lungo linea

Nel dettaglio sono stati prelevati:

- n. 22 campioni di terre e rocce da scavo (da cassetta catalogatrice) prelevati in corrispondenza dei punti riportati in Tabella 1, per successiva caratterizzazione ambientale secondo quanto previsto dalla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017 e confronto con i limiti della Tab. 1 All. 5 al Titolo V della Parte IV D.Lgs 152/06 e s.m.i.;

ID sondaggio	Spessore da campionare		
S4	-	da -2 m a -3 m	da -3,5 m a -4,5 m
S8	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
S10	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
S11	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
S13	da 0 m a -1 m	da -2,4 m a -3,4 m	da -4 m a -5 m
S20	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
S22	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
S23	-	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m

Tabella 4.2 - Punti di prelievo terreni - sondaggi

Nello specifico le indagini previste si sono svolte mediante il prelievo e le successive analisi di laboratorio di campioni di terreni/materiali di scavo, prelevati all'interno delle aree oggetto di intervento, in corrispondenza dei tratti interessati dalla movimentazione e rimozione dei materiali stessi, ai fini della corretta gestione ai sensi del D.P.R. 120/2017 e della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.; in particolare sono state eseguite le seguenti analisi:

- Caratterizzazione ambientale dei terreni al fine di verificare il rispetto dei limiti di cui alla Colonna A e B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e all'Allegato 2, Art. 3 del DM 46/2019 (per i campioni di terreno prelevati in corrispondenza delle aree AS);

Determinazioni analitiche

Il Laboratorio C.A.D.A. snc ha effettuato le prove analitiche in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 in quanto le stesse risultano accreditate da Accredia con il numero 0439 L.

Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10 D 69	RG	TA0000002	A	36 di 64

I campioni di terreno sono stati prelevati nelle date dal 6 al 9 settembre 2021

Nella tabella seguente è riportato l'elenco dei parametri analizzati e l'indicazione del metodo di analisi utilizzato.

Accettazione	Tipologia	Denominazione campione
2145533-007	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S4 da -2 m a -3 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-008	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S4 da -3,5 m a -4,5 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-009	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S8 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-010	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S8 da -2 m a -3 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-011	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S8 da -4 m a -5 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-012	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S10 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-013	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S10 da -2 m a -3 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-014	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S10 da -4 m a -5 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-015	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S11 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-016	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S11 da -2 m a -3 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-017	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S11 da -4 m a -5 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-018	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S13 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-019	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S13 da -2,4 m a -3,4 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-020	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S13 da -4 m a -5 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-021	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S20 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-022	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S20 da -2 m a -3 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-023	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S20 da -4 m a -5 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-024	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S22 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-025	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S22 da -2 m a -3 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-026	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S22 da -4 m a -5 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest



PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE
TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI
VERONA: INGRESSO VERONA OVEST

Piano di utilizzo dei materiali di scavo
Relazione Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10 D 69	RG	TA0000002	A	37 di 64

Accettazione	Tipologia	Denominazione campione
		ingresso Ovest
2145533-028	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S23 da -2 m a -3 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest
2145533-029	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio S23 da -4 m a -5 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest

Tabella 4.3 - Set analitico caratterizzazione ambientale terre (DM 161/2012)

5 METODICHE DI SCAVO, ANALISI E OPERAZIONI SUI SOTTOPRODOTTI

5.1 TECNICHE DI SCAVO

Le opere che comportano attività di scavo dalle quali verranno prodotti i materiali di risulta oggetto del presente documento, sono principalmente i viadotti, gallerie e trincee. In misura minore, invece, comporteranno la produzione di materiali di scavo opere quali rilevati, viabilità e opere idrauliche.

5.1.1 Scavo Tradizionale

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

5.1.2 Fondazioni e opere di sostegno

Le opere di fondazione comportano attività di perforazione eseguite anche mediante l'utilizzo di fanghi bentonitici (esecuzione pali trivellati e diaframmi) che non comporteranno alcuna modificazione delle caratteristiche di base dei materiali scavati. Nello specifico, la realizzazione dei diaframmi funzionali alle fondazioni delle opere d'arte mediante l'aggiunta di bentonite verrà eseguita tramite idrofresa con annesso sistema di filtropressa: il materiale scavato in uscita dal processo di produzione (idrofresa+filtropressa), pertanto, presenterà già i requisiti merceologici e prestazionali, oltreché ambientali, per poter essere gestito in qualità di sottoprodotto. A tal proposito si rimanda all'Allegato 3 "Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile", redatto da GEEG, startup di "La Sapienza" Università di Roma.

5.2 QUADRO DEI MATERIALI DI SCAVO PRODOTTI

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



PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE
TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI
VERONA: INGRESSO VERONA OVEST

Piano di utilizzo dei materiali di scavo
Relazione Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10 D 69	RG	TA0000002	A	39 di 64

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

In particolare, sulla base dei risultati ottenuti a seguito delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte nel mese di settembre 2021 e delle caratteristiche geotecniche dei materiali scavati, gli interventi necessari alla realizzazione del progetto in questione saranno caratterizzati dai seguenti flussi di materiale.

La realizzazione delle opere previste, determina la produzione complessiva di circa **653.933 mc** di materiale, di cui **605.234 mc** provenienti dalle attività di scavo e **48.690 mc** dal ballast.

Rispetto al volume totale di materiali prodotti circa **587.477 mc** verranno riutilizzati in qualità di sottoprodotti, così suddivisi:

- **216.919 mc** per il riutilizzo interno;
- **370.558 mc** per il riutilizzo esterno.

La realizzazione delle opere previste prevederà il conferimento presso l'esterno di circa **57.573 mc** di materiale, in qualità di rifiuto (**48.690 mc** assimilabili a ballast e **8.883 mc** come terre e rocce da scavo).

5.3 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, 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 MATTM 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 dal DM 161/2012.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 40 di 64

5.3.1 Modalità di caratterizzazione dei materiali di scavo

Il DM 161/2012 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 del medesimo DM.

In riferimento alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, i materiali di scavo prodotti dalla realizzazione delle opere previste dal Progetto Definitivo 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 DM 161/2012, le caratterizzazioni in corso d’opera potrebbero essere eseguite presso opportune “piazzole di caratterizzazione” e non necessariamente in corrispondenza delle aree di stoccaggio/siti di deposito in attesa di utilizzo.

Come prescritto dal DM 161/2012, 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.

Il campionamento, come previsto dallo stesso Allegato 2 al DM 161/2012, 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.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
	Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A

In riferimento ai volumi di terre da scavo stimati, si riporta di seguito una tabella riepilogativa del numero di cumuli che si prevede di produrre.

VERONA OVEST	TOTALE SOTTOPRODOTTI [mc]	NUMERO CUMULI
		[1 ogni 5.000 mc]
TOTALE	587.477	118

Tabella 5.1 - Tabella riepilogativa cumuli di materiali di scavo [1 ogni 5.000 mc]

Rispetto ai **n. 118** 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 = 118 cumuli realizzabili dall'intera massa di materiali di scavo da verificare per le opere all'aperto si prevede di analizzarne m ~ 25.

Sulla base di quanto riportato nell'Allegato 4 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali" del D DM 161/2012, 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 al DM 161/2012.

Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 42 di 64
--	-------------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

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 DM 161/2012, 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 verifichino 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.

5.3.2 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 A), o ai valori di fondo naturali.

Si ricorda che secondo quanto previsto dal DM 161/2012, *i materiali da scavo sono utilizzabili per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali:*

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

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

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 43 di 64

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.

5.3.3 Trattamenti di 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 all'interno dell'opera saranno sottoposti alle seguenti operazioni di normale pratica industriale:

- la selezione granulometrica del materiale da scavo mediante vagliatura, per tutti i materiali provenienti dagli scavi da reimpiegare internamente (in stessa o in altra wbs) per la realizzazione di rilevati/rinterri/riempimenti; la vagliatura avverrà all'interno delle aree di cantiere;
- la riduzione volumetrica mediante frantumazione, per tutti i materiali provenienti dagli scavi delle opere in sotterraneo da reimpiegare internamente (in stessa o in altra wbs) per la realizzazione di rilevati/rinterri/riempimenti; la frantumazione avverrà mediante l'utilizzo di un frantoio mobile da posizionare all'interno delle aree di cantiere.

5.3.4 Monitoraggio ambientale connesso al piano di utilizzo (CO)

Sulla base di quanto usualmente richiesto dal MATTM 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;

Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 44 di 64
--	-------------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

- 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 DM 161/2012 e delle modalità realizzative generali descritte nel Piano di Utilizzo, al fine di evitare eventuali fenomeni di contaminazione delle falde idriche sotterranee si prevede di eseguire il monitoraggio in Corso d'Opera (CO) delle **acque superficiali di ruscellamento e percolazione** provenienti dalle aree di stoccaggio dei materiali di scavo. In particolare, rimandando per i dettagli all'approfondimento da eseguirsi in fase di Progetto Esecutivo, si prevede di procedere al campionamento ed analisi delle acque di percolazione dalle aree di deposito in attesa di utilizzo unicamente nei casi in cui ne sia prevista la dispersione al suolo mediante la realizzazione di pozzetti perdenti, mentre nei casi in cui si prevedono sistemi di captazione delle acque di ruscellamento superficiale e successivo scarico – in fognatura o in corpo idrico superficiale – dovrà essere rispettato quanto previsto dalla normativa ambientale vigente nonché quanto eventualmente prescritto dagli Enti titolari dei procedimenti autorizzativi relativi a tali scarichi. Ad ogni modo, le tipologie di campionature e di analisi periodiche, nonché le normative di riferimento saranno preventivamente concordate con il servizio ARPA di competenza, così come le circostanze e casistiche in cui sarà eventualmente necessario rinfittire i campionamenti.

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

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
	Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A

6 SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO

6.1 DEPOSITO INTERMEDIO

6.1.1 Sistema di cantierizzazione

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

- **cantiere base:** fungono da supporto logistico per tutte le attività relative alla realizzazione degli interventi in oggetto;
- **cantiere operativo:** contiene gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere;
- **aree tecniche:** risultano essere quei cantieri funzionali in particolare alla realizzazione di singole opere (viadotti, cavalcaferrovia, opere di imbocco). Al loro interno sono contenuti gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere;
- **aree di stoccaggio:** sono quelle aree di cantiere destinate allo stoccaggio del materiale proveniente da scotico, scavi, demolizioni, ecc., in attesa di eventuale caratterizzazione chimica e successivo allontanamento per riutilizzo in cantiere, conferimento a siti esterni per attività di rimodellamento o recupero/smaltimento presso impianti esterni autorizzati;
- **cantieri armamento:** tali aree sono di supporto alla esecuzione dei lavori di armamento ed attrezzaggio tecnologico della linea.

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

- disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- lontananza da ricettori critici e da aree densamente abitate;
- facile collegamento con la viabilità esistente;
- minimizzazione del consumo di territorio;
- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico.
- riduzione al minimo delle interferenze con il patrimonio culturale esistente.

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

Campi Base		Cantieri Operativi		Aree Tecniche		Aree di stoccaggio		Cantiere AM/TE/IS	
ID	Sup (mq)	ID	Sup (mq)	ID	Sup (mq)	ID	Sup (mq)	ID	Sup (mq)
CB.01	23.100	CO.01	9.600	AT.00	8.750	AS.01	2.200	CA.01	1.180
				AT.01	2.200				
				AT.02	2.200	AS.02	5.600		
				AT.03	800				
				AT.16	2.800				
				AT.17	5.640				
		CO.02	9.300	AT.04	7.300	AS.03	2.800	CA.02	3.100
				AT.05	5.900	AS.04	6.600		
				AT.06	5.500	AS.05	6.100		
				AT.07	3.400	AS.06	11.400		
		CO.03.a CO.03.b	4.300 5.100	AT.08	2.000				
				AT.09	1.000	AS.07	6.300		
		AT.10	620						
		AT.11	1.800						
CO.04	5.400	AT.15	2.100	AS.08	3.800	CA.03	5.640		
		AT.18	2.050						
		AT.12	1.400						
				AT.13	650				
				AT.14	940				

Tabella 6.1 Tabella riepilogativa aree di cantiere

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

- scotico del terreno vegetale (quando necessario), con relativa rimozione e accatastamento o sui bordi dell'area per creare una barriera visiva e/o antirumore o stoccaggio in siti idonei a ciò destinati (il terreno scotico dovrà essere conservato secondo modalità agronomiche specifiche);
- formazioni di piazzali con materiali inerti ed eventuale trattamento o pavimentazione delle zone maggiormente soggette a traffico (questa fase può anche comportare attività di scavo, sbancamento, riporto, rimodellazione);
- delimitazione dell'area con idonea recinzione e cancelli di ingresso;
- predisposizione degli allacciamenti alle reti dei pubblici servizi;
- realizzazione delle reti di distribuzione interna al campo (energia elettrica, rete di terra e contro le scariche atmosferiche, impianto di illuminazione esterna, reti acqua potabile e industriale, fognature, telefoni, gas, ecc.) e dei relativi impianti;
- eventuale perforazione di pozzi per l'approvvigionamento dell'acqua industriale.
- costruzione dei basamenti di impianti e fabbricati;
- montaggio dei capannoni prefabbricati e degli impianti.

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

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

Nella tabella seguente sono riepilogate le aree di cantiere identificate **come siti di deposito intermedio** e che si prevede anche 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.

Codice area di deposito terre	Comune
AS.01	Verona
AS.02	Verona
AS.03	Verona
AS.04	Verona
AS.05	Verona
AS.06	Verona
AS.07	Verona
AS.08	Verona

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



PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE
TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI
VERONA: INGRESSO VERONA OVEST

Piano di utilizzo dei materiali di scavo
Relazione Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10 D 69	RG	TA0000002	A	48 di 64

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

Al fine di fornire un quadro completo delle caratteristiche delle aree di deposito terre all'interno delle quali verranno allocati i materiali in attesa di caratterizzazione e di utilizzo finale, così come per i siti di produzione, sono state prodotte delle schede cartografiche riportanti per ogni deposito terre/cantiere (**IN1010D69SHTA0000002A – PIANO DI UTILIZZO – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO**) 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.

Piano di campionamento e analisi:

- descrizione delle indagini svolte e delle modalità di esecuzione;
- localizzazione dei punti mediante planimetrie;

- elenco delle sostanze ricercate;
- descrizione delle metodiche analitiche e dei relativi limiti di quantificazione.

6.1.2 Modalità di deposito dei materiali di scavo

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

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

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

Si precisa che le aree di cui sopra saranno utilizzate anche per il deposito di quei materiali che verranno riutilizzati per le attività di rimodellamento morfologico di siti esterni 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.

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

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

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

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 50 di 64

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.

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

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

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

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

All'interno delle aree i materiali depositati da gestire in qualità di sottoprodotto saranno suddivisi in cumuli; la tracciabilità sarà assicurata avendo cura di utilizzare sistemi identificativi di ogni cumulo (cartellonistica), al fine di poterne rintracciare la tipologia e, inoltre, il sito e la lavorazione (WBS) di provenienza.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 51 di 64

6.1.3 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) ed, infine, a quelli di utilizzo finali (WBS interne al progetto e siti di destinazione finale).

Nel caso in cui si renda necessario impegnare la viabilità esterna al cantiere, il trasporto del materiale escavato sarà accompagnato dal Documento di Trasporto.

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

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

Negli elaborati specialistici **IN1010D69SHTA0000002A – PIANO DI UTILIZZO – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO** si riportano le corografie 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.

6.2 CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO

Nel corso delle attività di progettazione definitiva, in aggiunta a quanto sopra, seppur non esplicitamente richiesto dal DM 161/2012, sulla base di quanto usualmente richiesto dal MATTM nell'ambito degli iter autorizzativi dei precedenti PUT approvati e proposti dalla scrivente sono stati caratterizzati tutti i siti di deposito in attesa di utilizzo intermedio mediante il prelievo ed analisi di campioni dello strato superficiale, conformemente ai criteri di caratterizzazione previsti dal DM 161/2012.

Le attività di campo hanno visto anche il prelievo di n. 16 campioni di terreno rappresentativi dei primi 100 cm sulle aree di deposito intermedio.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
	Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A

I campioni prelevati, di cui alla Tabella 6.2, sono stati sottoposti a caratterizzazione ambientale secondo quanto previsto dalla Tabella 4.1 del DM 161/2012 e confronto con i limiti della Tab. 1 All. 5 al Titolo V della Parte IV D.Lgs 152/06 e s.m.i. e con i limiti di cui al Decreto 1 marzo 2019 n. 46.

<i>PD Nodo Verona ingresso Ovest</i> <i>Aree AS</i>	<i>denominazione punti</i>	<i>Spessore da</i> <i>campionare</i>	<i>n. campioni per</i> <i>area</i>
AS.01	da AS.01.1 a AS.01.3	da 0 m a -1 m	3
AS.02	da AS.02.1 a AS.02.5	da 0 m a -1 m	5
AS.03	da AS.03.1 a AS.03.4	da 0 m a -1 m	4
AS.04	da AS.04.1 a AS.04.4	da 0 m a -1 m	4

Tabella 6.2 - Punti di prelievo Terreni – Aree AS

Si precisa che le aree da AS.05 ad AS.08, previste dagli elaborati progettuali, non sono state caratterizzate poiché in parte costituite da piazzali cementati, in parte per via dell'inaccessibilità dovuta alla fitta vegetazione e ancora per l'indisponibilità ad accedere all'area da parte dei proprietari.

Nelle seguenti tabelle si riporta il riepilogo dei campioni prelevati e il set analitico delle analisi di laboratorio ai quali sono stati sottoposti.

Accettazione	Tipologia	Denominazione campione
2145683-001	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.01.1 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-002	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.01.2 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-003	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.01.3 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-004	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.1 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-005	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.2 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-006	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.3 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-007	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.4 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-008	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.5 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-009	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.03.1 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-010	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.03.2 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-011	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.03.3 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-012	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.03.4 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS

Accettazione	Tipologia	Denominazione campione
2145683-013	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.04.1 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-014	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.04.2 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-015	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.04.3 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS
2145683-016	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.04.4 da 0 m a -1 m" - PD Nodo Verona ingresso Ovest Aree AS

Tabella 6.3 - Riepilogo dei campioni terreni prelevati dalle aree AS

Sui campioni in corrispondenza delle aree di deposito intermedio sono stati ricercati i seguenti parametri macroindicatori delle potenziali contaminazioni presenti nello strato superficiale di terreno a seguito di attività antropica:

Descrizione parametro	Unità di misura	Metodo di analisi
PARAMETRI CHIMICI		
Arsenico	mg/kg	UNI EN ISO 13657:2004 + UNI CEN TS 16170:2016
Cadmio	mg/kg	UNI EN ISO 13657:2004 + UNI CEN TS 16170:2016
Cobalto	mg/kg	UNI EN ISO 13657:2004 + UNI CEN TS 16170:2016
Cromo	mg/kg	UNI EN ISO 13657:2004 + UNI CEN TS 16170:2016
Cromo esavalente (VI)	mg/kg	EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992
Mercurio	mg/kg	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014
Nichel	mg/kg	UNI EN ISO 13657:2004 + UNI CEN TS 16170:2016
Piombo	mg/kg	UNI EN ISO 13657:2004 + UNI CEN TS 16170:2016
Rame	mg/kg	UNI EN ISO 13657:2004 + UNI CEN TS 16170:2016
Zinco	mg/kg	UNI EN ISO 13657:2004 + UNI CEN TS 16170:2016
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		
Benzene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
Etilbenzene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
Stirene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
Toluene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
Xileni	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
Sommatoria composti organici aromatici	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI		
Benzo(a)antracene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Benzo(a)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Crisene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017

Descrizione parametro	Unità di misura	Metodo di analisi
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Indenopirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2017
IDROCARBURI		
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007
ALTRE SOSTANZE		
Amianto SEM (Analisi Quantitativa)	mg/kg	DM 06/09/1994 SO n°129 GU n°220 20/09/1994 All. 1
Amianto SEM (Analisi Qualitativa)	Pres. - Ass.	DM 06/09/1994 SO n°129 GU n°220 20/09/1994 All. 1

Tabella 6.4: Set analitico

I risultati analitici delle indagini eseguite sono risultati conformi con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alla Colonna A (Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale), alla Colonna B (Siti a destinazione d'uso commerciale e industriale), Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06) e, relativamente alle sole aree AS e DT, all'Allegato 2 Art.3 del DM 46/2019.

Inoltre, dalle analisi ambientali è emerso che i parametri analizzati presentano valori conformi ai limiti di quanto previsto nel DM 46/19 per le aree destinate alla produzione agricole e alla Colonna B – Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006.

Nel correlato elaborato **“IN1010D69SHTA0000002A – PIANO DI UTILIZZO – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO”** si riportano la rappresentazione grafica dei punti di campionamento, le tabelle riepilogative e relativi rapporti di prova delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte.

7 SITI DI DEPOSITO FINALE

La realizzazione delle opere previste determina la produzione complessiva di circa **653.933 mc** (in banco) di materiali di risulta.

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

In particolare, in riferimento ai materiali terrigeni, sulla base dei risultati ottenuti a seguito delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte in fase progettuale, delle caratteristiche geotecniche e dei fabbisogni di progetto che ammontano a **301.839 mc**, gli interventi necessari alla realizzazione delle opere saranno caratterizzati dai seguenti flussi di materiale:

- **materiali da scavo da riutilizzare nell'ambito dell'appalto**, che verranno trasportati dai siti di produzione ai siti di deposito terre in attesa di utilizzo, 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 DM 161/2012 ed ammontano a **216.919 mc** (in banco);
- **materiali da scavo da riutilizzare all'esterno dell'appalto**, gestiti ai sensi del DM 161/2012 ed ammontanti a **370.588 mc** (in banco)
- **materiali di risulta in esubero** non riutilizzati nell'ambito delle lavorazioni come sottoprodotti ai sensi del DM 461/2012 e pertanto gestiti in regime rifiuti: tali materiali ammontano a **57.573 mc** (in banco) e saranno gestiti ai sensi della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

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

PD Verona Ingresso Ovest						
Produzione complessiva [m ³]	Utilizzo in qualità di sottoprodotti [m ³]		Utilizzo esterno in qualità di rifiuti [m ³]		Fabbisogno del progetto [m ³]	Approvvigionamento esterno [m ³]
	Utilizzo interno in qualità di sottoprodotti [m ³]	Utilizzo esterno in qualità di sottoprodotti [m ³]	BALLAST [m ³]	SCAVI/RIPORTI [m ³]		
653.933	216.919	370.558	48.690	8.883	301.839	84.920
	587.477		57.573			

Tabella 7.1: Tabella riassuntiva dei materiali movimentati

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.

7.1 RIUTILIZZO FINALE INTERNO AL PROGETTO

Come anticipato sopra, si prevede di allocare presso i siti di deposito in attesa di utilizzo all'interno delle aree di cantiere e poi riutilizzare nell'ambito delle lavorazioni in qualità di sottoprodotti **216.919 mc** (in banco) di materiali di cui:

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

7.2 RIUTILIZZO FINALE ESTERNO AL PROGETTO

Come anticipato sopra, i materiali di risulta in esubero, non riutilizzati nell'ambito dell'appalto (**370.588 mc** in banco), verranno gestiti come sottoprodotti ai sensi del DM 161/2012 e trasportati dai siti di produzione ai siti di deposito terre e infine ai siti di rimodellamento morfologico individuati

e di seguito riportati, previa verifica del rispetto dei limiti di cui alla Tabella 1, Allegato A alla Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., compatibilmente con la destinazione d'uso futura degli stessi.

Le modalità di individuazione degli idonei siti di conferimento, come meglio dettagliato di seguito, sono state definite sulla base di quanto prescritto dalla normativa ambientale vigente ed in linea con le procedure societarie di riferimento, nonché di quanto adottato anche nell'ambito della predisposizione di progetti analoghi.

Ciò posto si riportano di seguito le diverse attività di individuazione dei siti di conferimento esterni eseguite da Italferr nel corso della Progettazione Definitiva degli interventi ai fini di garantire la certezza dell'utilizzo nel rispetto dei criteri definiti dal DM 161/2012 per la gestione dei materiali di scavo in qualità di sottoprodotti nonché al fine di garantire il rispetto dei principi di legalità e trasparenza.

I siti di destinazione finale delle terre e rocce da scavo sono stati individuati attraverso il coinvolgimento ufficiale e diretto degli Enti/Amministrazioni territorialmente competenti, i quali hanno segnalato i potenziali siti di destinazione ricadenti nelle aree di propria competenza, nonché da un accurato studio delle caratteristiche tecnico-amministrative di ciascun sito di destinazione.

In particolare, in riferimento alle caratteristiche dei materiali di scavo accertate in fase progettuale, con il coinvolgimento ufficiale degli Enti/Amministrazioni territorialmente competenti, sono stati individuati i potenziali siti di conferimento successivamente contattati e selezionati sulla base dei seguenti criteri/caratteristiche di ciascun sito:

- 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.

Nel dettaglio, il numero dei siti da selezionare è stato commisurato - garantendo cautelativamente capienze comunque eccedenti rispetto al fabbisogno desumibile dai dati progettuali - alle volumetrie

di progetto e alle caratteristiche dei siti selezionati per ciascun sito di produzione dei materiali di scavo.

Nel caso specifico, per assicurare una capacità ricettiva in grado di garantire la certezza del sito di destinazione finale per il quantitativo di materiali di scavo stimato (ca **370.558 mc** in banco) per ciascuna tipologia di produzione e per tutta la durata dell'appalto, l'applicazione dei criteri di cui sopra ha permesso di selezionare i seguenti n. **5 siti di destinazione finale** idonei al conferimento dei materiali da scavo, ai sensi del DM 161/2012, considerando le seguenti capacità ricettive:

- *Cava Pilcante Sas, sita nel comune di Ala (TN) – Disponibilità ricettiva di 800.000 mc;*
- *Ala Ripristini Srl, sita nel comune di Ala (TN) – Disponibilità ricettiva di 400.000 mc;*
- *Inerti San Valentino Srl, sita nel comune di Pescantina (VR) – Disponibilità ricettiva di 250.000 mc;*
- *S.E.I. SOCIETA' ESCAVAZIONI, sita nel comune di Sommacampagna (VR) – Disponibilità ricettiva di 450.000 mc;*
- *Cava Casetta Srl, sita nel comune di Sommacampagna (VR) – Disponibilità ricettiva di 100.000 mc.*

I siti sopra descritti, pertanto, posseggono una disponibilità complessiva pari a ca. **2.000.000 mc**, determinando una capacità residua pari a ca. **1.629.442 mc totali** oltre a quella già utilizzata dai conferimenti previsti, che verrà utilizzata quale "polmone" nel caso in cui dovesse rendersi indisponibile uno dei siti individuati o nel caso in cui, a seguito degli approfondimenti tecnici delle successive fasi progettuali, le volumetrie da conferire dovessero risultare superiori rispetto a quelle precedentemente stimate.

Per ognuno dei siti di cui sopra sono state prodotte, in linea con quanto riportato nell'Allegato 5 del DM 161/2012, delle schede descrittive (doc. correlato "**IN1010D69SHTA0000003A – PIANO DI UTILIZZO – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO FINALE**"), contenenti i temi di seguito elencati nonché gli elementi necessari all'implementazione dell'analisi multicriteria di cui sopra:

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 (scala 1:2.000).

Inquadramento urbanistico:

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 59 di 64

- 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.

Piano di campionamento e analisi:

- descrizione delle indagini svolte e delle modalità di esecuzione;
- localizzazione dei punti mediante planimetrie;
- elenco delle sostanze ricercate;
- descrizione delle metodiche analitiche e dei relativi limiti di quantificazione.

Inoltre, per tutti i siti individuati nel PUT, si è proceduto all'elaborazione di ipotesi di abbancamento sito specifiche, mediante manifestazioni d'interesse, mirate sia a rappresentare le caratteristiche degli interventi di ripristino previsti sia a verificare le capacità ricettive dei siti

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. A	FOGLIO 60 di 64

7.3 CARATTERIZZAZIONE DEI SITI DI DEPOSITO FINALE INDIVIDUATI

7.3.1 MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO ED ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE

Conformemente a quanto riportato nel DM 161/2012, i siti di deposito finale sono stati sottoposti ad indagini di caratterizzazione ambientale attraverso il prelievo di campioni rappresentativi da sottoporre alle determinazioni analitiche previsti dal DM 161/2012.

Nel dettaglio sono stati prelevati un totale complessivo di **27** campioni, rappresentativi dei primi 50 cm di terreno, di cui:

- 3 prelevati in corrispondenza del sito di deposito finale Neravalle;
- 3 prelevati in corrispondenza del sito di deposito finale Sabone/Chiesurone;
- 4 prelevati in corrispondenza del sito di deposito finale Cava Cà Cerè;
- 8 prelevati in corrispondenza del sito di deposito finale Cava Corte Betlemme;
- 9 prelevati in corrispondenza del sito di deposito finale Cava Casetta.

Tutti i campioni di cui sopra 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. Una volta prelevati, i campioni, 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 campionamento (catena di custodia).

In riferimento alle analisi eseguite tutti i campioni analizzati risultano conformi rispetto alle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e del DM 46/19 per le aree destinate alla produzione agricole. Nel correlato elaborato **“IN1010D69SHTA0000003A – PIANO DI UTILIZZO – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO FINALE”** si riportano la rappresentazione grafica dei punti di campionamento, le tabelle riepilogative e relativi rapporti di prova delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte.

7.4 EFFICACIA DEL PIANO DI UTILIZZO

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

In **Allegato 2** si riporta il cronoprogramma completo delle attività secondo quanto previsto dal Progetto Definitivo.

Pertanto, si ritiene che la durata del Piano di Utilizzo, di cui al DM 161/2012, possa essere fissata pari a 1.527 giorni naturali e consecutivi (**4 anni e 3 mesi circa**).

L'avvenuto utilizzo del materiale da scavo sarà attestato mediante apposita *Dichiarazione di avvenuto utilizzo (D.A.U.)*, redatta in conformità al DM 161/2012 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 e Tabella di
Riutilizzo**

ALLEGATO 2

Cronoprogramma lavori

NODO AV/AC DI VERONA - INGRESSO VERONA OVEST

ID	Nome attività	Durata	Inizio	Fine	Predecessori	Successori
1	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA OVEST	1617 g	lun 01/01/24	dom 04/06/28		
2	ATTIVITA' PROPEDEUTICHE	90 g	lun 01/01/24	sab 30/03/24		4
4	CONSEGNA DEI LAVORI	0 g	sab 30/03/24	sab 30/03/24	2	5
5	ATTIVITA' DI COSTRUZIONE NODO VERONA OVEST	1527 g	sab 30/03/24	dom 04/06/28	4	
6	Avvenuto accordo con AUTOSTRADE	0 g	sab 30/03/24	sab 30/03/24		
7	OPERE EXTRA LINEA	1517 g	dom 31/03/24	gio 25/05/28		
91	OPERE DI LINEA	1527 g	sab 30/03/24	dom 04/06/28		
92	MACROFASE 1	733 g	sab 30/03/24	gio 02/04/26		440
93	FASE 1.1	400 g	sab 30/03/24	dom 04/05/25		419
94	OOCC	350 g	sab 30/03/24	sab 15/03/25		
407	ATTREZZAGGIO (Armamento, TE, IS,TLC)	255 g	ven 23/08/24	dom 04/05/25		
418	ACC VERONA OVEST A CURA DI ALTRO APPALTO (GC BRESCIA-VERONA)	0 g	dom 15/12/24	dom 15/12/24		
419	CVT/ANSF	150 g	lun 05/05/25	mer 01/10/25	93	420
420	FASE 1.2 (Realizzazione allacci Linea Indipendenza merci con Linea Brennero e Linea MI-VR)	2 g	gio 02/10/25	ven 03/10/25	419	424;423FF
423	Riconfigurazione ACC VERONA OVEST A CURA DI ALTRO APPALTO (GC BRESCIA-VERONA)	0 g	ven 03/10/25	ven 03/10/25	420FF	
424	Attivazione Indipendenza Merci	0 g	ven 03/10/25	ven 03/10/25	420	425
425	FASE 1.3	20 g	sab 04/10/25	gio 23/10/25	424	432
432	CVT/ANSF	150 g	ven 24/10/25	dom 22/03/26	425	433
433	Allaccio linea storica su nuova sede lato MI e VR	1 g	lun 23/03/26	lun 23/03/26	432	435
434	Attivazione LS MI-VR su nuova sede	0 g	gio 02/04/26	gio 02/04/26	435	
435	FASE 1.4 (Realizzazione allacci Linea MI-VR su nuova Sede merci con Linea Brennero e Linea Storica)	10 g	mar 24/03/26	gio 02/04/26	433	434;439
439	Allaccio LS MI-VR su Bivio Fenilone	0 g	gio 02/04/26	gio 02/04/26	435	
440	MACROFASE 2	424 g	gio 02/04/26	lun 31/05/27	92	
441	FASE 2.1+2.2	210 g	ven 03/04/26	gio 29/10/26		
442	OOCC	180 g	ven 03/04/26	mar 29/09/26		460
458	ATTREZZAGGIO (Armamento, TE, IS,TLC)	150 g	mar 02/06/26	gio 29/10/26		464
463	Attivazione Fase di esercizio 2.1 sotto ACEI Bivio Fenilone	0 g	gio 02/04/26	gio 02/04/26		
464	Allaccio Indipendenza merci con Bivio Fenilone	2 g	ven 30/10/26	sab 31/10/26	458	466;584FF;4
465	Attivazione Fase di Esercizio 2.2 sotto ACC Q.E.	0 g	sab 31/10/26	sab 31/10/26	464	
466	FASE 2.3	210 g	dom 01/11/26	sab 29/05/27	464	
467	OOCC	180 g	dom 01/11/26	gio 29/04/27		483
480	ATTREZZAGGIO (Armamento, TE, IS)	115 g	gio 04/02/27	sab 29/05/27		486

NODO AV/AC DI VERONA - INGRESSO VERONA OVEST

ID	Nome attività	Durata	Inizio	Fine	Predecessori	Successori
486	Allaccio Q.E. con Indipendenza Merci	2 g	dom 30/05/27	lun 31/05/27	480	489
489	Attivazione Q.E. con Indipendenza Merci	0 g	lun 31/05/27	lun 31/05/27	486	491;587FF;4
490	ACC VERONA PORTA NUOVA COMPLETATA A CURA DI ALTRO APPALTO	0 g	lun 31/05/27	lun 31/05/27	489	552
491	MACROFASE 3	370 g	lun 31/05/27	dom 04/06/28	489	
492	FASE 3.1	220 g	lun 31/05/27	gio 06/01/28		
493	OO.CC.	190 g	mar 01/06/27	mar 07/12/27		
498	ATREZZAGGIO	90 g	sab 09/10/27	gio 06/01/28		521
503	Manufatto Q.E. di via Carnia già realizzato da altro appalto	0 g	lun 31/05/27	lun 31/05/27		
504	Interruzione binari raccordo QE Verona Scalo e QE Brennero	0 g	lun 31/05/27	lun 31/05/27		505
505	FASE 3.2	205 g	mar 01/06/27	mer 22/12/27	504	
506	OO.CC.	185 g	mar 01/06/27	gio 02/12/27		519
514	Ripristino binari raccordo QE-Verona Scalo e QE-Brennero	0 g	gio 02/12/27	gio 02/12/27	507	
515	ATREZZAGGIO LINEA AV/AC e Indipendenza merci lato MI (Armamento, TE, IS)	195 g	ven 11/06/27	mer 22/12/27		521
521	CVT/ANSF	150 g	ven 07/01/28	dom 04/06/28	515;498	522
522	Attivazione Nuova AV/AC	0 g	dom 04/06/28	dom 04/06/28	521	589FF
523	MACROFASE 4 (Nuovo Ponte Bologna) + MACROFASE 5 (Interventi su PRG di Verona P.N., realizzazione prolungamenti sottopassi, nuovi marciapiedi,...)	265 g	mar 01/06/27	dom 20/02/28		
524	OOCC (Realizzazione nuovo Ponte Bologna)	220 g	mar 01/06/27	gio 06/01/28		569
569	Ripristino linea BO-VR	0 g	gio 06/01/28	gio 06/01/28	524	
570	ATREZZAGGIO (Armamento, TE, IS)	45 g	ven 07/01/28	dom 20/02/28	526	575
575	FINE LAVORI OO.CC. NODO VR OVEST	0 g	dom 20/02/28	dom 20/02/28	570	595
576	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST-VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO VERONA EST	2251 g	lun 10/03/25	gio 08/05/31		

ALLEGATO 3

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



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONIMICA DI 2^ FASE

NPP 0258 – GRONDA MERCI DI ROMA

GRONDA MERCI DI ROMA CINTURA NORD

LOTTO 1 – Fermata Vigna Clara – Tor di Quinto

PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO

Relazione Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.
NR4E	11	R 69	RG TA 00 00 002	A	3/3

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.

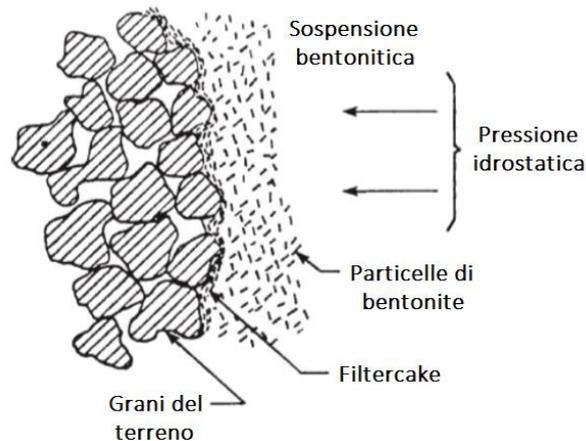


Figura 1: Formazione del filtercake.

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 idrocicloni.

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

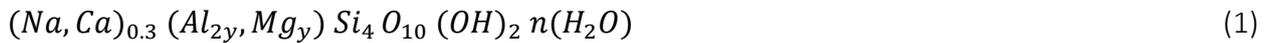
3 Bentoniti

3.1 Il materiale, i prodotti commerciali e la composizione mineralogica

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

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

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



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

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

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

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

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

3.2 Il processo produttivo

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

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

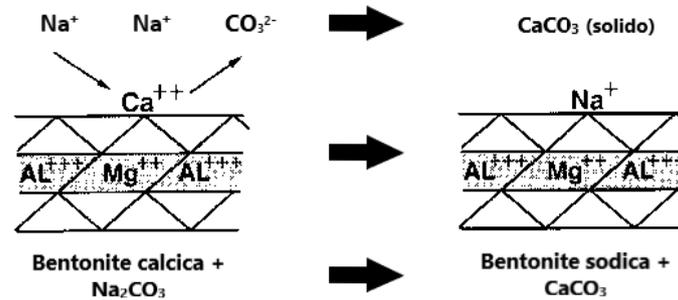


Figura 2: Schema di attivazione della bentonite calcica con carbonato di sodio.

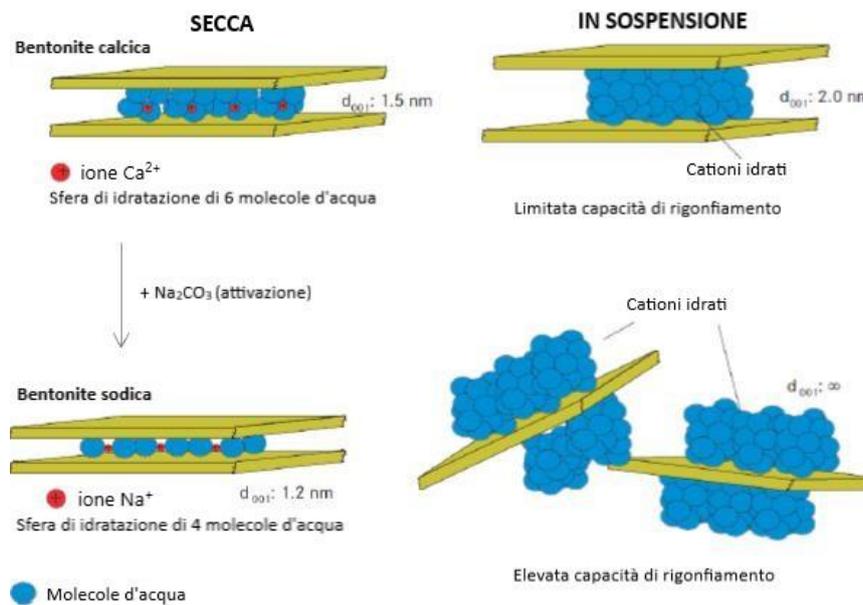


Figura 3: Confronto tra bentonite calcica e sodica.

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

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

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

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

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

3.3 I prodotti commerciali

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

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

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

4 Aspetti ambientali legati all'utilizzo delle bentoniti

4.1 Indicazioni generali

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

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

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

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

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

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

Nonostante non siano tossici, i polimeri sintetici a base di poliacrilati degradano molto lentamente e di conseguenza permangono nel materiale di scavo. Materiali semi-sintetici come le 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.

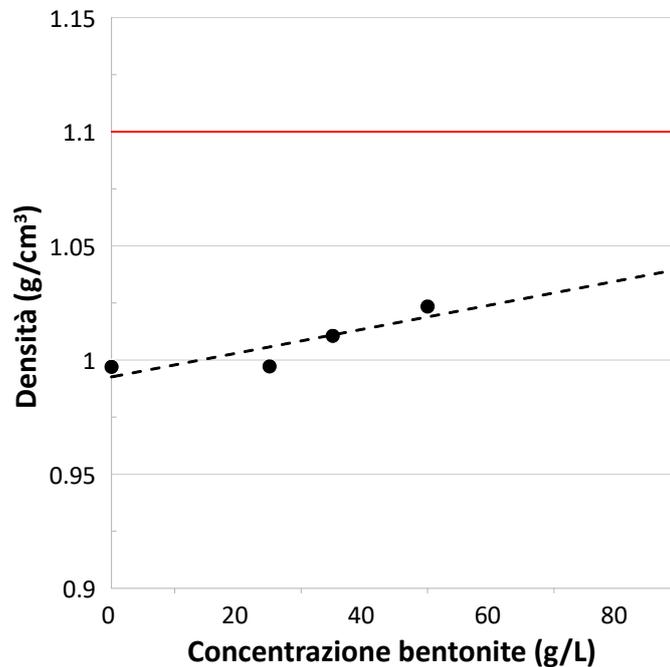


Figura 4: Valori di densità ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione lineare di tali valori e limite imposto dalla normativa.

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.

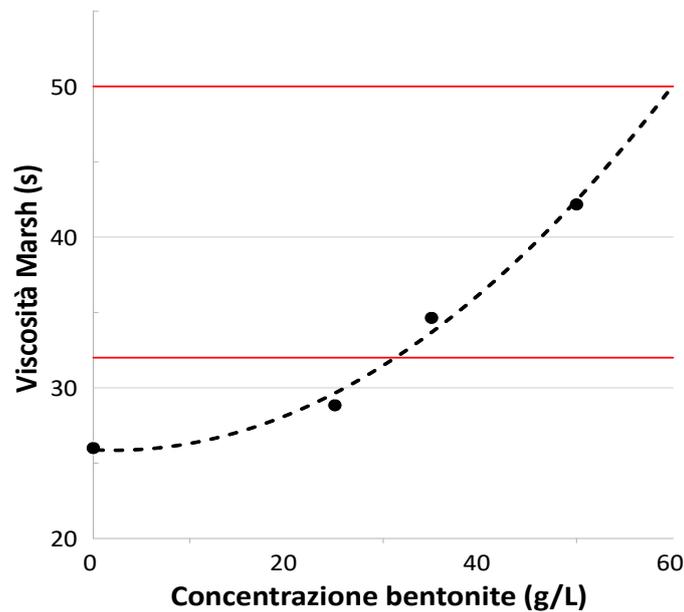


Figura 5: Valori di viscosità Marsh ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione polinomiale di tali valori e limite imposto dalla normativa.

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.