

AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA - BARI -TARANTO TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO

POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA INTERVENTI DI COMPLETAMENTO DELLA RETE VIARIA DI ADDUZIONE NODO DI FUNO - ACCESSIBILITA' INTERPORTO CENTERGROSS PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

ASPETTI AMBIENTALI GESTIONE TERRE

RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE E GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A Responsabile Studi Ambientali	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Fabio Serrau Ord. Ingg. Bologna n. 6007/A	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A T.A. Ambiente
--	---	--

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111445	0001	PD	DG	PGT	00000	00000	R	AMB	1000	-0	SCALA -

	ENGINEER COORDINATOR: Ing. Fabio Serrau Ord. Ingg. Bologna n. 6007/A	SUPPORTO SPECIALISTICO:	REVISIONE	
			n.	data
			0	DICEMBRE 2021
REDATTO:		VERIFICATO:		

	VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Fabio Visintin	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE, LE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO A RETE E I SISTEMI INFORMATIVI
--	--	---

Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	INQUADRAMENTO GENERALE	6
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
2.2	INQUADRAMENTO PROGETTUALE.....	7
2.2.1	Opere d'arte principali.....	8
2.2.2	Cantierizzazione	9
2.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	10
2.3.1	Descrizione geologica	11
2.3.2	Descrizione geomorfologica.....	12
2.3.3	Descrizione idrogeologica	13
3	CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DA SCAVO IN FASE DI PROGETTAZIONE.....	16
3.1	CONOSCENZE DEI SITI DI INTERESSE E DELLE AREE DI INTERVENTO	16
3.1.1	Cartografia geochimica regionale.....	16
3.1.2	Uso del suolo.....	17
3.1.3	Anagrafe regionale dei siti contaminati.....	18
3.2	CAMPAGNE DI INDAGINE PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI IN SITO	19
3.2.1	Criteri di ubicazione dei punti d'indagine.....	20
3.2.2	Ubicazione dei punti e caratteristiche tecniche d'indagine.....	20
3.3	SINTESI DEI RISULTATI DELLE ANALISI IN LABORATORIO	23
3.4	CONSIDERAZIONI SULLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DEI MATERIALI DI SCAVO	24
3.4.1	Cenni sulle caratteristiche geotecniche dei materiali di scavo	25
3.5	CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DI SCAVO IN CORSO D'OPERA.....	26
4	BILANCIO DEI MATERIALI	28
5	GESTIONE DEI RIFIUTI E DEI MATERIALI IDENTIFICATI COME NON SOTTOPRODOTTI	30
5.1.1	Indicazioni generali.....	30
5.2	GESTIONE EMERGENZE E RIPRISTINO DEI LUOGHI.....	32
5.2.1	Caratterizzazione di verifica in corso d'opera o finale	32

Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 2-1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELLE AREE DI INTERVENTO	6
FIGURA 2-2 COROGRAFIA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	7
FIGURA 2-3 STRALCIO SU ORTOFOTO DELL'INTERVENTO IN PROGETTO	7
TABELLA 2-1 ELENCO DELLE OPERE D'ARTE MAGGIORI	8
TABELLA 2-2 ELENCO DELLE OPERE D'ARTE MINORI	9
FIGURA 6-5 - LOCALIZZAZIONE CAMPI BASE CB001 E CT001	9
FIGURA 6-6 - LOCALIZZAZIONE AREE DI SUPPORTO	10
FIGURA 6-7 - LOCALIZZAZIONE AREE DI SUPPORTO ROTATORIE	10
TABELLA 2-3 CARATTERISTICHE DEI PIEZOMETRI RICADENTI NELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO	14
TABELLA 2-4 DATI RIASSUNTIVI DEI LIVELLI PIEZOMETRI MISURATI IN SONDAGGIO ATTREZZATO CON PIEZOMETRO	15
FIGURA 3-1 CARTA DEL FONDO NATURALE ANTROPICO IN ARSENICO CON EVIDENZIATA L'AREA DI INTERESSE PROGETTUALE	17
FIGURA 3-2 CARTA DEL FONDO NATURALE ANTROPICO IN VANADIO CON EVIDENZIATA L'AREA DI INTERESSE PROGETTUALE	17
FIGURA 3-3 USO DEL SUOLO (FONTE: – GEOPORTALE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA)	18
FIGURA 3-5 STRALCIO PLANIMETRICO SU MAPPA CON UBICAZIONE DEI SITI CONTAMINATI PRESENTI IN ANAGRAFE REGIONALE	19
TABELLA 3-2 PUNTI DI INDAGINE PER LA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE	20
FIGURA 3-1 UBICAZIONE DELLE INDAGINI AMBIENTALI IN SITO, LUNGO IL TRACCIATO E NELLE AREE DI INTERVENTO	21
TABELLA 3-3 QUADRO RIEPILOGATIVO SULLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE SVOLTA IN FASE PROGETTUALE	23
TABELLA 3-3 SINTESI DELLE EVIDENZE CHIMICHE DI LABORATORIO	24
TABELLA 3-5 NUMERO DI PRELIEVI DA SVOLGERE IN UNA FASE PRELIMINARE AI LAVORI	27
TABELLA 4-1 - SINTESI DELLE QUANTITÀ MOVIMENTATE	28

Allegato:

AMB1001 – Tabelle di sintesi dei dati analitici e Certificati di laboratorio dei campioni prelevati nella fase progettuale

AMB1002 – Tavola planimetrica con ubicazione delle indagini effettuate nella fase progettuale

1 PREMESSA

La gestione delle terre e rocce da scavo prodotte nell'ambito di attività di cantiere è disciplinata dal DLgs 152/2006 e s.m.i. e dal DPR 120/2017, le cui disposizioni ne permettono la gestione e il riutilizzo come sottoprodotti per la parte che si intende riutilizzare in opera: è stata pertanto sviluppata la gestione in riferimento ai criteri dettati dal DPR 120/2017, , relativi alle opere non soggette a Valutazione di Impatto Ambientale, in riferimento alla definizione dell'art. 2 comma 1 lett. v, con inquadramento all'art. 22 (Cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA e AIA, con richiamo alla dichiarazione del produttore di cui agli artt. 20 e 21 del medesimo decreto). Tale ipotesi di gestione è anche ai fini di una corretta elaborazione tecnico-economica del progetto e di un'adeguata valutazione dell'iniziativa sotto il profilo dell'impatto ambientale.

Nell'ottica di maggior tutela dell'interesse ambientale, le terre da scavo sono in tal modo qualificate come sottoprodotti, in riferimento all'art. 184bis (Sottoprodotto) del DLgs 152/2006 e del DPR 120/2017, e riutilizzate nell'ambito dell'intervento.

L'art. 184-bis del DLgs 152/2006 definisce la fattispecie di "sottoprodotto", distinguendola da quella di "rifiuto", specificando che le condizioni che devono essere soddisfatte perché ciò si realizzi:

a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;

b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;

c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Il "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo" (DPR 120/2017), definisce ulteriormente e operativamente la disciplina della gestione delle terre e rocce da scavo.

Qualora risultasse dagli esiti della procedura ambientale preliminare una diversa indicazione per l'apertura di una VIA, si valuterà un diverso inquadramento ai sensi dell'art. 2, comma 1 lett. u, del DPR 120/2017 e la redazione di Piano di utilizzo come disposto dall'art. 9 del medesimo decreto.

Il proponente pertanto valuterà tale disposizione, previa conferma e verifica, con ulteriori riscontri nel seguito dello sviluppo progettuale, delle condizioni definite dalla normativa vigente (DPR 120/17) per il riutilizzo dei materiali qualificati come sottoprodotti.

L'art. 22 del DPR 120/2017 proposto prevede che il rispetto dei requisiti richiesti per la classificazione come sottoprodotto sia attestata dal produttore tramite una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà (secondo le procedure e modalità indicate negli artt. 20 e 21 del medesimo decreto) da trasmettersi almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo.

Nel seguito si anticipano i contenuti della dichiarazione del produttore, ai sensi degli articoli succitati, che dovrà essere svolta dall'impresa esecutrice dei lavori in qualità di produttore:

- le modalità e gli esiti della caratterizzazione ambientale dei terreni di scavo e dei siti di destinazione eseguita nell'ambito dello sviluppo della progettazione;
- le quantità di terre e rocce da scavo previste in progetto con la specificazione delle quantità destinate all'utilizzo come sottoprodotti;

Tutti i materiali da scavo, che non rispettano le condizioni esposte per il riutilizzo in sito o in siti diversi da quello di scavo, saranno sottoposti alle disposizioni vigenti in materia di rifiuti riportate nella Parte IV "Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinanti", ai sensi dell'art. 183 comma 1 lett. a) del D.Lgs. 152/06 e ss.mm. Allo stesso tempo alcune tipologie di materiali identificate quale rifiuto, perché riferite ad operazioni di demolizione e costruzione, sono opportunamente gestiti in impianti di trattamento e recupero o smaltimento in discarica, come ad es.: i fanghi di risulta derivanti da perforazioni profonde per la realizzazione di pali e diaframmi e dalla bagnatura degli scavi; il materiale proveniente da demolizioni e smantellamento e/o cernita di strutture preesistenti (ad es. opere in c.a., massicciate stradali, ecc).

Si evidenzia che la gestione dei materiali è caratterizzata da sole operazioni di scavo all'aperto, riferite a lavorazioni principali per la bonifica e preparazione del piano di posa e successiva sistemazione del rilevato stradale. Sono previsti alcuni scavi profondi per le opere di scavalco di viabilità stradale e autostradale.

Sulla base delle evidenze emerse nella fase cognitiva sul territorio e dello sviluppo progettuale che evidenziano alcune peculiari caratteristiche:

- particolarità e tipologia delle opere previste, caratterizzate dalla continuità e dalla disposizione dei rilevati stradali;
- contesto territoriale omogeneo e tipologia delle aree interferite (ad es caratteristiche morfologiche, uso del suolo interferenze antropiche e insediamenti urbanizzati),
- caratteristiche litologiche, con la presenza continua in superficie di terreni con percentuali prevalenti di materiali fini (limi ed argille), e di depositi profondi costituiti principalmente da sabbie e ghiaie.

Sulla base di tali considerazioni e delle fasi di lavorazione previste in progetto, la gestione delle terre e rocce da scavo seguirà un unico ambito di cantierizzazione. I movimenti delle terre da scavo avverranno lungo le viabilità esistenti, con deposito intermedio posto all'interno dell'area di cantiere a supporto di tutte le lavorazioni.

In Allegato sono riportati i Rapporti di Prova del laboratorio chimico sulle indagini svolte per la caratterizzazione ambientale delle terre svolte nella fase di progetto.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di Bologna rappresenta la cerniera del sistema dei trasporti nazionali per i collegamenti nord-sud, sia per quanto riguarda la rete ferroviaria che quella autostradale. Il semianello tangenziale-autostradale di Bologna interconnette le principali direttrici di traffico nazionale e regionale ed ha la funzione di raccogliere e smistare i flussi provenienti dall'asse centrale del Paese (attraverso le autostrade A1 e A13), dal confine con l'Austria (attraverso l'autostrada A22 del Brennero) e dalla costa adriatica (mediante l'autostrada A14), nonché di servire il traffico locale proveniente dalle zone limitrofe all'area metropolitana bolognese.

Tale sistema viario è formato dalla sede dell'autostrada A14 e dalle due carreggiate della "tangenziale" che si sviluppano in complanare su ambo i lati della stessa autostrada nel tratto compreso fra Bologna Casalecchio e Bologna S. Lazzaro.

I livelli di servizio, valutati nelle ore di punta di un giorno ferialo medio, mostrano l'adeguatezza del sistema autostradale nella sua configurazione attuale, mentre evidenziano lo stato di criticità in cui si trovano le complanari. Al fine di risolvere queste criticità e stante la sua importanza e strategicità di carattere internazionale, nazionale e metropolitano, è stato sottoscritto in data 15 Aprile 2016 tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Regione Emilia Romagna, la Città Metropolitana di Bologna, il Comune di Bologna e Autostrade per l'Italia per il potenziamento in sede del sistema autostradale/tangenziale nodo di Bologna, che prevede la realizzazione del cosiddetto "Passante di mezzo".

Il progetto di potenziamento del sistema autostradale e tangenziale di Bologna comprende anche alcune opere di adduzione, tra queste l'intervento denominato "Nodo di Funo - accessibilità a Interporto e Centergross".



Figura 2-1 Inquadramento territoriale delle aree di intervento

L'intervento in oggetto interessa i Comuni di Bentivoglio, Castel Maggiore e Argelato, localizzati nella provincia di Bologna.

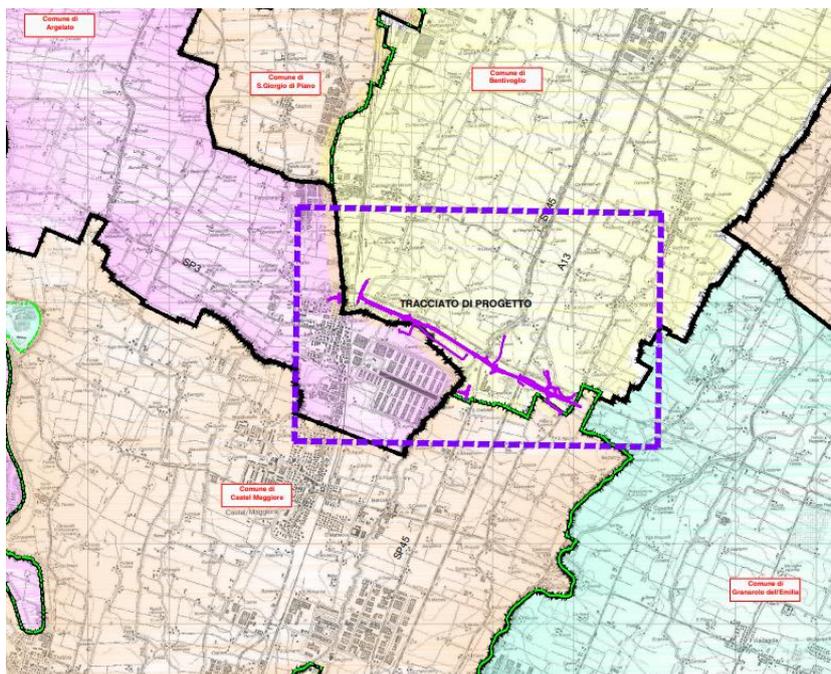


Figura 2-2 Corografia degli interventi in progetto

2.2 INQUADRAMENTO PROGETTUALE

L'intervento in progetto prevede il potenziamento dell'attuale tratto della strada provinciale n°3 (trasversale di Pianura) nel tratto compreso tra le progressive 14+720 e 17+800 (dallo svincolo A13 di interporto al sottovia della rotonda Segnatello).

Nel seguito si riporta la planimetria con la rappresentazione della posizione degli svincoli e delle zone di scambio.

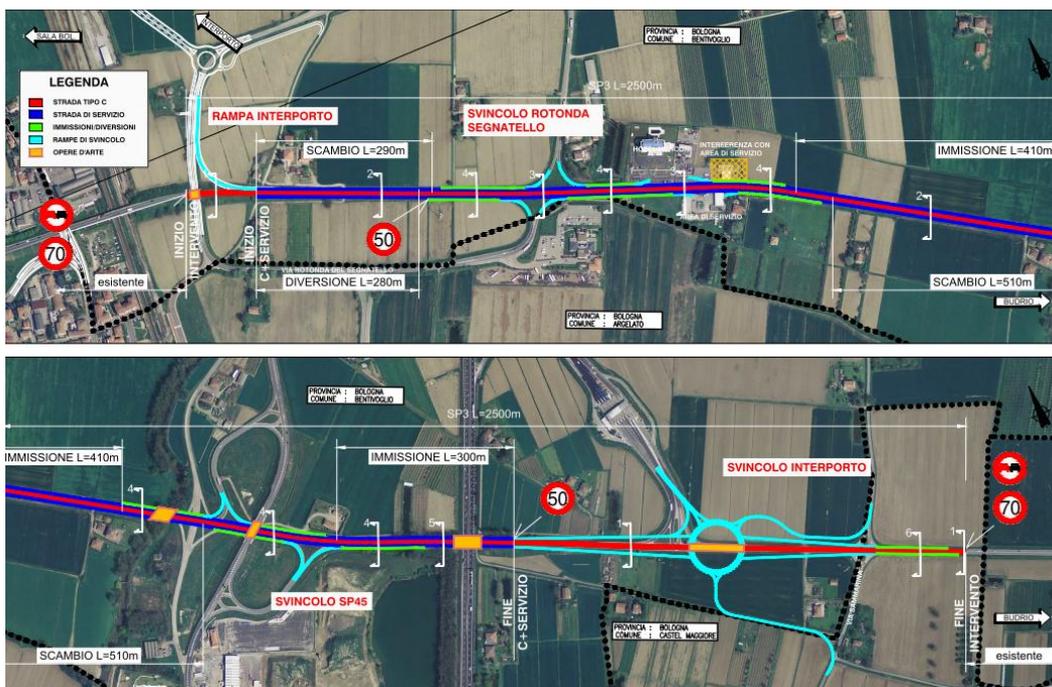


Figura 2-3 Stralcio su ortofoto dell'intervento in progetto

Lungo il tracciato principale sono inoltre previsti interventi sui tre svincoli esistenti oltre all' inserimento di una nuova rampa diretta dalla SP3 alla nuova rotonda sulla rotonda Segnatello che tramite una nuova bretella consentirà l'accesso diretto ad Interporto (rotonda e bretella saranno realizzate da Interporto).

A completamento dell'opera, sono previste inoltre due nuove rotatorie la prima sull'attuale SP4 Galliera in corrispondenza con lo svincolo della SP3 nell'abitato di Funo di Argelato e la seconda in corrispondenza dell'accesso al Centergross sulla via Saliceto in luogo dell'attuale innesto a T.

Il tracciato principale ha una lunghezza di circa 3,100m e si sviluppa, attraversando i comuni di Argelato, Bentivoglio e Castel Maggiore.

La soluzione proposta è costituita da un'unica carreggiata di larghezza pari a 18.00, composta da due corsie centrali di larghezza pari a 3.50m le cui rispettive direzioni sono separate da un parterre di larghezza pari a 0.50m delimitato da una doppia striscia continua di segnaletica e banchine da 0.50m. Dei delineatori flessibili di larghezza di circa 25cm separano le corsie centrali della strada tipo "C" dalle strade di servizio che presentano una singola corsia a senso unico di larghezza pari a 3.50m affiancate da due banchine di larghezza pari a 0.50m.

Gli svincoli esistenti lungo il tracciato verranno connessi all'infrastruttura mediante corsie specializzate di immissione/diversione di larghezza pari a 3.50m lungo le corsie delle strade di servizio. In questi tratti stradali quindi la carreggiata avrà larghezza totale pari a 25m.

Visto lo sviluppo dell'intervento e la distanza tra gli svincoli esistenti lungo il tracciato interessato, sono state previste delle zone in cui dalle viabilità di servizio e dalla tipo "C" sarà consentito lo scambio dei veicoli da una corsia all'altra. Rispetto alla configurazione tipo, nella parte centrale il parterre da 0.50m passa ad una dimensione da 1.25 dove verranno alloggiati i delineatori flessibili al fine di scoraggiare la manovra di sorpasso sull'asta principale mentre lateralmente i delineatori flessibili e le banchine sono state soppresse al fine di avvicinare le corsie per consentire lo scambio.

Il tracciato mantiene un andamento altimetrico piuttosto piano posto a circa un metro dal piano campagna ad eccezione del tratto finale dell'intervento dove aumenta di quota per scavalcare l'autostrada A13, dove il cavalcavia attuale a due luci verrà demolito e ricostruito con una nuova struttura mista acciaio/calcestruzzo a tre luci. Appena superata la A13, il tracciato rimarrà in quota in quanto l'attuale intersezione a "T" che consente il collegamento della trasversale di Pianura con la A13 (barriera di esazione di Bologna Interporto) verrà sostituito, visti gli importanti flussi da e per la A13, con uno svincolo a livelli falsati di tipologia a diamante con rotonda di grande diametro a raso, rampe di svincolo che collegano la SP3 che scavalca la nuova rotonda mediante due nuovi sottopassi.

In prossimità dello svincolo SP3-SP45 è presente, inoltre, l'opera di scavalco del canale Navile che verrà anch'essa demolita e ricostruita, sostituendo l'attuale ponte a tre luci con un nuovo ponte ad unica campata.

2.2.1 Opere d'arte principali

Nel seguito si segnalano in elenco le opere d'arte principali, quali ponti, viadotti e sottovia.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Generale o ai specifici elaborati di progetto.

Tabella 2-1 Elenco delle opere d'arte maggiori

N°	Opere d'arte maggiori	Tipo Intervento	Pk Iniziale	Pk finale	Lunghezza
1	Sottovia Segnatello	Intervento locale	km 0+080	km 0+0210	13m
2	Ponte sul canale Navile	Demolizione e Nuovo	km 1+625	km 1+692	67m
3	Cavalcavia su autostrada A13	Demolizione e Nuovo	km 2+150	km 2+275	125m
4	Sottovia ovest rotonda svincolo Interporto	Nuovo	km 2+599	km 2+619	20m
5	Sottovia est rotonda svincolo Interporto	Nuovo	km 2+704	km 2+724	20m

Tra le opere d'arte minori, invece, sono previsti i seguenti scotolari:

Tabella 2-2 Elenco delle opere d'arte minori

N°	Opere d'arte minori	Tipo Intervento	Pk Iniziale	Pk finale	Lunghezza
1	Scotolare Ovest	Scotolare cavo	km 2+450	km 2+600	150 m
2	Scotolare Centrale	Scotolare cavo	km 2+620	km 2+705	85 m
3	Scotolare Est	scotolare cavo	km 2+725	km 2+875	150 m

2.2.2 Cantierizzazione

In funzione delle attività e del personale medio presente in cantiere sono state individuate, dopo un'attenta analisi del territorio, le seguenti aree di cantiere:

- **CB01** - L'area di superficie pari a 20.675 mq sarà destinata a Campo Base, Cantiere Operativo e Area di deposito del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di cantiere (5.825 mq).
- **CT01** - L'area di superficie pari a 7.700 mq sarà destinata a Campo Travi (5.200 mq) e Area di deposito del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di cantiere (2.500 mq).
- **ADS01** - L'area di superficie pari a 1.600 mq sarà destinata ad Area di Supporto.
- **ADS02** - L'area di superficie pari a 1.000 mq sarà destinata ad Area di Supporto.
- **ADS03** - L'area di superficie pari a 1.000 mq sarà destinata ad Area di Supporto.
- **ADS04** - L'area di superficie pari a 1.050 mq sarà destinata ad Area di Supporto.
- **ADS05** - L'area di superficie pari a 1.875 mq sarà destinata ad Area di Supporto.
- **ADS06** - L'area di superficie pari a 950 mq sarà destinata ad Area di Supporto.
- **ADS07** - L'area di superficie pari a 1.000 mq sarà destinata ad Area di Supporto.

All'interno delle aree saranno previste tutte le attrezzature necessarie alla realizzazione dei lavori, a meno degli impianti per la realizzazione del conglomerato bituminoso e del calcestruzzo, che dovranno essere reperiti sul territorio.

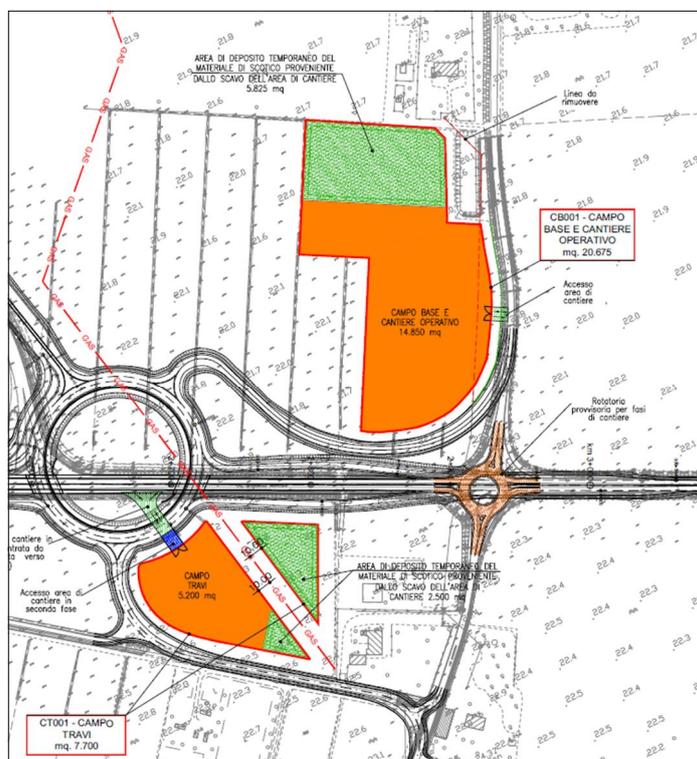


Figura 2-4 - Localizzazione campi base CB001 e CT001



Figura 2-5 - Localizzazione aree di supporto

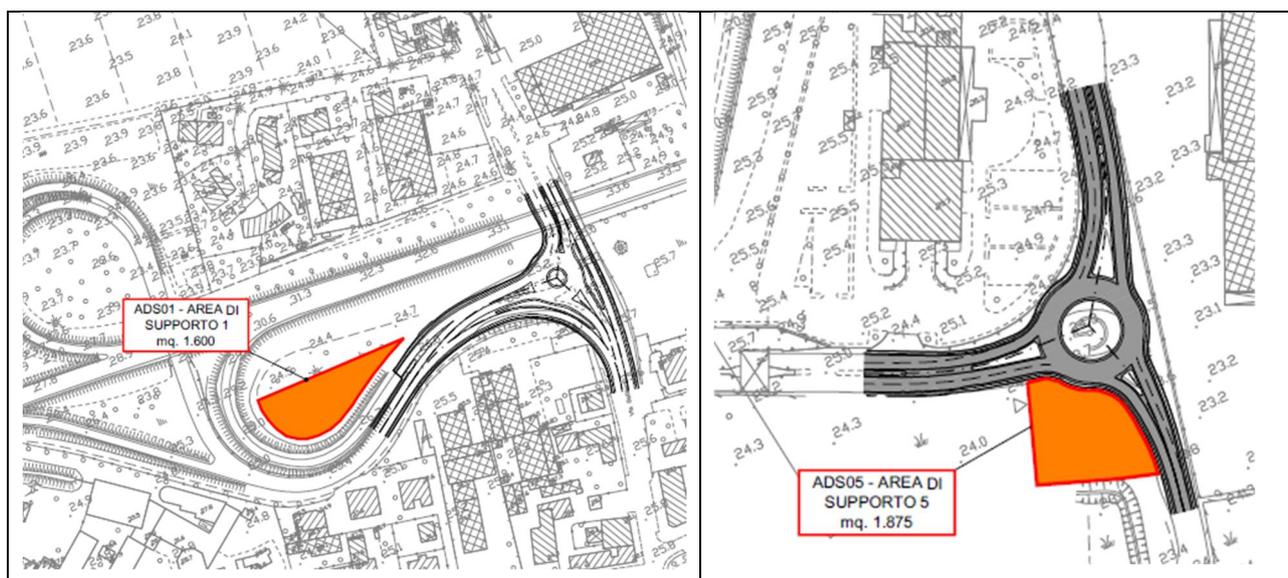


Figura 2-6 - Localizzazione aree di supporto rotatorie

2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORGOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Vengono sinteticamente illustrati gli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici generali utili ad individuare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni attraversati dal tracciato oggetto di studio.

Al fine di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo in una zona pianeggiante e priva di affioramenti come quella del progetto, è risultato indispensabile utilizzare dati provenienti da sondaggi geognostici e da pozzi. In prima fase si è provveduto a reperire tutti i dati disponibili (presso Enti e privati, in una fascia molto più ampia di quella riportata nelle planimetrie geologiche allegato al progetto, o indagini pregresse realizzate dal Proponente nell'area in esame o nel suo contesto territoriale).

2.3.1 Descrizione geologica

La zona oggetto di studio è situata all'interno dell'ampio bacino sedimentario padano, al bordo settentrionale del Sistema Appenninico. L'area di pianura è una geosinclinale subsidente (bacino Perisuturale Padano) colmata da materiali alluvionali che hanno ricoperto le argille marine di ambiente costiero - che fungono da substrato - fino a raggiungere spessori complessivi anche di 300-400 m. In particolare, i depositi di colmamento più recenti sono stati prodotti principalmente dall'attività deposizionale del sistema fluvio - deltizio padano con alimentazione assiale vergente verso est, e dai sistemi fluviali appenninici ad alimentazione trasversale da sud;

Dal punto di vista deposizionale il sollevamento della catena appenninica ha portato ad una importante regressione marina con la conseguente migrazione della transizione scarpata sottomarina - piana bacinale (TSB), dall'asse dell'orogene in evoluzione verso la costa adriatica. La regressione è stata interrotta da periodi più o meno lunghi di quiescenza tettonica e conseguente riapprofondimento bacinale (trasgressione marina).

A questo particolare contesto geodinamico corrisponde un'evoluzione dell'ambiente deposizionale da marino a marino-costiero a continentale.

I depositi hanno complessivamente un carattere regressivo. Essi sono formati da sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio progradante alla base, e da depositi continentali al tetto.

Dal punto di vista gerarchico si distinguono 3 Sequenze Principali (Supersintemi) denominate come segue:

- Supersistema del Pliocene medio - superiore;
- Supersistema del Quaternario Marino (che in realtà comincia nel Pliocene superiore);
- Supersistema del Quaternario Continentale (emiliano - romagnolo).

La classificazione stratigrafica dei depositi quaternari di pianura si basa sulla litologia relativa a ciascun ambiente deposizionale e sulla presenza di discontinuità o interruzioni della sedimentazione (limiti inconformi) che separano i corpi geologici di età diverse.

Tutto ciò consente di caratterizzare i sedimenti di pianura sia sulla base della loro composizione granulometrica (ghiaie, sabbie, alternanza di sabbie e limi, ecc.), sia in funzione dell'ambiente in cui si sono deposte (alluvionale di canale, deltizio di area interdistributrice, ecc).

Si possono così distinguere fra loro litologie in prima approssimazione simili, ma con geometrie e relazioni laterali e verticali dei corpi geologici molto diverse, in base al contesto sedimentario in cui si sono originate.

I medesimi depositi sono anche oggetto della classificazione fondata sui limiti stratigrafici inconformi, che prevede la distinzione di unità stratigrafiche definite sintemi e subsintemi. Queste unità sono particolarmente efficaci per descrivere il territorio in base alla sua storia geologica, all'età dei suoi sedimenti e alla peculiare ciclicità degli eventi che l'hanno trasformato, tipici dell'epoca quaternaria.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) è suddiviso ulteriormente questo in otto sub sintemi o unità stratigrafiche, tra le quali quella di principale interesse risulta essere il subsintema di Ravenna (sigla AES8).

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati allegati al presente piano (

La seguente successione stratigrafica (descritta dall'unità più giovane alla più vecchia) è quella che sarà interferita nell'ambito delle lavorazioni.:

- Depositi alluvionali in evoluzione (b1)

Questi depositi quaternari sono costituiti da ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; nella frazione grossolana i clasti risultano eterometrici ed eterogenei, da arrotondati a sub-arrotondati.

- Sintema emiliano-romagnolo superiore (AES)

Questo sintema è costituito da una alternanza ciclica, su spessori dell'ordine di 20-40m, di depositi fini (limi, argille e subordinate sabbie) e depositi prevalentemente granulari (ghiaie e sabbie). Il suo spessore massimo in pianura risulta di circa 300 m.

a) Subsintema di Ravenna (AES8)

E' l'elemento sommitale di AES. E' costituito da prevalenti sabbie, limi ed argille di ambiente fluviale (argine e piana inondabile); i corpi ghiaiosi risultano rari. La parte inferiore di AES8 presenta un orizzonte dello spessore

di c.c. 2-4m di argille organiche e torbe di ambiente palustre. Il Subsistema contiene una unità a limiti non conformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 20-25 metri circa.

b) Unità di Modena (AES8a)

E' un unità pellicolare, di pochi metri di spessore, che raggiunge circa i 5-10 m solo localmente, in corrispondenza dei dossi fluviali. E' costituita da depositi fluviali distinguibili in:

- alternanze di sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale;
- argille e limi di piana inondabile in corpi topograficamente depressi interposti ai depositi di argine e di geometria complessa.

c) Subsistema di Villaverucchio (AES7)

E' costituito da un'alternanza di depositi prevalentemente limoso-argillosi di piana alluvionale con depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi di conoide alluvionale. E' possibile una suddivisione dei depositi di terrazzo alluvionale appartenenti ad AS7 in due gruppi di terrazzi corrispondenti ad unità stratigrafiche di rango inferiore: L'Unità di Niviano e l'Unità di Vignola.

d) Unità di Vignola (AES7b)

L'unità affiora ad est di Bologna, al di fuori dell'area di intervento, ed è costituita da depositi grossolani ghiaiosi di spessore anche plurimetrico. Il tetto dell'Unità presenta un suolo dello spessore di c.a. 2 metri caratterizzato da un orizzonte superiore decarbonatato.

2.3.1.1 Sintesi sul tracciato

Le indagini disponibili evidenziano la presenza, nell'area del Nodo di Funo, di depositi alluvionali quaternari, con prevalenza di materiali fini coesivi (argille e limi), entro i quali si rinvencono localmente lenti ed orizzonti di materiali granulari (sabbie e ghiaie), discontinue e difficilmente correlabili spazialmente.

Si individuano per il tracciato tre classi principali di terreni, suddivise in funzione della composizione granulometrica prevalente:

- argille e/o limi prevalenti (terreni prettamente coesivi)
- sabbie, sabbie limose, sabbie limoso-argillose (terreni sabbiosi con contenuto di matrice fine variabile)
- ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose (terreni prettamente granulari)

I sedimenti alluvionali hanno una forte variabilità spaziale dovuta al continuo succedersi degli eventi alluvionali. Pertanto, a causa della natura fortemente eteropica dei contatti, la forma e l'estensione di corpi/lenti riportate nel profilo geologico deve essere assunta come verisimile ma indicativa.

Dal punto di vista progettuale è importante sottolineare la presenza di livelli e/o concrezioni torbose: per ottenere informazioni dettagliate circa i livelli ad alto contenuto di materiale organico è possibile fare riferimento a quanto riportato nelle singole stratigrafie.

2.3.2 Descrizione geomorfologica

Gli elementi geomorfologici riscontrabili in corrispondenza del tracciato in progetto sono essenzialmente ascrivibili ad ambienti di deposizione alluvionale quali ambiente di conoide, di piana alluvionale e, localmente, di terrazzo alluvionale in quanto l'area si inserisce nel territorio di alta pianura all'interno della fascia di conoide del fiume Reno.

In base alla composizione litologica e alle caratteristiche geomorfologiche l'area pedecollinare e quella di alta pianura della Provincia di Bologna si possono dividere principalmente in tre zone:

- depositi alluvionali attribuibili alla conoide del Torrente Savena;
- depositi alluvionali di interconoide;
- depositi alluvionali attribuibili alla conoide del Fiume Reno.

I tre tipi di depositi risultano, ai margini, tra loro interdigitati. Mentre i primi e gli ultimi sono depositi prevalentemente ghiaiosi o ghiaioso-sabbiosi all'interno delle conoidi, e sabbiosi o sabbioso-limosi ai bordi, solo localmente interdigitati a lenti a granulometria più fine, la fascia di interconoide contiene depositi continentali prevalentemente limosi o limoso-argillosi, localmente intercalati a lenti e livelli di sabbie e sabbie limose e/o ghiaie sabbioso-limose di vario spessore ed estensione.

Nella zona oggetto di studio la struttura dei depositi, messa in luce da sondaggi e prove eseguite per ricerche applicate prevalentemente all'edilizia, mostra in superficie repentine variazioni litologiche, caratteristiche dei corpi alluvionali, sia in senso orizzontale che in senso verticale.

I principali macroelementi naturali individuati mediante l'analisi delle foto aeree sono:

- Orli di terrazzo;
- Paleoalvei.

I principali macroelementi antropici individuati mediante l'analisi delle foto aeree sono:

- Aree di Cava (terrazzi morfologici residuali di origine antropiche, scarpate morfologiche);
- Discariche di rifiuti solidi urbani;
- Rilevati antropici (stradali, ferroviari e per la riduzione dell'impatto acustico);
- Aree urbanizzate.

Si sottolinea la presenza, in adiacenza all'intersezione SP3-A13 (area di sud-ovest, in territorio comunale di Bentivoglio), di un ampio specchio d'acqua (ex area di cava).

Nel corso del rilevamento geomorfologico non si sono rinvenuti particolari fenomeni dovuti a dinamiche geomorfologiche; la consultazione dei dati geomorfologici regionali (carta geologica della pianura), disponibili presso il servizio geologico, mostrano la presenza di antichi ventagli di rotta non attivi.

2.3.3 Descrizione idrogeologica

Il progetto interessa un'area caratterizzata da un fitto reticolo idrografico naturale e da una rete di canali artificiali di approvvigionamento in aree agricole, di competenza consortile (Consorzio della Bonifica Renana), comunale o privata. I corsi d'acqua naturali scorrono seguendo la topografia, blandamente digradante verso Nord; i corsi d'acqua artificiali, invece, hanno direzioni di deflusso imposte dalle necessità irrigue o idrauliche, comunque mediamente orientate dai quadranti meridionali verso quelli settentrionali.

Lo schema stratigrafico dei depositi quaternari del margine appenninico e della pianura emiliano - romagnola definisce tre unità stratigrafiche, esse sono riconoscibili sia in superficie sia nel sottosuolo. Tali unità sono suddivisibili a loro volta in unità di rango minore.

La principale partizione verticale consente l'identificazione di tre gruppi acquiferi (A,B,C); in particolare, il gruppo acquifero A è rappresentato dal Sintema emiliano - romagnolo Superiore (AES), costituito da complessi idrogeologici in cui si concentrano i prelievi idrici nella pianura emiliano - romagnola e riconducibili a:

- conoidi alluvionali appenniniche;
- pianura alluvionale appenninica;
- pianura alluvionale padana.

I complessi idrogeologici di piana alluvionale vengono suddivisi (in riferimento alla litologia prevalente, alle condizioni di flusso e di contenuto idrochimico) in:

- Pianura alluvionale appenninica;
- Pianura alluvionale e deltizia padana.

La struttura geologica della pianura alluvionale appenninica è caratterizzata dall'assenza di ghiaie e dal dominio di depositi fini, che si interpongono ai depositi grossolani delle conoidi appenniniche sopra descritte.

Il gruppo acquifero A è il più superficiale ed è anche quello più esteso (sia in affioramento che nel sottosuolo) e più sfruttato, nonché quello interessato dalle opere del Nodo di Funo.

Il gruppo acquifero A è strutturato in corpi acquiferi tabulari (depositi fluviali regressivi) separati da depositi trasgressivi a frazione fine prevalente. Gli acquiferi corrispondono alle porzioni regressive; le porzioni trasgressive formano le barriere di permeabilità principali. I corpi che costituiscono il gruppo acquifero raggiungono individualmente spessori massimi intorno ai 50 m.

il Gruppo Acquifero A, nel quale la circolazione idrica è legata alla disposizione dei corpi permeabili ghiaioso-sabbiosi, è ulteriormente suddivisibile in cinque Complessi Acquiferi, riferibili ad altrettante sequenze deposizionali elementari, identificati dall'alto con le sigle da A0 ad A4 e corrispondenti ai subsistemi della stratigrafia delle unità quaternarie da AES4 ad AES8. Il Subsistema di Ravenna (AES8) corrisponde al complesso acquifero A0, dato da un sistema acquifero freatico.

Nel primo sottosuolo dell'area di studio, e quindi alle profondità di progetto per le opere di cui trattasi, si individua una successione riferibile al Subsistema di Ravenna, sostanzialmente corrispondente al Complesso Acquifero superiore A0, sovrapposto all'Unità di Vignola (Subsistema di Villa Verrucchio), corrispondente al Complesso Acquifero A1.

A supporto del progetto oggetto di questo studio, nel tempo sono state effettuate diverse letture piezometriche della strumentazione installata all'interno dei fori di sondaggio eseguiti.

Nelle tabelle seguenti sono riassunte rispettivamente le caratteristiche dei piezometri installati e le letture di monitoraggio piezometro a oggi disponibili:

Tabella 2-3 Caratteristiche dei piezometri ricadenti nell'area interessata dal progetto

PIEZOMETRO	Profondità sondaggio	Tubo aperto tratto fenestrato (da stratigrafia)	Cella Casagrande (da stratigrafia)
	[m]	[m da p.c.]	[m da p.c.]
SP6	50	4÷17.60	48.60
F1	30	15÷17	30
F3	40	9÷40	
F4	25	5÷25	
F6	40	6÷37	
F-S1	20	3÷20	
F-S2	15	3÷15	

Per quanto riguarda i risultati delle misure piezometriche della campagna geognostica risulta che lungo il tracciato la falda risulta molto vicina al piano campagna, variando tra poco più di un 1 metro e poco più di 4 metri da p.c.

Il modello della superficie piezometrica utilizzato, più recente, per l'area di intervento è stato derivato dalle misurazioni effettuate nel mese di febbraio 2021.

Tale modello non si riferisce alla "falda di progetto", che deve essere definita dal punto di vista ingegneristico tenendo conto delle caratteristiche delle opere progettate. Infatti, bisogna introdurre un adeguato fattore di sicurezza che innalzi i livelli piezometrici del modello ad una quota tale per cui sia garantita la funzionalità / fattibilità delle opere progettate anche nel caso in cui si verificassero escursioni stagionali eccezionali.

L'andamento della superficie piezometrica considerata è, per quanto accurata, il risultato di una interpolazione statistica sviluppata a partire da dati puntuali e, come tali, discontinui. La quota piezometrica tracciata in sezione, laddove non fossero presenti misure dirette dei livelli di falda lungo il profilo delle opere in progetto, deriva dalla interpolazione lineare delle quote piezometriche più vicine identificate sul modello statistico elaborato.

Come accennato, la soggiacenza elaborata sulla base delle misure piezometriche registrate a febbraio 2021 (che pertanto non comprende i dati dei recentissimi sondaggi F-S1 ed F-S2), si attesta su valori di 3,5÷4 m da p.c. a inizio intervento e 1,5÷2,5 m a fine intervento: dalle ultime misure disponibili si evidenzia che anche a inizio intervento la soggiacenza può attestarsi nei pressi del piano campagna (in media a 2,5m da esso).

La morfologia della superficie piezometrica presenta un andamento regolare con deflusso sotterraneo delle acque orientato indicativamente verso N con un gradiente idraulico medio < 1%.

Tabella 2-4 Dati riassuntivi dei livelli piezometri misurati in sondaggio attrezzato con piezometro

PIEZOMETRO	LIVELLO PIEZOMETRICO						DATA LETTURA
	Tubo aperto [m da p.c.]	fondo foro [m da p.c.]	Casagrande [m da p.c.]		fondo foro [m da p.c.]		
			Cella 1	Cella 2	Cella 1	Cella 2	
			1°tubo 2°tubo	1°tubo 2°tubo	1°tubo 2°tubo	1°tubo 2°tubo	
SP6	2.60	17.0	n.d.		n.d.		03/2015
F1	1.29	16.4	2.6	30.45			09/03/2017
			2.6	30.45			
	1.4	-	2.6	-			04/04/2017
			2.6	-			
	1.62	-	2.69				15/06/2017
			2.69	-			
	2.34	16.35	3.27	30.5			05/10/2017
			3.27	30.5			
	1.41	16.35	3.01	30.48			11/06/2019
			3.01	30.48			
2.38	16.3	3.39	30.5			03/09/2020	
		3.40	30.5				
1.60	16.2	3.45	30.5			24/02/2021	
		3.47	30.5				
2.61	16.6	3.6	30.48			28/07/2021	
		3.59	30.48				
F3	4.0	-					21/08/2020
	3.1	39.5					24/02/2021
	3.59	39.3					28/07/2021
F4	3.88	24.5					21/08/2020
	3.45	24.5					24/02/2021
	4.15	24.7					28/07/2021
F6	2.25	39.0					21/08/2020
	2.10	-					24/02/2021
	3.59	38.9					28/07/2021
F-S1	2.80	20.0					27/05/2021
	2.66	16.6					28/07/2021
F-S2	2.40	15.0					28/05/2021
	2.17	13.4					28/07/2021

3 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DA SCAVO IN FASE DI PROGETTAZIONE

Al fine di ricostruire la tipologia e le caratteristiche dei materiali da scavo, sono stati utilizzati i risultati delle indagini geognostiche (in sito ed in laboratorio), associati agli esiti della campagna di caratterizzazione ambientale che ha previsto il campionamento dei terreni e loro analisi chimica.

Si è provveduto in una prima fase a reperire le informazioni disponibili al fine di inquadrare il tema della qualità dei terreni nell'area in studio. Successivamente, si è realizzata una apposita campagna di indagini mirata alla definizione degli aspetti di maggiore interesse ingegneristico ed ambientale (caratterizzazione litologica e meccanica delle diverse formazioni, caratteristiche idrogeologiche e geomeccaniche relative ai principali contesti tettonici, ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area, ecc.).

Le terre e rocce da scavo generate in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA per essere qualificate sottoprodotti devono rispettare i requisiti ambientali specificati negli articoli 4 e 20 del DPR 120/2017. In particolare, per i parametri di cui all'allegato 4 del DPR 120/2017, deve essere verificato il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione e del sito di destinazione, indicati nella dichiarazione di cui alla premessa (rif artt. 20 e 22).

La caratterizzazione ambientale dei terreni in sito è stata svolta ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e sulla base delle indicazioni degli allegati 2 e 4 del Regolamento ex DPR 120/2017, secondo la definizione di caratterizzazione ambientale di cui all'art. 2, comma 1, lettera e. Sono state sviluppate 3 diverse campagne di indagine in 3 differenti periodi (Ottobre 2016, Maggio-Giugno 2018 e Aprile - Maggio 2021),

Nel seguito si riporta pertanto la metodologia che è stata attuata per l'inquadramento e la caratterizzazione ambientale.

3.1 CONOSCENZE DEI SITI DI INTERESSE E DELLE AREE DI INTERVENTO

È risultato opportuno estendere la conoscenza dei dati progettuali con la ricerca di informazioni tecnico-scientifiche su situazioni ambientali già riconosciute a livello regionale e locale.

È stato necessario in particolare verificare la presenza di siti contaminati o potenzialmente tali, che possono interferire con l'opera in progetto, e valutare lo stato dei suoli per il contenuto naturale, soprattutto in metalli pesanti. Di seguito si sintetizza alcune analisi bibliografiche e tecniche sull'area in oggetto, riferite agli approfondimenti inseriti nei documenti istituzionali della Regione Emilia-Romagna.

3.1.1 Cartografia geochemica regionale

La Regione Emilia-Romagna ha condotto varie campagne di indagine ambientale e di raccolta dati per il rilevamento dei suoli finalizzato alla costituzione di una base conoscitiva, alla determinazione delle caratteristiche necessarie per la loro classificazione ed alla misura diretta della concentrazione di alcuni metalli pesanti. L'obiettivo è quello di definire un quadro di riferimento a livello regionale. Sono state elaborate Carte dei suoli regionali a diversa scala. In particolar modo si è fatto riferimento alle indagini e studi riportati nei seguenti 2 volumi:

- carta del fondo naturale-antropico della Pianura Emiliano-Romagnola alla scala 1:250.000, edizione 2016;
- carta pedogeochemica della Pianura Emiliano – Romagnola alla scala 1:250.000, edizione 2016;

I campioni analizzati sono stati prelevati dall'orizzonte superficiale e da orizzonti profondi. La concentrazione di metalli dello strato profondo è stata utilizzata per determinare il valore di fondo naturale, che può essere assimilato al contenuto del materiale di partenza, mentre quella dello strato superficiale è stata utilizzata per determinare il valore di fondo antropico o in maniera più puntuale un'anomalia geochemica, dovuto sia al contenuto naturale che ad eventuali apporti o pratiche antropiche. Dall'analisi statistica dei dati elaborati è stato possibile determinare, il valore del percentile per gli orizzonti superficiali e per gli orizzonti profondi. Questa operazione è stata effettuata per ogni Unità Genetico-Funzionali (UGF), individuata sulla base delle caratteristiche fisiche intrinseche dei depositi e dei suoli.

Le cartografie sono state consultate dai siti istituzionale <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/> e <http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/>.

In generale l'area non è caratterizzata da particolari fondi naturali con particolari o diffusi superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione in nessuna unità deposizionale funzionale. A titolo di esempio, si riporta di seguito la cartografia regionale del fondo naturale antropico in Arsenico e Vanadio.

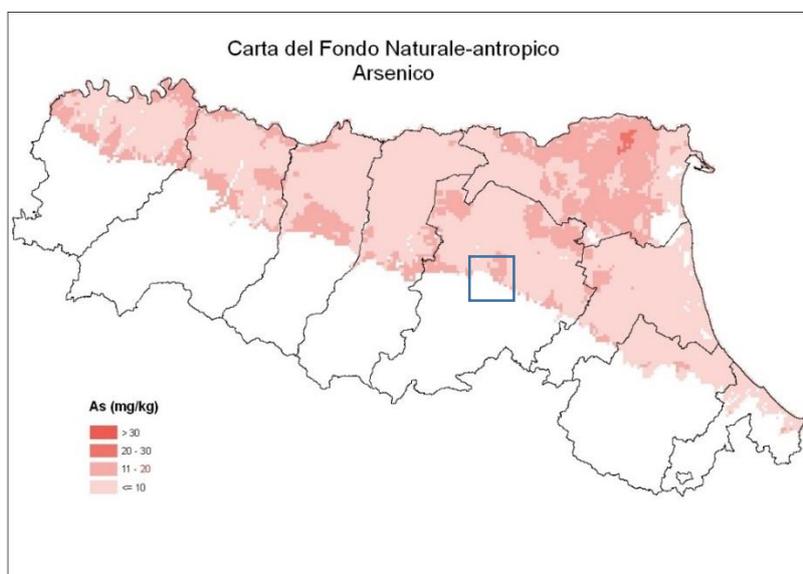


Figura 3-1 Carta del fondo naturale antropico in Arsenico con evidenziata l'area di interesse progettuale

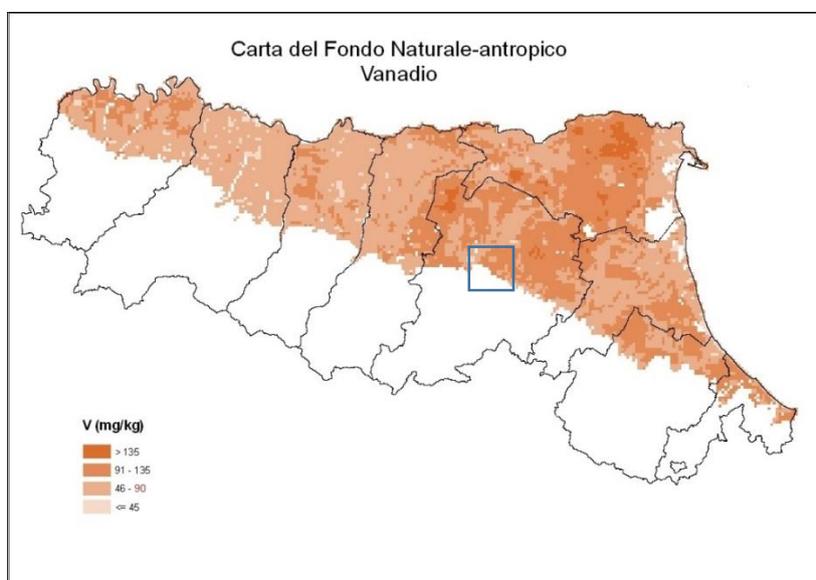


Figura 3-2 Carta del fondo naturale antropico in Vanadio con evidenziata l'area di interesse progettuale

3.1.2 Uso del suolo

L'area Nord della Città di Bologna non presenta una geografia diversificata e mutevole: una vasta zona pianeggiante verso nord con relativo ritmo di alternanza di fiumi, canali, corsi d'acqua.

Questa condizione morfologica ha favorito una distribuzione di uso del suolo abbastanza prevedibile: seminativi semplici irrigui.

Da quanto emerso dell'analisi dello studio dell'uso del suolo, tramite la cartografia prodotta tratta dai dati del Geoportale della Regione Emilia-Romagna (Uso del suolo di dettaglio - Provincia di Bologna 2014), si può dedurre come l'ambiente in cui si inserirà il progetto sia prevalentemente agricolo (seminativi avvicendati, prati avvicendati, vigneti).

In particolare:

La quasi totalità del tragitto principale attraversa l'area adibita a "Seminativi semplici irrigui", correndo localmente in "aree verdi associate alla viabilità" e "strutture residenziali isolate". Nello specifico: tra la progressiva 0+700 e 0+900 il tragitto attraversa "insediamenti agro-zootecnici" e di "servizi". A Sud della progressiva 1+950 e 2+200 è perimetrata un'area adibita a "Discariche e depositi di cave, miniere industrie" con all'interno un "bacino artificiale". Lo svincolo S4-LV4-R04E ricade in area contrassegnata come "autostrade e superstrade". La rotatoria S4-RO invece, si sviluppa tra aree definite "rete stradale Rs", "insediamenti produttivi" e "tessuto residenziale rado", mentre la rotatoria presso Centergross si sviluppa su una superficie definita "rete stradale", in prossimità di un'area definita "Insediamenti produttivi".

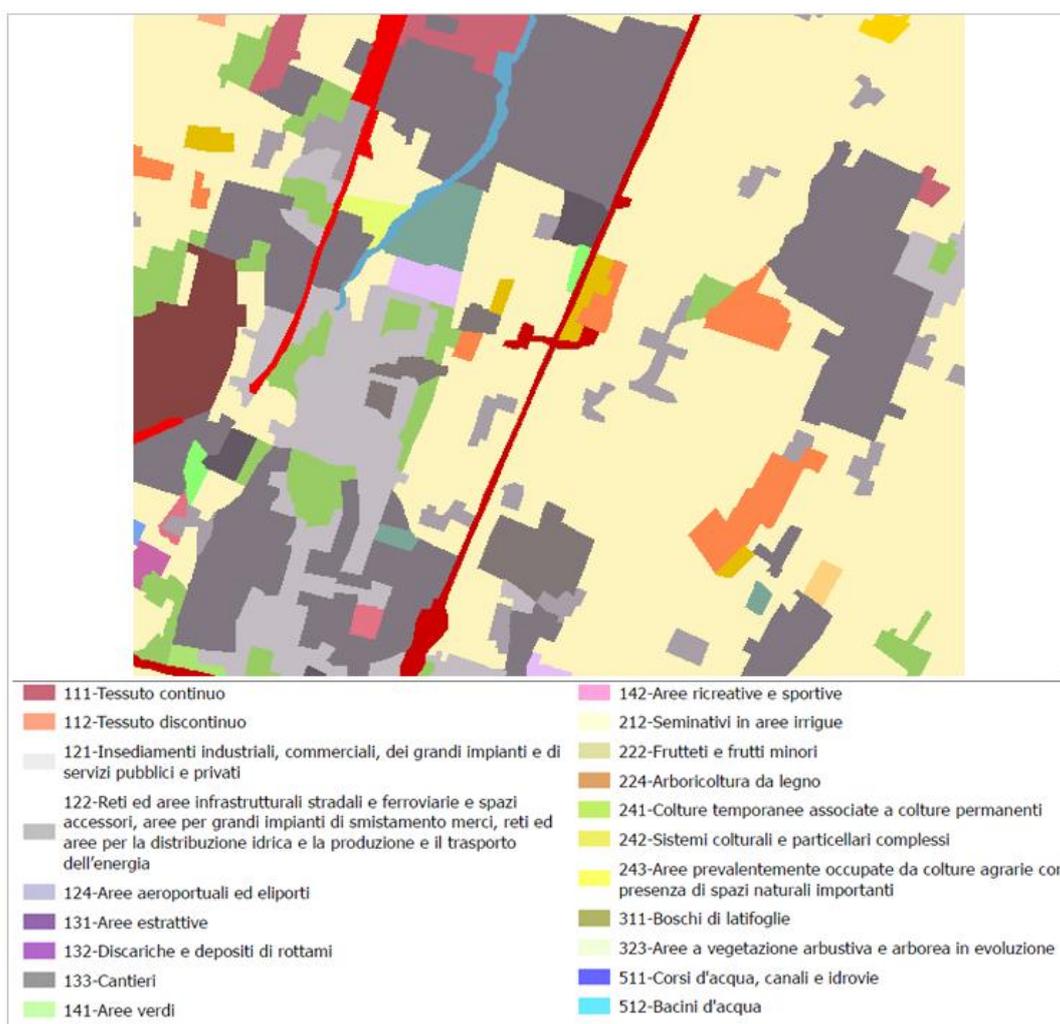


Figura 3-3 Uso del suolo (fonte: – Geoportale della regione Emilia-Romagna)

3.1.3 Anagrafe regionale dei siti contaminati

Come anticipato in premessa al presente capitolo, è stato inoltre consultato il catasto regionale dei siti contaminati, gestito con il coordinamento della Regione Emilia-Romagna, secondo le disposizioni normative del D. Lgs. 152/2006. L'Arpa dell'Emilia-Romagna provvede annualmente alla redazione di un report con un'analisi dei dati relativi ai siti contaminati inseriti nell'archivio di Arpa ER, denominato Catasto dei siti contaminati. Secondo il report del 2016, nel territorio della provincia di Bologna, le procedure di bonifica più

rilevanti con iter non concluso, interessano le seguenti tipologie di attività industriale: Metalmeccanica; Chimica; Produzione di gas; Aree ferroviarie.

Si mette in evidenza però che nell'ambito dell'intervento, in progetto non risultano presenti siti individuati in elenco regionale che interferiscono direttamente con la realizzazione delle opere in progetto.

A titolo di esempio si riporta uno stralcio planimetrico tratta dal sito istituzionale dell'area. Nell'ambito dell'intervento in progetto non risultano presenti siti individuati in elenco regionale che interferiscono direttamente con la realizzazione delle opere in progetto.

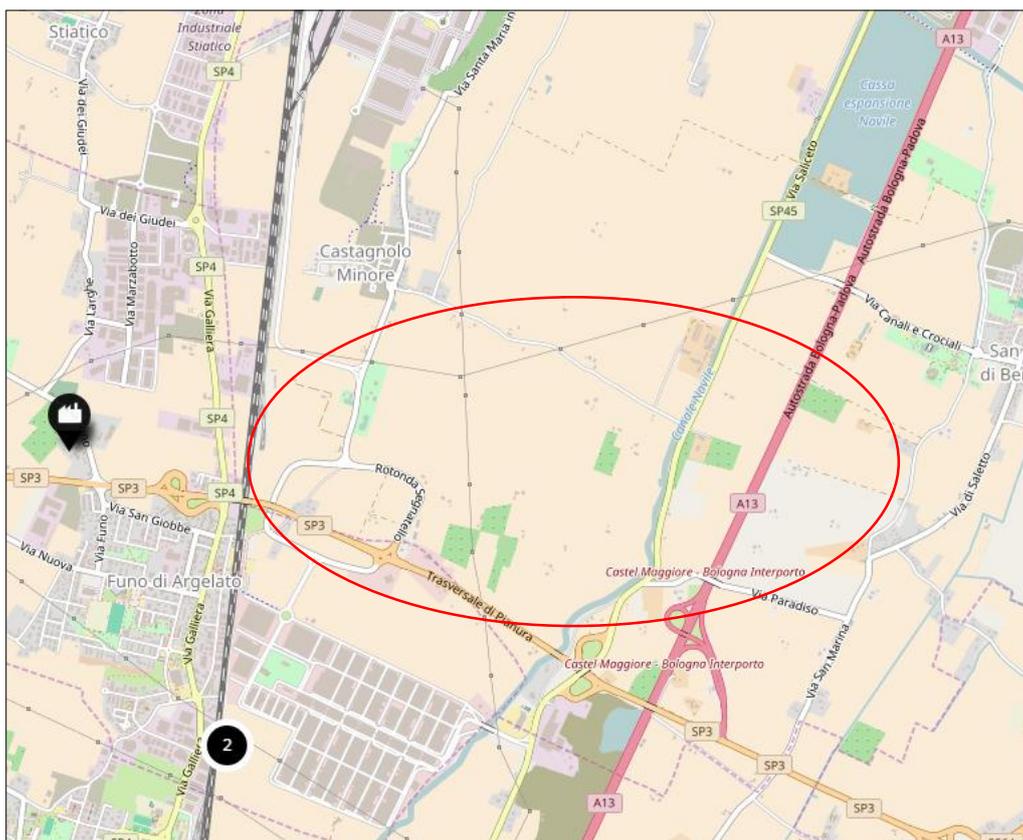


Figura 3-4 Stralcio planimetrico su mappa con ubicazione dei siti contaminati presenti in anagrafe regionale

3.2 CAMPAGNE DI INDAGINE PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI IN SITO

Il tracciato di progetto è stato interessato da 3 diverse campagne di indagine per la caratterizzazione ambientale dei terreni in sito, contestualmente all'esecuzione delle indagini geognostiche. Le indagini sono state svolte in 3 differenti periodi a seconda delle diverse fasi di progettazione (Ottobre 2016, Maggio-Giugno 2018 e Aprile - Maggio 2021).

Per quanto riguarda l'analisi dei risultati della caratterizzazione ambientale ed il confronto con i limiti di contaminazione previsti dalla normativa va evidenziato che, poiché l'opera in progetto è una infrastruttura viaria, essa determina un uso del territorio assimilabile a quello che la normativa (D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., Allegato 5 alla parte IV) indica come uso commerciale o industriale. Di conseguenza come limiti di contaminazione di riferimento per le varie sostanze inquinanti possono essere assunti quelli della colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 della Parte IV al Titolo V del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Per completezza di trattazione, in virtù di un ciclo di gestione delle terre che prevede la possibilità di riutilizzo delle medesime anche al di fuori dei cantieri, nello studio si sono valutati come riferimento anche i limiti della colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 della Parte IV al Titolo V del D. Lgs. 152/2006, che si riferiscono ad aree residenziali o a verde pubblico o privato.

Nel corso delle campagne di indagine, a supporto della progettazione, sono stati prelevati un totale di 32 campioni di terreno da sottoporre a caratterizzazione ambientale, provenienti da 14 punti di indagine, distribuiti lungo l'intervento.

In allegato (AMB1001) sono riportati i Rapporti di Prova emessi dal laboratorio che ha eseguito le analisi sui campioni, ed in appendice sono presenti le tabelle riepilogative.

3.2.1 Criteri di ubicazione dei punti d'indagine

L'analisi delle caratteristiche chimiche dei terreni interessati è stata definita in base all'estensione delle aree o tratti di progetto con lo scopo di ottenere, prima della fase di scavo, un esaustivo grado di conoscenza dei requisiti ambientali. Dal momento che lo scavo all'aperto avviene con mezzi meccanici tradizionali, è stata eseguita a secco e senza l'utilizzo di additivi o polimeri, e non comporta di conseguenza la possibilità di contaminazione dei terreni, questa caratterizzazione preventiva effettuata in sito sulle caratteristiche chimiche dei terreni attraversati è stata finalizzata a definirne l'eventuale contaminazione.

Nella predisposizione del piano di indagini, sono state considerate le pressioni antropiche presenti le conoscenze desunte dagli studi geognostici e la tipologia di interventi previsti in progetto.

Nell'ubicazione delle indagini si sono tenuti in conto i seguenti aspetti:

- ✓ omogeneità litologica, riferita specialmente alla presenza continua di depositi alluvionali, costituiti principalmente da sabbie, argille e limi;
- ✓ tipologia delle aree interferite;
- ✓ particolarità e tipologia delle opere previste nei diversi ambiti, caratterizzate da una certa continuità riferita soprattutto alla disposizione dei rilevati e viadotti stradali.

L'individuazione della densità dei punti di indagine nonché la loro ubicazione si è basata su considerazioni di tipo ragionato, in considerazione degli interventi principali e delle opere da realizzare, basandosi sui criteri previsti nell'Allegato 2 del DPR 120/2017. I punti d'indagine hanno seguito pertanto un modello statistico e sono stati localizzati in posizione opportuna. Nel seguente schema vengono definiti i punti di indagine per ciascuna tipologia progettuale.

Tabella 3-1 Disposizioni per il campionamento da All. 2 del D.P.R. 120/2017

	ESTENSIONI	PRELIEVI
AREE DI CANTIERE	Area < 2.500 m ²	minimo n.3
	2.500 < Area < 10.000 m ²	3 + 1 ogni 2.500 m ²
	> 10.000 m ²	7 + 1 ogni 5.000 m ² eccedenti
TRACCIATO LINEARE	500 m lineari	n.1 campione

3.2.2 Ubicazione dei punti e caratteristiche tecniche d'indagine

i punti di indagine lungo il tracciato effettivamente soggetti a campionamento ed analisi sono stati in totale 14, con il prelievo di 32 aliquote di terra da scavo, sottoposte poi alle verifiche in laboratorio (si veda la tabella seguente, considerando entrambe le campagne eseguite - 2016, 2018 e 2021),

I campioni, prelevati dai 8 pozzetti esplorativi (con sigla PZ-F1, PZ-F2, PZ-F3, F-PZ1, F-PZ2, F-PZ3, PZFS6 e PZFS7), sono stati suddivisi principalmente in superficiali, relativi al top soil, ed in campioni "profondi" prelevati entro i primi 2 metri di piano campagna. I campioni relativi ai sondaggi geognostici (sigla F1, FS1, FS2, F6, F3 e F5(DH)) sono stati prelevati in modo da raggiungere anche profondità superiori al metro da p.c., al fine di raggiungere le quote effettive di scavo. Le quote effettive dei campioni sono riportate in tabella.

Durante la fase di campionamento, si è tenuto conto delle effettive condizioni del sito e dell'orizzonte stratigrafici dato dallo spessore in rilevato, delle profondità massime di scavo da p.c. in ciascun punto e della possibilità di accesso in contesti privati.

Tabella 3-2 Punti di indagine per la caratterizzazione ambientale

	Codice	X coord	Y coord	N° di prelievi	Profondità prelievo (m da p.c.)
		(Gauss- Boaga) m	(Gauss- Boaga) m		
1	F1	1680798,8	4912023	3	0,0-1,0; 13,0-14,0; 29,0-30,0;
2	PZ-F1	1680922	4911505	2	0,0-0,30; 0,30-1,00;
3	PZ-F2	1680974	4911200,5	2	0,0-0,30; 0,30-1,00;
4	PZ-F4	1680684	4910863	2	0,0-0,30; 0,30-1,00;
5	FS1	1688415,3	4940934,4	3	0,0-1,00; 1,00-2,00; 4,00-5,00
6	FS2	1688985,6	4940642,6	3	0,0-1,00; 2,00-3,00; 8,00-9,00
7	F-PZ1	1690558,1	4939911,8	2	0,0-1,00; 1,00-2,00;
8	F-PZ2	1690862,6	4939782,4	2	0,0-1,00; 1,00-2,00;
9	F-PZ3	1690682,1	4939707,2	2	0,0-1,00; 1,00-2,00;
10	F6	1680798,8	4939828,0	3	0,0-1,00; 2,00-3,00; 8,00-9,00
11	F3	1680684,0	4910863,0	2	0,0-1,00; 1,00-2,00;
12	F5(DH)	1680569,2	4881898,0	2	0,0-1,00; 1,00-2,00;
13	PZFS6	1680454,4	4852933,0	2	0,0-1,00; 1,00-2,00;
14	PZFS7	1680339,5	4823968,0	2	0,0-1,00; 1,00-2,00;
Totale prelievi				32	



Figura 3-5 Ubicazione delle indagini ambientali in sito, lungo il tracciato e nelle aree di intervento

L'ubicazione planimetrica delle indagini eseguite sul tracciato è riportata nella figura, quale stralcio di quanto presente in allegato (AMB1002).

3.2.2.1 Metodiche di campionamento

La caratterizzazione ambientale integrativa è stata eseguita con le medesime metodiche standard applicate nelle precedenti campagne di indagine in fase progettuale, indicate anche in allegato 4 del Regolamento, con un prelievo, conservazione e preparazione dei campioni, secondo la norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati".

La quantità di prelievi su ciascun punto di indagine individuato ha seguito le indicazioni dell'allegato 4 del D.P.R. 120/2017, ponendo attenzione alle effettive condizioni del sito, agli orizzonti stratigrafici interessati, alle profondità massime di scavo da p.c. previste da progetto in ciascun punto e della possibilità di accesso o di interferenza dei punti stessi.

In generale i campioni volti all'individuazione dei requisiti ambientali dei materiali da scavo sono stati prelevati come campioni formati da diversi incrementi prelevati lungo ciascun orizzonte stratigrafico individuato in ogni punto di indagine. Ciò avviene per ottenere una rappresentatività "media" di ciascun strato in relazione agli orizzonti individuati e/o alle variazioni laterali.

Secondo le metodiche standard, indicate in allegato 4 al D.M. 120/2017, il campionamento è stato effettuato sul materiale tal quale, con le dovute operazioni di quartatura, in modo tale da ottenere un campione rappresentativo.

La formazione del campione è avvenuta su un telo di plastica (polietilene) di dimensioni minime di 2x2 m, in condizioni umide e, se necessario, con aggiunta di acqua pura. L'attività si è svolta in condizioni comunque adeguate a evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale. La suddivisione del campione è stata effettuata in più parti omogenee, adottando i metodi della quartatura riportati nella normativa.

La preparazione dei campioni delle matrici terrigene, ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica, è stata effettuata secondo i principi generali presenti in normativa e secondo le ulteriori indicazioni di cui al seguito.

Ogni campione prelevato è stato opportunamente vagliato al fine di ottenere una frazione passante al vaglio 2 cm. Le determinazioni analitiche di laboratorio sono state condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm e successivamente mediata sulla massa del campione passante al vaglio 2 cm.

Il campione di laboratorio è stato raccolto in un idoneo contenitore bocca larga con tappo a chiusura ermetica con sottotappo teflonato, sigillato ed etichettato con la data di prelievo, con il riferimento al sito di prelievo e, quindi, all'area di lavoro di provenienza.

3.2.2.2 Analisi chimiche di laboratorio

Le analisi chimiche dei campioni di terreno sono state eseguite presso un laboratorio riconosciuto ed accreditato, secondo il sistema di certificazione ACCREDIA, ai sensi della normativa vigente in modo conforme a quanto richiesto dalla UNI CEN EN ISO 17025.

Le analisi chimico-fisiche sono state condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire il rilevamento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite e comunque sono 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.

Con lo scopo di confermare che il chimismo del terreno in posto non pregiudichi un suo eventuale riutilizzo nel rispetto dell'attuale quadro normativo, si è proposto il seguente set analitico:

- Composti inorganici: Arsenico (As); Cadmio (Cd); Cobalto (Co); Cromo (Cr) totale; Cromo (Cr) VI; Mercurio (Hg); Nichel (Ni); Piombo (Pb); Rame (Cu); Zinco (Zn);
- Idrocarburi pesanti (C>12);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici, indicati in tab. 1, all. 5, alla parte Quarta del D.Lgs. n. 152/06;
- Composti aromatici: Benzene; Etilbenzene; Stirene; Toluene; Sommatoria organici aromatici.
- Amianto con analisi mediante SEM).

I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1, allegato 5 al titolo V parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica dei siti di scavo.

In riferimento alle indicazioni dettate dall'allegato 10 del DPR 120/2017, non essendo stati rinvenuti orizzonti significativi di riporto antropico, non è stato necessario eseguire le specifiche analisi previste dal DPR 120/2017 relative a test di cessione (rif. allegato 3 del DM febbraio 1998 e smi) e valutazione del contenuto in peso di materiali di origine antropica.

3.3 SINTESI DEI RISULTATI DELLE ANALISI IN LABORATORIO

Da quanto sinora descritto, si possono sintetizzare di seguito i risultati delle analisi chimiche di laboratorio eseguite sui campioni di terreno prelevati durante nelle diverse fasi della campagna di indagine (si vedano le tabelle in seguito), alla luce di alcune anomalie rilevate nel contenuto in idrocarburi pesanti.

Sono stati indagati 14 siti per la caratterizzazione dei materiali di scavo, distribuiti sulle aree interessate dall'intervento. Da questi punti sono stati campionati complessivamente 32 aliquote, sottoposte ad analisi chimica in laboratorio. Di seguito si presenta il quadro sintetico del numero di siti investigati e dei prelievi effettuati, rilevando inoltre il n° dei superamenti delle CSC della tabella 1 del D. Lgs. 152/2006 smi.

Tabella 3-3 Quadro riepilogativo sulla caratterizzazione ambientale svolta in fase progettuale

CSC			
Campagna	< A	< B	Totale
2016	6	3	9
2018	11	0	11
2021	12	0	12
Totale campioni	29	3	32

% su intero intervento			
Totali	91	9	100,0

i risultati analitici, in particolare, presenti in allegato (AMB1001), permettono di definire che:

- Il 100% dei campioni analizzati in laboratorio risulta conforme ai limiti di cui alle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) della colonna B, della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06, indicata come riferimento per la destinazione d'uso dei siti di intervento;
- 29 campioni, 91% sul totale, risultano avere tenori al di sotto dei limiti di CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) riferiti alla destinazione di uso residenziale o agricola, indicati in colonna A della tabella 1, allegato 5 al titolo V parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.;
- I superamenti rilevati nei terreni, con valori al di sopra delle soglie di colonna A di idrocarburi pesanti, si riferiscono a 3 campioni prelevati su orizzonte superficiale: in generale tali elementi e le relative concentrazioni sono sintomatici in prossimità di una struttura viaria con traffico veicolare e riconducibili anche ad usura degli asfalti ed al degrado di alcune parti meccaniche e gomme dei mezzi di trasporto.
- in nessun caso si segnala una concentrazione anomala in composti "indicatori" di potenziali criticità ambientali, quali composti organici aromatici o policiclici aromatici; il 100% dei campioni analizzati in laboratorio e prelevati nelle aree di scavo risulta conforme, per tali parametri, ai limiti di CSC di colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06;
- per quanto riguarda la presenza di fibre amiantifere, in coerenza con la natura geologica dei terreni ed all'assenza rilevata di materiale antropico specifico, il 100% dei campioni analizzati in laboratorio e prelevati nelle aree di scavo risulta conforme ai limiti della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06.

Tabella 3-4 Sintesi delle evidenze chimiche di laboratorio

	Sigla campione	Profondità (m da p.c.)	Soglia	Evidenza chimica
1	F1-N1	0,0-1,0	B	C>12
2	F1-N2	13,0-14,0	A	
3	F1-N3	29,0-30,0	B	C>12
4	PZF2-CA1	0,0-0,3	A	
5	PZF2-CA2	0,3-1,0	A	
6	PZF3-CA1	0,0-0,3	B	C>12
7	PZF3-CA2	0,3-1,0	A	
8	PZF4-CA1	0,0-0,3	A	
9	PZF4-CA2	0,3-1,0	A	
10	F3-N1a	0,0-1,0	A	
11	F3-N2a	1,0-2,0	A	
12	PZF6-CA1a	0,0-1,0	A	
13	PZF6-CA2a	1,0-2,0	A	
14	F6-CA1a	0,0-1,0	A	
15	F6-CA2a	1,0-2,0	A	
16	F6-CA3a	8,0-9,0	A	
17	PZF7-CA1a	0,0-1,0	A	
18	PZF7-CA2a	1,0-2,0	A	
19	F5DH-CA1a	0,0-1,0	A	
20	F5DH-CA2a	1,0-2,0	A	
21	FS1-CA1	0,0-1,0	A	
22	FS1-CA2	1,0-2,0	A	
23	FS1-CA3	4,0-5,0	A	
24	FS2-CA1	0,0-1,0	A	
25	FS2-CA2	1,0-2,0	A	
26	FS2-CA3	8,0-9,0	A	
27	F-PZ1-CA1	0,0-1,0	A	
28	F-PZ1-CA2	1,0-2,0	A	
29	F-PZ2-CA1	0,0-1,0	A	
30	F-PZ2-CA2	1,0-2,0	A	
31	F-PZ3-CA1	0,0-1,0	A	
32	F-PZ3-CA2	1,0-2,0	A	

Le date di consegna e di inizio e fine indagine analitica sono riportate, per tutte le attività di laboratorio eseguite, nei Rapporti di Prova allegati al presente documento. In allegato al presente documento (elaborato AMB1001) si riportano, infatti, i certificati di prova di tutte le analisi eseguite, in cui sono indicati per ciascun campione i risultati di laboratorio dei diversi parametri ricercati e la metodica utilizzata, il numero del rapporto di prova ed i valori limite previsti dalla normativa (D.Lgs. 152/06, Parte Quarta, Titolo V, Allegato 5, tabella 1 colonne A e B) per un diretto confronto e per la verifica di eventuali superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC).

3.4 CONSIDERAZIONI SULLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DEI MATERIALI DI SCAVO

Come da allegato 2 al Regolamento, il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'art. 184 bis comma 1 lettera d) del DLgs. 152/2006 e s.m.i. per l'utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotti è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno dei materiali da scavo sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Sempre secondo l'allegato 2, i materiali da scavo sono utilizzabili per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, ripascimenti, interventi in mare, miglioramenti fondiari o viari oppure altre forme di ripristini e miglioramenti

ambientali, per rilevati, per sottofondi e nel corso di processi di produzione industriale in sostituzione dei materiali di cava:

- 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).

Complessivamente i risultati consentono, quindi, di affermare che:

- a) data l'assenza di superamenti dei limiti di Concentrazione Soglia di Contaminazione di cui alla colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06, **tutti i materiali e i terreni da scavo di interesse progettuale sono riutilizzabili**;
- b) tutti i materiali scavati possono essere reimpiegati per la realizzazione di rinterri, rilevati e terrapieni di rimodellamento nell'ambito delle opere in progetto, essendo queste assimilabile ai siti a destinazione d'uso industriale/commerciale cui fa riferimento la colonna B sopra citata;
- c) la maggior parte dei materiali (sulla base delle analisi con concentrazioni al di sotto dei valori soglia della colonna A) può essere riutilizzato in siti a destinazione verde o residenziale o nell'impiego dei ritombamenti o rinterri nei casi di interferenza con la porzione satura.
- d) **per tutti i materiali sono soddisfatti i requisiti di compatibilità ambientale**, in relazione alla corrispondenza dei siti di utilizzo e dei siti di destinazione.

Per la visione dei risultati delle analisi di laboratorio e dei relativi certificati sulla caratterizzazione preventiva delle opere ai sensi dell'art 22 del D.P.R. 120/2017 e per la loro idoneità ambientale, si rimanda agli allegati al presente Piano.

3.4.1 Cenni sulle caratteristiche geotecniche dei materiali di scavo

La caratterizzazione geotecnica si riferisce alle principali unità litostratigrafiche individuate lungo il tratto di intervento. Le unità litostratigrafiche, così come presentate nel precedente capitolo, sono state suddivise nelle seguenti unità geotecniche:

- Unità 1: Limo – limo sabbioso - argilla limosa – argilla di color nocciola/ocra. Tale unità viene considerata a comportamento prevalentemente coesivo;
- Unità 1a: Intercalazioni di sabbia limosa o sabbia di color nocciola/ocra. Tale unità viene considerata a comportamento prevalentemente granulare;
- Unità 2: Argilla limosa o debolmente limosa/ Limo argilloso o debolmente argilloso –sabbioso – color grigio. Tale unità viene considerata a comportamento prevalentemente coesivo;
- Unità 2a: Intercalazioni di sabbia limosa o sabbia di colore grigio. Tale unità viene considerata a comportamento prevalentemente granulare;

La definizione delle unità geotecniche è stata introdotta al fine di sintetizzare le proprietà dei materiali, per ottenere una stratigrafia generale da associare alle tratte in progetto. Come illustrato nel profilo geotecnico, il sottosuolo presente nel tratto di strada esaminato, risulta molto stratificato con intercalazioni granulari, che frequentemente interrompono la continuità del materiale coesivo. Nel seguito vengono elencate le principali peculiarità di tale tratta:

- grado di sovraconsolidazione dei materiali: si riscontra sistematicamente il passaggio da materiale sovraconsolidato più superficiale di colore ocra o nocciola (Unità 1) a materiale normalconsolidato più profondo di colore grigio (Unità 2), ad una profondità generalmente compresa tra 10 e 15 m dal p.c. attuale. E' possibile ipotizzare che i materiali appartenenti alle unità 2 non siano mai stati soggetti a pressioni litostatiche maggiori di quelle attualmente presenti; tali depositi verranno pertanto considerati come normalconsolidati.
- individuazione non sistematica ma diffusa di lenti di sabbia. Le profondità di rinvenimento di lenti di sabbia sono piuttosto variabili. Per lo più le lenti di sabbia risultano superficiali (da circa 0.5 m dal p.c.) ed in altri casi si approfondiscono molto fino anche oltre i 20 m dal piano campagna.
- presenza di una crosta superficiale fino ad una profondità di 1.5 - 2m dal piano campagna dovuta ad una leggera sovraconsolidazione (crosta) a seguito delle variazioni stagionali di umidità e, di conseguenza, ai fenomeni di essiccamento (suzione) nei materiali a granulometria più fine.

Gli spessori della bonifica superficiale del piano d'imposta dei rilevati sono stati definiti, in mancanza dei dati definitivi relativi alla campagna di indagini geognostiche ancora in corso, sulla base dei risultati delle stratigrafie di numerosi pozzetti esplorativi eseguiti lungo il tracciato, spinti mediamente sino a 4 m circa di profondità dal piano campagna.

Le stratigrafie disponibili hanno evidenziato la presenza di uno strato di copertura vegetale dello spessore medio di 0.3-0.5 m e più in profondità terreni quasi sempre coesivi di media consistenza.

Alla luce delle caratteristiche dei terreni di sottofondo sopra esposte, data la netta prevalenza di terreni di natura argillosa e limosa, appartenenti ai gruppi A-6 e A-7-6 della classifica CNR-UNI, è stato previsto, oltre allo spessore di scotico di 20 cm, uno spessore di bonifica variabile (minimo di 30 cm). Si ritiene infine che, data la natura argilloso-limosa dei terreni naturali di sottofondo, i 30 cm inferiori dello spessore di bonifica possano essere realizzati con l'eventuale possibilità di applicare procedure di miglioramento prestazionale del terreno naturale del sottofondo.

3.5 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DI SCAVO IN CORSO D'OPERA

Secondo le indicazioni dell'art 22, il produttore attesta il rispetto dei requisiti nell'ambito della dichiarazione di cui all'articolo 21 secondo le procedure e le modalità indicate negli articoli 20 e 21 del DPR 120/2017.

Pertanto, secondo le disposizioni generali del Regolamento, si stabiliscono di seguito alcuni criteri generali alla base dell'esecuzione della caratterizzazione ambientale in corso d'opera, sono:

- 1) l'Impresa esecutrice ha l'obbligo di effettuare la caratterizzazione dei materiali da scavo provenienti dallo scotico delle aree di cantiere CB01 e CT01 e ivi depositati per il riutilizzo e ripristino finale definitivo per la restituzione a terzi;
- 2) l'Impresa esecutrice ha la facoltà di ricaratterizzare i materiali relativi agli scavi all'aperto e presentare la certificazione analitica a corredo di quella progettuale per la conferma della compatibilità ambientale dei materiali destinati a ripristini e sistemazione, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, che non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, D.Lgs. 152/2006.

Relativamente ai punti soprariportati, si precisa che:

- a) per caratterizzazione si intende la caratterizzazione ambientale di cui agli allegati 1, 2 e 4 del Regolamento, svolta per attestare la sussistenza dei requisiti di compatibilità ambientale, ove non è stato possibile indagare in fase propedeutica o per quei materiali la cui caratterizzazione necessita di un maggiore approfondimento applicabile solo in fase realizzativa;
- b) per ricaratterizzazione si intende la verifica della permanenza dei requisiti di qualità ambientale a seguito dell'esecuzione di attività di scavo, da svolgere in fase di corso d'opera secondo gli allegati 4 e 9 parte A).

Si evidenzia comunque che, nel caso delle aree di cantiere CB01 e CT01, il materiale di scavo, nella sola parte di scotico, non subisce particolari movimenti, essendo depositato nel perimetro di duna delle medesime aree e riutilizzato in sito al termine delle lavorazioni per la sistemazione definitiva.

Il campionamento e l'analisi di cantiere sono rimandati ad una campagna ambientale integrativa da svolgere preventivamente alla realizzazione dell'intervento, in virtù proprio di questa peculiarità nella piena disponibilità delle aree e spazi. Tuttavia, in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche, si sottolinea l'omogeneità litologica del materiale interessato dalle lavorazioni, lungo l'intero tratto in progetto, riferito quasi esclusivamente a depositi di argille e sabbie limose.

I punti di indagine nelle aree di cantiere sono in totale 15, sulla base delle indicazioni di Allegato 4 del D.P.R. 120/2017 rispetto alla superficie occupata. La disposizione dei punti dovrà seguire un criterio statistico casuale per garantire comunque una copertura omogenea dell'impronta di cantiere. Da ciascun punto di indagine deve essere garantito almeno un prelievo caratteristico della parte vegetale di scotico per il campo base CB01 (in generale tra 0,0 – 0,6 m da p.c).

Tabella 3-5 Numero di prelievi da svolgere in una fase preliminare ai lavori

Cantiere	Superficie (mq)	Spessore di scotico	N° di prelievi	Profondità prelievo (m da p.c.)
CB01	20.675	60 cm	9	0,00-0,60
CT01	7.700	60 cm	6	0,00-0,60

A questo criterio di accertamento fanno eccezioni le aree di supporto ADS01 ÷ ADS07 che saranno investigate in virtù delle disposizioni di verifica preliminare e finale al termine delle lavorazioni, sulla base delle superfici, ciascuna area sarà investigata con 3 punti di campionamento nello spessore (0,0-0,3 m da p.c.).

4 BILANCIO DEI MATERIALI

Le lavorazioni connesse alla realizzazione degli interventi in oggetto prevedono l'esecuzione di operazioni unicamente all'aperto. Come indicato l'impostazione generale si basa sull'ipotesi di scavo (con eventuale deposito temporaneo) e successivo riutilizzo dei materiali di risulta derivanti dai lavori di costruzione del progetto.

Il bilancio delle terre riportato riassume i quantitativi dei materiali che saranno movimentati per la realizzazione dei diversi interventi, indicando i volumi in banco degli scavi e dei riutilizzi ricavati dagli elaborati progettuali. Rispetto al volume in banco, si dovrà tenere conto sia del fisiologico rigonfiamento che si verifica nelle terre e nei materiali da scavo al momento della loro estrazione dal banco naturale, sia dell'effetto, in termini di modifiche di volume, prodotto dalle tecniche utilizzate per il loro reimpiego.

I dati di seguito sono riferiti al computo (elaborati a codifica CCP), al quale si rimanda per maggiori dettagli. I volumi stimati sono i seguenti:

Tabella 4-1 - Sintesi delle quantità movimentate

	CORPO STRADALE	VEGETALE	CANTIERI e FASI	TOTALE
	mc			
PRODUZIONI TOTALI da SCAVI	138.887	18.404	17.648	174.940
FABBISOGNI TOTALI	197.334	1.3072	69.466	279.872
RIUTILIZZI TOTALI come SOTTOPRODOTTI	95.567	13.072	17.648	126.287
FONTI ESTERNE TOTALI	101.768	0	51.817	153.585
ESUBERI TOTALI da gestire in impianti autorizzati	43.321	5.332	51.817	100.470
di cui esuberanti provenienti da scavi	43.321	5.332	0	48.653
di cui esuberanti di materiale fornito in opera	0	0	51.817	51.817

La tabella evidenzia che i volumi di scavo complessivi per la realizzazione dell'intervento sono pari a circa 157.300 mc, così suddiviso: 138.900 mc circa provenienti dagli scavi di inerti lungo il tracciato stradale in progetto (parte dei quali, circa 17.600 mc, da lavorazioni di scavi per fondazioni profonde, mentre circa 121.300 da scavi di sbancamento e di fondazione a sezione obbligatoria); 18.400 mc circa dalle operazioni di scavo del vegetale (spessore medio di circa 20 cm).

A queste quantità devono essere considerate le lavorazioni per la predisposizione dei cantieri, che prevedono una produzione di scavo pari a circa 17.700 mc; questi volumi saranno completamente riutilizzati, al termine degli interventi, per la sistemazione definitiva delle aree, finalizzata alla restituzione ed al ripristino delle stesse. La produzione totale di materiale scavato pertanto risulta essere pari a circa 175.000 mc.

Il riutilizzo, ai fini dell'inquadramento a sottoprodotti del materiale ai sensi dell'art.184-bis (Sottoprodotto) del DLgs 152/2006 e dei requisiti ambientali specificati negli articoli 4 e 20 del DPR 120/2017, è stimato in 126.300 mc complessivi (pari al 72% del totale), così previsti in opera:

- sistemazione del terreno vegetale nei cigli, nelle scarpate e nelle rotatorie per un volume complessivo di circa 13.100 mc, soddisfacendo completamente il fabbisogno previsto e prevedendo quindi un esubero di circa 5.300 mc;
- realizzazione del rilevato stradale, dei riempimenti e reinterri per un volume complessivo di circa 95.600 mc;
- predisposizione aree di cantiere, come già indicato, in 17.700 mc.

Da ciò si evince che il riutilizzo degli scavi inerti per la fondazione stradale in rilevato o in opera è parziale, in relazione alle caratteristiche di idoneità tecnica del materiale escavato: infatti è previsto il ricorso al trattamento

con legante idraulico per un volume stimato di circa 25.800 mc, mentre la restante parte (circa 69.800 mc) potrà essere riutilizzata tal quale. L'esubero previsto dagli scavi all'aperto, pur avendo i requisiti ambientali idonei (si veda paragrafo successivo), non presenterebbe le caratteristiche tecniche adeguate al riutilizzo in opera, pur con l'applicazione di tecniche di miglioramento prestazionale.

Si precisa che la procedura di trattamento con legante a calce o cemento è infatti finalizzata al miglioramento delle caratteristiche di lavorabilità e di resistenza meccanica in opera dei terreni ed è quindi applicata per conferire al materiale le caratteristiche geotecniche, compreso il grado di umidità, necessarie per conferire all'opera la portanza richiesta. La risposta dei terreni al trattamento dipende essenzialmente dalla quantità e natura dei minerali argillosi e della silice amorfa in essi contenuta.

Sulla base delle quantità e delle considerazioni sopra riportate, pertanto, il fabbisogno complessivo (circa 279.000 mc), necessari alla realizzazione degli interventi ed alle lavorazioni nelle diverse fasi di cantierizzazione (rif a predisposizione propedeutica delle aree di cantiere o dei rilevati provvisori per le viabilità), deve essere soddisfatto da forniture ed approvvigionamenti esterni e da eventuali operazioni di recupero dei materiali provenienti dalle demolizioni. Questi materiali, approvvigionati con fornitura esterna, saranno accompagnati dalla relativa certificazione di idoneità tecnico-ambientale, oltre che quella prestazionale, in modo tale da non modificare il quadro ambientale di riferimento.

Ad esclusione del vegetale, pertanto la fornitura di materiali tecnicamente idonei e conforme ai requisiti ambientali prevede circa 153.600 mc, di cui circa 39.500 mc di materiale pregiato, relativi soprattutto al sistema di drenaggio anticapillare e di circa 51.800 mc necessari per le fasi propedeutiche di intervento.

Questi ultimi volumi saranno necessariamente rimossi e smaltiti in impianti di recupero una volta terminate le finalità di utilizzo nella logistica della cantierizzazione. A queste quantità si aggiungono circa 43.300 mc di materiale di scavo e circa 5.300 mc di vegetale che, come detto, non trovano disponibilità in opera o non riutilizzabili per i requisiti prestazionali scadenti (si tratta di circa il 28% sul totale di circa 175.000 mc complessivi scavati).

Nell'ambito della gestione a rifiuto, inoltre, sono previsti circa 3.000 mc provenienti dalle attività di demolizione di manufatti in calcestruzzo e circa 87.300 mc di pavimentazione e di fondazione stradale: questi volumi potranno comunque essere recuperati in impianti autorizzati. Anche le parti in acciaio (stimate pari a circa 266 tonnellate) sono destinate anch'esse allo smaltimento in impianto dedicati.

5 GESTIONE DEI RIFIUTI E DEI MATERIALI IDENTIFICATI COME NON SOTTOPRODOTTI

Tutti i materiali da scavo, che non dovessero rispettare le condizioni espresse per il riutilizzo in sito o in siti diversi da quello di scavo, saranno sottoposti alle disposizioni vigenti in materia di rifiuti riportate nella Parte IV “Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinanti”, ai sensi dell’art. 183 comma 1 lett. a) del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.

Nell’ottica che tali operazioni rientrino in un piano di gestione dei rifiuti secondo l’art. 183 comma 1 lett. a) del D.Lgs. 152/05 ss.mm.ii., si sottolinea anche che le acque utilizzate durante l’operazione di abbattimento delle polveri, saranno specificatamente raccolte e trattate e che il materiale di risulta dal processo di sedimentazione, costituito da polveri di perforazione, boiacche e additivi, sarà considerato rifiuto.

Sebbene le indagini cognitive di progetto non abbiano dato particolari evidenze, si specifica che dovessero emergere aree o porzioni di scavo ove sono presenti materiali di riporto con frammenti di origine antropica, con percentuali superiori al 20%, questi dovranno essere sottoposti alle medesime disposizioni vigenti in materia di rifiuti.

Con la medesima gestione a rifiuto sarà inquadrato il materiale proveniente da operazioni di demolizione e smantellamento di strutture preesistenti (ad es. opere in c.a., massicciate stradali, fresatura asfalti, ecc)

5.1.1 Indicazioni generali

Ai fini della definizione delle responsabilità, l’Appaltatore si configurerà come produttore di tutti i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione e scavo. Come tale gestirà direttamente le fasi di caratterizzazione e classificazione dei rifiuti, nonché di compilazione e gestione del formulario di identificazione rifiuti e del registro di carico e scarico, secondo quanto stabilito dalle leggi in materia e dalle normative nazionali e regionali.

L’Appaltatore, relativamente alle attività di gestione dei rifiuti, si occuperà inoltre:

- della fornitura di idonei contenitori per il confezionamento dei rifiuti;
- della movimentazione all’interno del sito dalle aree di lavoro/confezionamento a quelle di deposito temporaneo;
- del confezionamento ed etichettatura dei rifiuti in relazione alla tipologia;
- della predisposizione, gestione e smantellamento a fine lavori delle aree adibite a deposito temporaneo;
- del carico dei rifiuti sui mezzi di trasporto autorizzati;
- del trasporto e conferimento presso impianti esterni di recupero/trattamento/smaltimento.

L’Appaltatore inoltre si farà carico delle fasi di caratterizzazione, omologa, trasporto e smaltimento dei propri rifiuti, costituiti da rifiuti derivanti dalla gestione e manutenzione delle aree di cantiere di pertinenza dell’appaltatore, dalla manutenzione dei mezzi e delle attrezzature di proprietà dell’appaltatore (filtri, olii esausti, ecc), DPI usati, reflui dei bagni, materiali di consumo ecc., per i quali l’Appaltatore stesso si configurerà come produttore.

Tutte le attività dovranno essere eseguite nell’assoluta osservanza delle normative vigenti e delle procedure della Committente.

Particolare attenzione dovrà essere data al deposito temporaneo: è il raggruppamento dei rifiuti effettuato, prima della raccolta, nel luogo in cui gli stessi sono prodotti (nella fattispecie in ogni area di cantiere), ove essi sono depositati per il tempo necessario alla loro caratterizzazione ed il successivo avvio ad operazioni di smaltimento/recupero nel rispetto di quanto stabilito dall’art.183, lettera bb) del D.Lgs. 152/06, che definisce le limitazioni temporali e quantitative del deposito stesso. Per deposito temporaneo, ferma restando la definizione soprariportata, può intendersi l’area complessiva di cantiere e le aree funzionalmente collegate.

L’Appaltatore dovrà redigere il Piano di Gestione dei rifiuti di cantiere, in considerazione del piano in oggetto ed in ottemperanza al contratto di affidamento che sarà sottoscritto con la Committente.

Il Piano dovrà menzionare le attività di cantiere che possono originare rifiuti.

Il Piano deve indicare i rifiuti che l’Appaltatore prevede saranno prodotti nell’ambito del cantiere, in termini sia di tipologia che di stima approssimativa, e deve individuare le modalità di raccolta, le aree destinate allo stoccaggio e le misure previste per evitare sversamenti accidentali, indebita commistione di rifiuti e una cattiva

gestione in genere. Il Piano deve definire le modalità di tracciamento dei rifiuti nel rispetto della normativa vigente, individuando i responsabili della tenuta della documentazione e del controllo dell'applicazione delle modalità previste nel Piano.

La documentazione sulla gestione dei rifiuti dovrà correttamente essere archiviata in cantiere e resa disponibile alla Direzione Lavori nonché agli Enti di Controllo nei termini di legge.

Il Piano deve contenere come minimo:

- identificazione e caratterizzazione del rifiuto;
- assegnazione del codice EER al rifiuto;
- deposito preliminare alla raccolta (ovvero deposito temporaneo; indicando il numero e la relativa localizzazione);
- etichettatura;
- gestione del rifiuto in fase di deposito;
- compilazione e vidimazione dei Formulare di Identificazione del Rifiuto (FIR);
- compilazione dei Registri di Carico/Scarico;
- conferimento incarico ai trasportatori, intermediari e destini finali;
- verifica della validità delle autorizzazioni dei trasportatori, intermediari e destini;
- corretto conferimento ai destini, mediante verifica del ritorno della 4a copia, per la corretta tracciabilità dei rifiuti, entro il tempo designato (90 giorni).
- conservazione dei documenti con le corrette modalità e tempistiche;
- compilazione del SISTRI per la tracciabilità del rifiuto, ove previsto;
- compilazione della dichiarazione annuale (MUD-Modello Unico di Dichiarazione Ambientale).

L'Appaltatore, nel redigere il Piano, deve indicare pratiche di controllo e monitoraggio delle aree di deposito dei rifiuti mettendo in conto tutti i possibili accorgimenti, tra cui a titolo esemplificativo e non esaustivo:

- evitare di immettere rifiuti un sito non previsto per la determinata tipologia;
- evitare di immettere rifiuti liquidi in aree non dotate di bacino di contenimento;
- evitare di lasciare contenitori di rifiuti liquidi vicino a caditoie di acque pluviali;
- allocare i rifiuti in aree non allestite al deposito temporaneo;
- prevedere l'ubicazione dei siti di deposito temporaneo lontano dagli alloggi e dalle vie di movimentazione, nel rispetto delle modalità tecniche di deposito e dei limiti normativi;
- prevedere la presenza di mezzi ed attrezzature necessarie per il contenimento di un eventuale sversamento e formazione erogata a tutti gli operatori per la gestione delle perdite;
- predisporre per ogni tipo di rifiuto istruzioni operative per la raccolta, movimentazione in sito, deposito e smaltimento e attuare azioni di informazione e formazione alle persone coinvolte alla gestione del rifiuto;
- raggruppare i contenitori per tipologie omogenee di rifiuti in modo da consentire una facile ispezione, l'accertamento di eventuali perdite e la rapida rimozione di eventuali contenitori danneggiati;
- contrassegnare ciascuna area di deposito con cartellonistica idonea, ben visibile per dimensioni e collocazione, indicante le norme per la manipolazione dei rifiuti e per il contenimento dei rischi per la salute dell'uomo e per l'ambiente;
- riportare sulla cartellonistica i codici EER, lo stato fisico e la pericolosità dei rifiuti depositati.

Le aree di deposito dei rifiuti, nonché le relative caratteristiche costruttive e le tipologie di rifiuti stoccabili, devono essere identificate dall'Appaltatore.

L'Appaltatore deve predisporre ed attuare un piano di campionamento secondo quanto indicato nella norma ISO 10802:2013.

Le analisi dei campioni dei rifiuti devono essere effettuate da un laboratorio accreditato secondo metodiche standardizzate e riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale.

L'Appaltatore deve annotare su apposito registro le informazioni relative alla caratterizzazione dei rifiuti generati durante le attività di cantiere, comprensive delle caratteristiche di pericolo.

Nel caso di recupero dei rifiuti, l'Appaltatore deve dare evidenza dell'iter autorizzativo ai sensi del D.Lgs 152/2006 e s.m.i. conseguito e della documentazione tecnica relativa. La gestione delle autorizzazioni da parte dell'ente di competenza territoriale ex artt. 208, 210, 211 D.Lgs. 152/2006 s.m.i. e le comunicazioni ex-art.216,

del medesimo decreto, per impianti e attività di gestione dei rifiuti, è riferita alle norme di competenza dei servizi ed al rilascio delle autorizzazioni.

5.2 GESTIONE EMERGENZE E RIPRISTINO DEI LUOGHI

Fatte salve le responsabilità civili e penali previste dalla vigente normativa (tra cui il *D.Lgs 152/2006 e s.m.i.*), con particolare riferimento all'inquinamento ambientale, al fine di prevenire al massimo le possibilità di incorrere in tali situazioni eventualmente connesse alle attività dei cantieri, l'Appaltatore è tenuto ad attuare tutti gli adempimenti nel rispetto della normativa ambientale e ad acquisire tutte le autorizzazioni necessarie allo svolgimento delle attività, rispettando le eventuali prescrizioni contenute negli atti autorizzativi.

L'Appaltatore ha l'obbligo di procedere alla richiesta di tutte le autorizzazioni e alle eventuali comunicazioni necessarie per l'esecuzione dell'intervento e delle proprie attività.

L'Appaltatore, inoltre, dovrà attenersi a tutte le ulteriori disposizioni vigenti per la prevenzione e tutela all'inquinamento emanate dagli Enti Competenti, ed è tenuto a redigere, preventivamente all'installazione del cantiere, tutta la documentazione informativa sulle buone pratiche ai fini della protezione ambientale, sulle misure di gestione ambientale del cantiere e sulla gestione delle relative emergenze.

Ove l'inosservanza di disposizioni, anomalie o interventi non corretti fosse causa di fenomeni di inquinamento, accidentale o continuativo, la relativa responsabilità civile e penale sarà a carico dell'Appaltatore.

Per la corretta gestione ambientale del singolo cantiere l'Appaltatore è tenuto a pianificare un livello adeguato di controlli ambientali di campo, da effettuarsi nel corso dei lavori.

A termine dei lavori, nella fase di smobilitazione, L'Appaltatore sarà tenuto a rimuovere completamente qualsiasi opera, terreno o pavimentazione adoperata per l'installazione dei campi, cantieri e aree di lavoro, inviando, quando in esubero, il materiale al conferimento in discariche autorizzate, al fine di ripristinare lo stato attuale dei luoghi secondo le disposizioni progettuali.

L'Appaltatore sarà inoltre tenuto, alla conclusione dei lavori nella fase di ripristino finale, alla verifica di non contaminazione delle aree di cantiere e lungo le viabilità eventualmente dismesse.

Nel caso di accertata contaminazione, L'Appaltatore dovrà darne comunicazione tempestiva alla Direzione Lavori ed attivare le procedure previste dalla normativa vigente. A sue spese dovrà farsi carico delle azioni conseguenti, compresi l'eventuale bonifica e/o ripristino dell'area potenzialmente contaminata.

5.2.1 Caratterizzazione di verifica in corso d'opera o finale

In relazione a quanto indicato all'art. 9 comma 7 e all'art. 28 del Regolamento, è fatta salva la possibilità da parte dell'Autorità di controllo di eseguire controlli ed ispezioni in contraddittorio direttamente sull'area di destinazione, sia a completamento che durante la posa in opera del materiale, utilizzando gli stessi criteri adottati per la caratterizzazione in corso d'opera.

L'Appaltatore sarà inoltre tenuto, alla conclusione dei lavori nella fase di ripristino finale, alla verifica di non contaminazione delle aree di cantiere e delle fasce lungo le viabilità utilizzate.