

COMMITTENTE:



APPALTATORE A.T.I.



ITALIANA COSTRUZIONI S.p.A.	(Mandante)
ESIM S.r.l.	(Mandante)
ALPITEL S.p.A.	(Mandante)
ARMAFER del Dr. Michele Morelli S.r.l.	(Mandante)

**LINEA PALERMO-MESSINA RADDOPPIO FIUMETORTO-CEFALÙ-CASTELBUONO
TRATTA OGLIASTRILLO-CASTELBUONO**

PROGETTO COSTRUTTIVO

**PIANO ACCERTAMENTO VERIFICA FONDO
NATURALE SITI DI PRODUZIONE**

Codice Elaborato

COMMESSA LOTTO FASE ENTE OPERA DISCIPLINA TIPO Progr. REV.

RS01 20 C ZZ RHIM 00 03 003 A

Scala:

-

File: RS0120CZZRHIM0003003A.pdf

Formato: pdf

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A	Gennaio 2021	Emissione			

PROGETTAZIONE:

APPROVAZIONI:



**Piano di Accertamento ambientale per la definizione dei valori di
fondo naturale del sito di produzione dei materiali da scavo**

Committente
TOTO COSTRUZIONI S.p.A.
Viale Abruzzo, 410 66100 CHIETI (CH)



ELABORATO

**Piano di indagine ambientale per la definizione dei valori di
fondo dei siti di produzione**

L'Estensore dell'Elaborato
Servizi Tecnici - Giglio S.r.l.
Dott. Giandomenico Nardone

Il Direttore Tecnico
Giglio S.r.l.
Dott. Filippo Giglio

I emissione - 29 gennaio 2021



INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL LAVORO	7
2.1	Normativa di riferimento	11
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	12
3.1	Inquadramento geografico	12
3.2	Aspetti geologici.....	13
4	RACCOLTA E ORGANIZZAZIONE DATI.....	17
5	PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI.....	18
5.1	Piano di indagini	18
6	ATTIVITA' DI INDAGINE IN SITU.....	22
6.1	Indagini indirette	22
6.2	Esecuzione delle indagini dirette	22
6.2.1	<i>Posizionamento dei punti ed esecuzione dei sondaggi</i>	<i>22</i>
6.2.2	<i>Modalità Esecutive Carotaggio.....</i>	<i>22</i>
6.2.3	<i>Utensili per la perforazione</i>	<i>24</i>
6.2.4	<i>Altri utensili e attrezzatura</i>	<i>24</i>
6.2.5	<i>Cassette catalogatrici</i>	<i>24</i>
6.2.6	<i>Rivestimento provvisorio.....</i>	<i>25</i>
6.2.7	<i>Pulizia del fondo foro</i>	<i>25</i>
6.2.8	<i>Ripristino dei luoghi</i>	<i>25</i>
6.3	Campionamento terreno profondo	26
6.4	Registrazione modalità di campionamento	28
6.5	Modalità di imballaggio, trasporto e conservazione dei campioni	29
6.5.1	<i>Imballaggio</i>	<i>29</i>
6.5.2	<i>Trasporto</i>	<i>29</i>
6.5.3	<i>Conservazione.....</i>	<i>30</i>



7	ATTIVITA' EX SITU.....	31
7.1	Analisi chimico-fisica sui campioni di terreno	32
8	GESTIONE DEI RISULTATI	33
9	GESTIONE DEI RIFIUTI.....	37
10	CONCLUSIONI.....	39



1 PREMESSA

Il tema del fondo naturale affrontato dal DM 161/12 è relativo ai casi in cui, per fenomeni di origine naturale, siano superate le 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.

Si definisce l’**“ambito territoriale con fondo naturale”** quale *“porzione del territorio geograficamente individuabile in cui può essere dimostrato che un valore di concentrazione di una o più sostanze nel suolo, superiore alle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V della parte IV del decreto legislativo 23 aprile 2006, n. 152 sia ascrivibile a fenomeni naturali legati alla specifica pedogenesi del territorio stesso, alle sue caratteristiche litologiche e alle condizioni chimico fisiche presenti”*.

Nella determinazione dei valori di fondo naturale (VFN) si ravvisa esigenza che i valori di fondo che sostituiscono le CSC devono essere desunti da un contesto naturale “locale” il più possibile vicino a quello della matrice terre e rocce di cui costituisce il riferimento. D’altra parte, il significato fisico del fondo naturale implica che il suo indicatore (o valore di fondo) debba comprendere la naturale variabilità delle matrici ambientali su scala più ampia rispetto ad un immediato “intorno” al sito/matrice di interesse. Questo anche per evitare che a due siti (distinti nel solo senso “amministrativo”) contigui e geologicamente uniformi, facciano riferimento diversi valori di fondo.

Al progetto in oggetto si applica la disciplina del DM 161/12, così come ben precisato dall’art. 27 co. 1 del DPR 120/17, in quanto l’approvazione del progetto e del piano di utilizzo è avvenuta in vigenza del DM 161/12.

Le linee guida sull’applicazione della disciplina per l’utilizzo delle terre e rocce da scavo (delibera del consiglio SNPA, Seduta del 09/05/2019. Doc. 54/19) per lo svolgimento del procedimento delineano un percorso tecnico-amministrativo che può essere condotto con la successione di fasi indicata di seguito, con riferimento alla disciplina prevista dal DM 161/12:

1. il produttore, avendo rilevato superamenti delle 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 nella fase di caratterizzazione dei materiali, segnala all'ARPA territorialmente competente, il superamento rilevato e attribuito a fenomeni naturali, ai sensi dell'art. 4 co. 4 del DM 161/12, chiedendo un incontro tecnico preliminare, nel quale il proponente presenta e illustra i dati a disposizione. Nel corso dell'incontro si condividono le linee essenziali del modello concettuale, sulla base del quale viene definito il Piano di indagine, procedura operativa del piano di accertamento;
2. il produttore, sulla base di quanto definito con le modalità di cui al p.to precedente, predispone un Piano di Accertamento, che sottopone all'ARPA;
3. se ritenuto adeguato, con eventuali integrazioni o approfondimenti richiesti da ARPA, il Piano è formalmente adottato, e il produttore ne dà esecuzione, condividendo con ARPA il programma di campionamenti, da eseguire in contraddittorio. L'ARPA, valutandone caso per caso la necessità, partecipa alla campagna di campionamenti, prelevando, se del caso, uno o più campioni di controllo, o controllando le attività effettuate dal laboratorio incaricato dal proponente;
4. il produttore, in esito ai risultati degli studi e delle analisi effettuate, trasmette la relazione conclusiva;
5. l'ARPA verifica l'adeguatezza quali/quantitativa dei dati presentati e la coerenza delle conclusioni ottenute, in cui sono definiti i valori di fondo naturale ritenuti accettabili.

Qualora si intenda utilizzare il materiale scavato in un sito diverso da quello di produzione, saranno contestualmente coinvolte, in ogni fase del procedimento, sia l'agenzia territorialmente competente del sito di produzione che quella del sito di destinazione (se diverse).

Sulla base dei valori di fondo definiti dal piano di accertamento, il proponente presenta l'aggiornamento del Piano di Utilizzo, secondo quanto indicato al comma 3 dell'art. 5 del DM 161/12. In tal caso l'utilizzo del materiale da scavo sarà consentito nell'ambito dello stesso sito di produzione. Nell'ipotesi di utilizzo in sito diverso rispetto a quello di produzione, ciò dovrà accadere in un ambito territoriale con fondo naturale con caratteristiche analoghe e



confrontabili per tutti i parametri oggetto di superamento nella caratterizzazione del sito di produzione.

Per questa motivazione ARPA Sicilia ha chiesto, in sede di esame dei piani di accertamento del fondo naturale del sito di destinazione già approvato dell'ex cava Roccalupa, e del nuovo sito di potenziale destinazione, nel progetto di riqualificazione paesaggistica dell'“Area Marchese”, di estendere l'accertamento anche ai siti di produzione del materiale di scavo, identificati nel tracciato delle gallerie Cefalù e S. Ambrogio dell'opera.



2 SCOPO DEL LAVORO

Il produttore del materiale da scavo è l'esecutore del Piano di utilizzo, ovvero Toto Costruzioni spa, appaltatore dei lavori di costruzione del *Raddoppio ferroviario della Tratta Ogliastrillo-Castelbuono della Linea Palermo-Messina*. L'esecutore risulta anche proponente dell'aggiornamento del Piano di Utilizzo dei Materiali da Scavo (oggi "terre e rocce da scavo"), predisposto ai sensi del D.M. 161/12, approvato con determina DVADEC-2015-0000206 del 22/06/2015 della Direzione Generale per le Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali del Ministero dell'Ambiente – MATTM.

Il presente elaborato viene redatto ai fini di una ottimale e conforme definizione delle caratteristiche dei superamenti delle CSC di colonna A rilevate in fase di caratterizzazione ambientale *ante-operam* del tracciato delle opere e attribuite a fenomeni naturali, nello specifico le concentrazioni di idrocarburi pesanti (C >12). Tali superamenti rientrano nell'ordine di grandezza di concentrazioni di 74÷258 mg/kg, superiori alla soglia di tabella A di 50 mg/kg e inferiori alla soglia di tabella B 750 mg/kg.

I superamenti rilevati nella fase di corso d'opera sono stati attribuiti, sulla base della loro giacenza e di approfondimenti sugli aspetti geologici del sito, alla presenza di frazioni di sostanza organica negli orizzonti profondi del *flysh numidico*, contenenti frazioni di idrocarburi di origine non antropica ma biogena.

All'interno delle linee guida sui VFN, è peraltro riportata una valutazione che, sebbene riferita ad un contesto di terreni "torbosi", si ritiene applicabile anche alla situazione riscontrata in *ante-operam*: "*Valori elevati di idrocarburi C >12 (fino a 350 mg/kg) sono stati riscontrati nei suoli torbosi o in generale in suoli con concentrazioni di sostanza organica maggiore del 5%, soprattutto in situazioni di sommersione e quindi carenza di ossigeno. Tali condizioni favorirebbero una lenta trasformazione della sostanza organica in composti ad elevata percentuale di C e H che all'analisi con metodo ufficiale degli idrocarburi C >12 vengono riconosciuti come tali pur non essendo di origine fossile/petrolifera.*



In fase analitica la disposizione dei picchi del cromatogramma, anche confrontata con il quello riferito a campioni con certa ed unica componente naturale, dovrebbe consentire di escludere o meno l'origine antropica di dette sostanze.”

Nelle indagini eseguite in fase di *ante-operam*, e dagli accertamenti in corso d'opera, sono state effettuate analisi del contenuto di TOC e solfuri, che hanno rilevato:

- La presenza di sostanza organica (parametro TOC) circa 1%;
- L'assenza di solfuri, con concentrazioni nell'intorno < 2 mg/kg, e quindi l'improbabile origine fossile di tali idrocarburi.

Queste considerazioni hanno portato il proponente a valutare tali fenomeni come naturali, e quindi ad attivare la procedura di accertamento prevista dall'art. 5 co.4 del DM 161/12, in condivisione con il committente, nonché produttore giuridico del materiale di scavo, e con ARPA Sicilia.

Lo scopo dell'accertamento è quello di definire l'ambito territoriale omogeneo in cui può avvenire l'utilizzo.

Nelle linee guida sui VFN, è riportato quanto di seguito riportato: **A4 MATERIALI LAPIDEI** *La valutazione del fondo per i materiali lapidei è essenzialmente riconducibile agli ambiti gestionali di terre rocce da scavo, in quanto questa matrice non è richiamata direttamente nel dettato normativo della parte IV, titolo V del TUA (Bonifica di siti contaminati). Nella determinazione dei VFN utile ai fini della gestione di materiale lapideo generato da scavi, i parametri di interesse saranno costituiti preferenzialmente dai soli inorganici (metalli e semi-metalli) in quanto la normativa richiede esplicitamente che ai fini della loro gestione TRS siano conformi alle CSC o ai VFN [Nei normali contesti operativi, è esclusa la presenza di idrocarburi naturali (o di materia organica con analoga risposta cromatografica) nel materiale lapideo. Le rare eccezioni potrebbero essere costituite da rocce serbatoio (es. calcari impregnati di idrocarburi naturali) o da litologie particolari quali ad es. ligniti e litantraci, In questi ultimi casi potrebbe essere possibile definire più che un vero e proprio VF (in quanto legato a contesti puntuali), un valore di riferimento anche per le sostanze organiche].*



Qualora si ritenga necessario procedere alla determinazione del fondo geochimico naturale su materiale lapideo, le analisi saranno condotte previa porfirizzazione dell'intero campione (Allegato 4, DPR 13 giugno 2017, n. 120).

In determinati contesti (es. scavo in galleria) è presumibile che il materiale lapideo derivante da operazioni di scavo, qualora accertato che non sia stato contaminato (ovvero non sia stato frammisto a rifiuto) durante le fasi di scavo [...] L'eventuale determinazione dei VFN del sito di produzione dovrà essere condotta su materiale naturale, non contenente nessun apporto antropico], per sua natura, possa essere considerato conforme ai VFN, in quanto totalmente affine dal punto di vista chimico al corpo roccioso non scavato che costituisce il riferimento per il fondo naturale.

Scopo del presente accertamento sarà quindi quello di definire, più che un vero e proprio VF (in quanto legato a contesti puntuali), un valore di riferimento anche per le sostanze organiche, che presentano analogia risposta cromatografica rispetto agli idrocarburi pesanti.

Il Piano di accertamento descrive in dettaglio i criteri da adottare e le attività che si intende porre in essere per la determinazione dei **valori di fondo naturale** dei materiali da scavo relative ai lavori di costruzione della *Raddoppio ferroviario della Tratta Ogliastrillo-Castelbuono della Linea Palermo-Messina*.

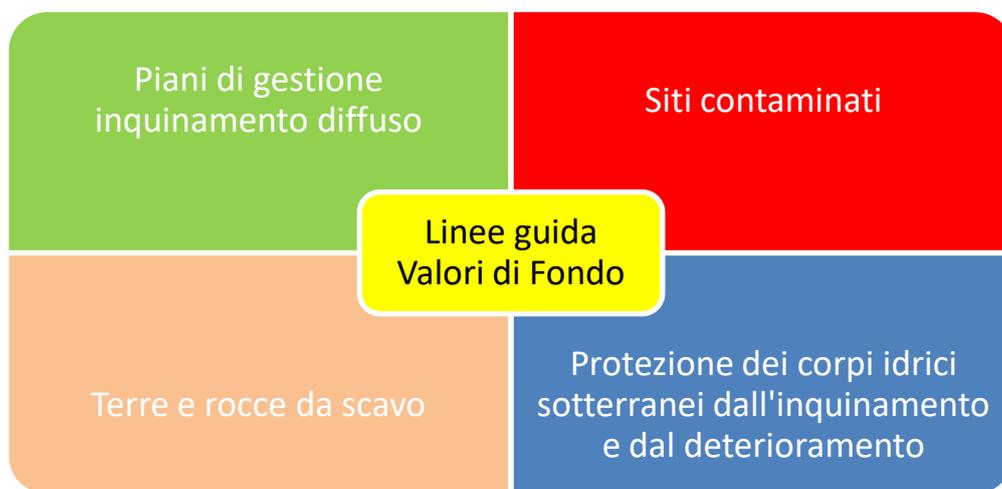
L'esigenza della definizione dei valori di fondo naturale per il sito in questione nasce dai peculiari risultati ottenuti in fase di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo inserite nel Piano di Utilizzo. In siffatto contesto, infatti, è stato in più occasioni accertato che in corrispondenza dei terreni appartenenti all'Unità del *Flysch Numidico* che caratterizzano la geologia sia della citata linea ferroviaria da realizzarsi che del territorio circostante, si riscontra la presenza di sostanze idrocarburiche (analiticamente determinate come "*Idrocarburi pesanti C10-C40*") con concentrazioni superiori ai limiti tabellari, fenomeno quest'ultimo riscontrato su diverse porzioni di territorio e a profondità diverse.

Infatti, la problematica della determinazione dei valori di fondo (VF) nei suoli e nelle acque sotterranee è più volte richiamata dal dettato normativo ambientale italiano, in quanto essi possono costituire dei valori di riferimento da cui dipende la gestione operativa delle matrici ambientali interessate.

Nel dettaglio, gli ambiti considerati per la determinazione e l'applicazione dei VF nei suoli e nelle acque sotterranee, così come richiamati nella normativa, comprendono:

- terre e rocce da scavo
- siti contaminati
- piani di gestione dell'inquinamento diffuso
- protezione dei corpi idrici sotterranei dall'inquinamento e dal deterioramento

Con l'obiettivo di armonizzare le diverse procedure e problematiche locali, il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente ha emanato il documento "**LINEE GUIDA PER LA DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO PER I SUOLI E PER LE ACQUE SOTTERRANEE**" **DOC. N.20/17**. Dette linee guida abbracciano tutti i campi di intervento citati e vengono schematizzati nella figura di seguito riportata.



Nel rispetto delle Linee guida citate e tenendo conto della normativa di riferimento di seguito riportata è stato predisposto il presente elaborato finalizzato alla determinazione dei **valori di fondo naturale** per le aree di produzione.

2.1 Normativa di riferimento

- D.lgs. n. 152/2006 e s.m.i. “Norme in materia ambientale”. Parte IV “Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati”
- Art. 3 del d.l. 25 gennaio 2012, n. 2 (convertito con l. 24 marzo 2012, n. 28 e s.m.i.) “Interpretazione autentica dell’art. 185 del decreto legislativo n. 152 del 2006, disposizioni in materia di matrici materiali di riporto ed ulteriori disposizioni in materia di rifiuti”;
- Decreto del Ministero dell’Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare 10 agosto 2012, n. 161 Regolamento recante la disciplina dell’utilizzazione delle terre e rocce da scavo;
- DPR 13 giugno 2017, n. 120 “Riordino e semplificazione della disciplina sulla gestione delle terre e rocce da scavo. Attuazione articolo 8, D.l n. 133/2014. Abrogazione DM 161/2012. Modifica art. 184bis, D.lgs. 152/06”
- Art. 41 (commi 3-bis e 3-ter) del d.l. 21 giugno 2013, n. 69 e relativa legge di conversione 9 agosto 2013, n. 98 (materiali da scavo provenienti da miniere dismesse all’interno di Siti di Interesse Nazionale);
- Art. 34 (commi 7, 8, 9 e 10) del d.l. 12 settembre 2014, n. 133 (c.d. “Sblocca Italia”).
- D.lgs. 16 gennaio 2008 n.4 art. 2 comma 43 (collegato del Dlgs 152/2006 Parte IV Titolo 5): prevede valori superiori alle CSC per la bonifica delle acque sotterranee in caso di fondo naturale più elevato o di modifiche allo stato originario dovute all’inquinamento diffuso, ove accertati o validati dall’Autorità pubblica competente.
- Le linee guida sull’applicazione della disciplina per l’utilizzo delle terre e rocce da scavo (delibera del consiglio SNPA, Seduta del 09/05/2019. Doc. 54/19);
- Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati -APAT Manuali e linee guida 43/2006-

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 Inquadramento geografico

L'indagine in oggetto riguarda i materiali da scavo provenienti dalla realizzazione delle gallerie del tracciato ferroviario del progetto di raddoppio relativo alla tratta Cefalù Ogliastrillo-Castelbuono che ricade interamente nella Provincia di Palermo, attraversando i territori dei comuni di Cefalù e Pollina. Il progetto in esame prevede il raddoppio della tratta ferroviaria dalla località Ogliastrillo, collocata immediatamente a ovest rispetto al centro abitato di Cefalù, alla stazione di Castelbuono per uno sviluppo di circa 12,3 km.

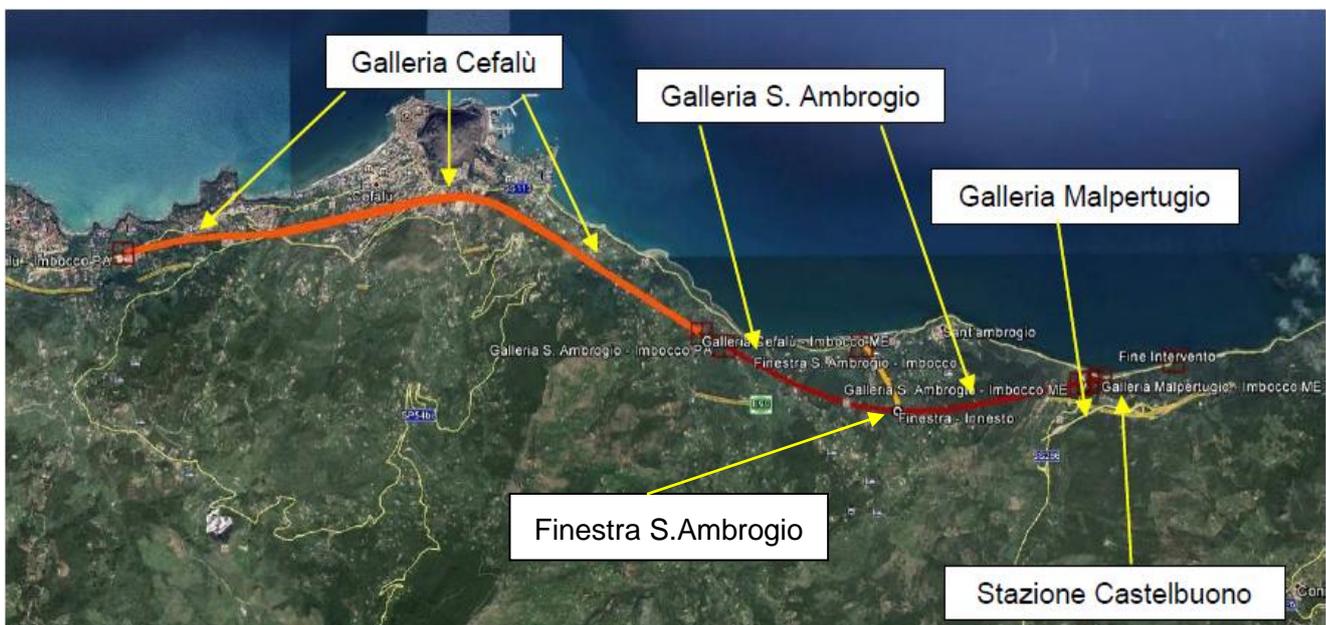


Figura 1 - Inquadramento geografico

Tale intervento di raddoppio, in variante di tracciato per tutto il suo sviluppo, è costituito da una successione di gallerie intervallate da tratti allo scoperto di estensione limitata.

È prevista, nello specifico, la realizzazione di tre gallerie naturali di linea:

- Galleria "Cefalù", a doppia canna dello sviluppo di circa 7 km.
- Galleria "S. Ambrogio", a singola canna lunga circa 4 km,
- Galleria "Malpertugio", a singola canna lunga 180 m circa.

Le gallerie sono intervallate da due tratti di linea allo scoperto in corrispondenza del Torrente Carbone (tra la galleria Cefalù e la galleria S. Ambrogio) e del Torrente Malpertugio (tra la galleria S. Ambrogio e la galleria Malpertugio).

3.2 Aspetti geologici

Per gli aspetti geologici dell'intera galleria si rimanda alla Relazione Geologica di progetto. Di seguito si riportano degli stralci della descrizione geologica dei tre fronti di scavo come da sopralluoghi di Gennaio 2021.

- Galleria Sant'Ambrogio, Lato PA – progressiva chilometrica 73+408:



Figura 2 - Fronte di scavo Galleria S. Ambrogio, lato Palermo

‘L’attuale fronte è caratterizzato da una regolare alternanza di argilliti in sottili strati e/o scaglie, siltiti e quarzosiltiti in strati decimetrici e centimetrici afferenti alla formazione geologica del Flysch Numidico (FNaq). [...] il colore dei litotipi è bruno rossiccio per evidenti fenomeni di ossidazione dei minerali ferrosi accessori dovuto alla presenza di acqua di falda circolante negli strati quarzarenitici e quarzosiltitici fratturati. [...]’

- Galleria S. Ambrogio, lato ME - progressiva chilometrica 73+742,77:



Figura 3 - Fronte di scavo galleria S. Ambrogio, lato Messina

‘L’attuale fronte è caratterizzato dalla presenza di siltiti e quarzosiltiti e subordinate quarzareniti in strati decimetrici e centimetrici afferenti alla formazione geologica del Flysch Numidico (FNqs). I litotipi sono di colore grigio, inalterati. [...] Dal punto di vista

idrogeologico al fronte non si osserva presenza di acqua, neanche sotto forma di tracce di umidità.'

- Galleria Finestra S. Ambrogio – progressiva chilometrica 492,8:



Figura 4 - Fronte di scavo Finestra S. Ambrogio



‘L’attuale fronte è caratterizzato dalla presenza di siltiti, quarzosiltiti e quarzareniti lapidee tenaci, in banco e strati decimetrici e centimetrici afferenti alla formazione geologica del Flysch Numidico (FNqs).’

Da tali sopralluoghi, quindi, si evince che la composizione geologica principale presente è il *Flysch Numidico* che caratterizza tutta l’area, sia i siti di produzione che i siti di destinazione, e in cui sono stati riscontrati i superamenti delle CSC degli idrocarburi (C >12).



4 RACCOLTA E ORGANIZZAZIONE DATI

Lungo la tratta sono state già effettuate diverse campagne di campionamento delle terre per l'accertamento dei valori di fondo:

- Ante-operam: n. 8 Sondaggi profondi (anno 2013-2014);
- Ante-operam: n. 6 sondaggi ambientali integrativi (anno 2016);
- Corso d'opera: Sondaggio orizzontale sui tre fronti di scavo (anno 2020)
 - Galleria S. Ambrogio - fronte lato Palermo;
 - Galleria S. Ambrogio - fronte lato Messina;
 - Galleria Finestra S. Ambrogio;

In tutte le campagne di campionamento effettuate è stata rilevata una concentrazione di **Idrocarburi pesanti** (C >12) superiore alle CSC definite dalla Tab. 1/A, Allegato 5, titolo V, parte IV del Dlgs 152/06.

Le terre dei tratti di galleria fin ora scavati sono state riutilizzate all'interno dell'opera stessa.



5 PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

5.1 Piano di indagini

In riferimento a quanto previsto dalle norme tecniche prese in considerazione per la redazione del presente piano di indagini ambientali, l'intervento prevede un set di attività di indagine da eseguirsi *in situ* (realizzazione sondaggi, prelievo campioni, ecc.) e un set di indagini da eseguirsi *ex situ* (*analisi chimico fisica dei campioni, interpretazione dei dati, ecc.*).

INDAGINI DA ESEGUIRSI IN SITU

A. Interventi diretti

- i. **Sondaggi orizzontali sul fronte di scavo**, si propone la realizzazione di **N° 1 sondaggio con carotaggio continuo in orizzontale su ogni fronte di scavo**, spinti fino alla profondità di **40 metri dal fronte di scavo**, al fine di indagare uno spessore significativo del sottosuolo compatibilmente con l'attendibilità delle caratteristiche ambientali dei campioni prelevati (profondità maggiori comportano l'esigenza di ricorrere a modalità operative che aumentano il rischio di fenomeni di contaminazione dei campioni per effetto delle stesse operazioni di sondaggio e prelievo (*cross-contamination*)).

Tali sondaggi verranno eseguiti sui **due fronti della galleria S. Ambrogio** (lato PA e lato ME), sul fronte della **galleria 'Finestra S. Ambrogio'** e sul **fronte della galleria Cefalù** per un totale di **4 sondaggi orizzontali**.

- ii. **Prelievi superficiali sul fronte dello scavo**, in corrispondenza di tre dei quattro fronti di scavo si provvederà al prelievo di un campione medio che sarà ottenuto da 8 campioni elementari, distribuiti uniformemente sulla superficie dello scavo, al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, darà il campione finale da sottoporre ad analisi chimica. La galleria Cefalù non sarà oggetto di questo tipo di prelievo, in quanto, sul fronte dello scavo è presente una paratia di pali artificiale che non permette ad oggi questo tipo di campionamento.

- iii. **Sondaggi verticali esterni alle gallerie**, si propone la realizzazione di sondaggi verticali in corrispondenza gli imbocchi delle gallerie, per un totale quindi di **4 sondaggi** in prossimità degli imbocchi delle gallerie denominate S. Ambrogio, Finestra S. Ambrogio' e 'Cefalù'.

B. Campionamento

- i. Per ogni sondaggio orizzontale saranno prelevati **5 campioni** (per un totale complessivo di **20 campioni**) alle seguenti profondità
- Campione 1 da 0 a 1 m;
 - Campione 2 da 9 a 10 m;
 - Campione 3 da 9 a 20 m;
 - Campione 4 da 29 a 30 m;
 - Campione 5 da 39 a 40 m.
- ii. Per ogni sondaggio verticale verranno prelevati **3 campioni** a diverse profondità per un totale di **12 campioni** esaminati.
- iii. I campioni composti da prelevare sul fronte dello scavo saranno in totale 4.

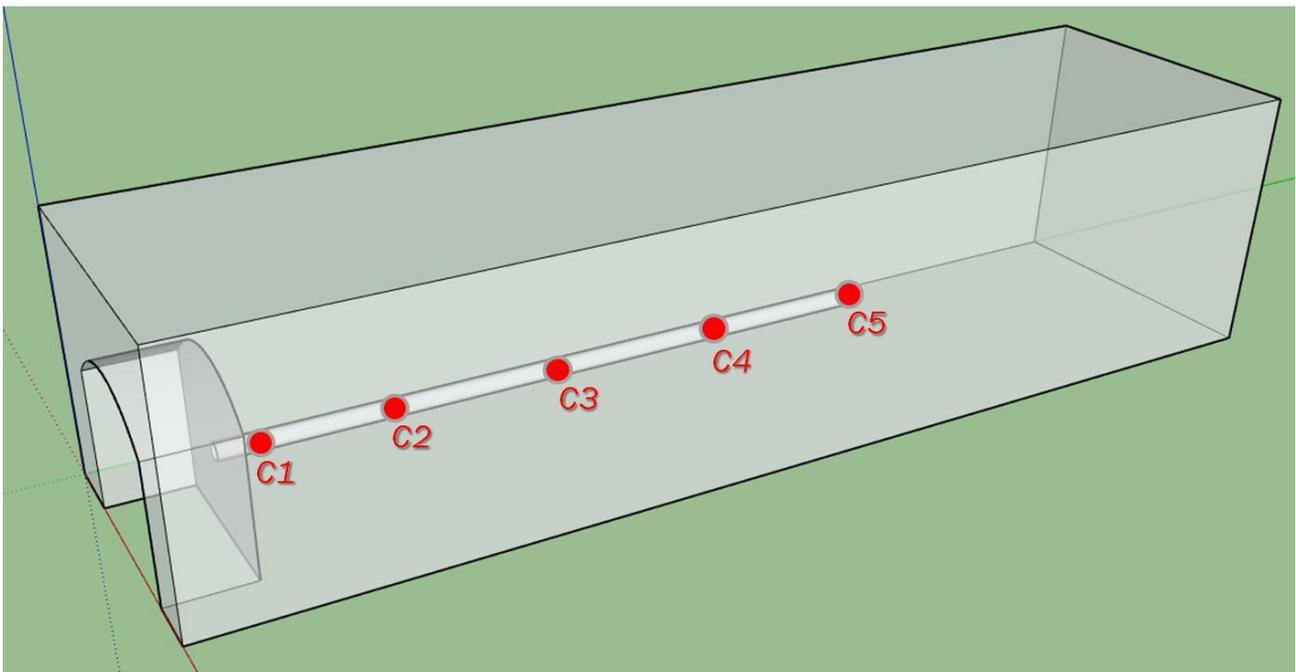


Figura 5. Modalità di prelievo nei sondaggi orizzontali

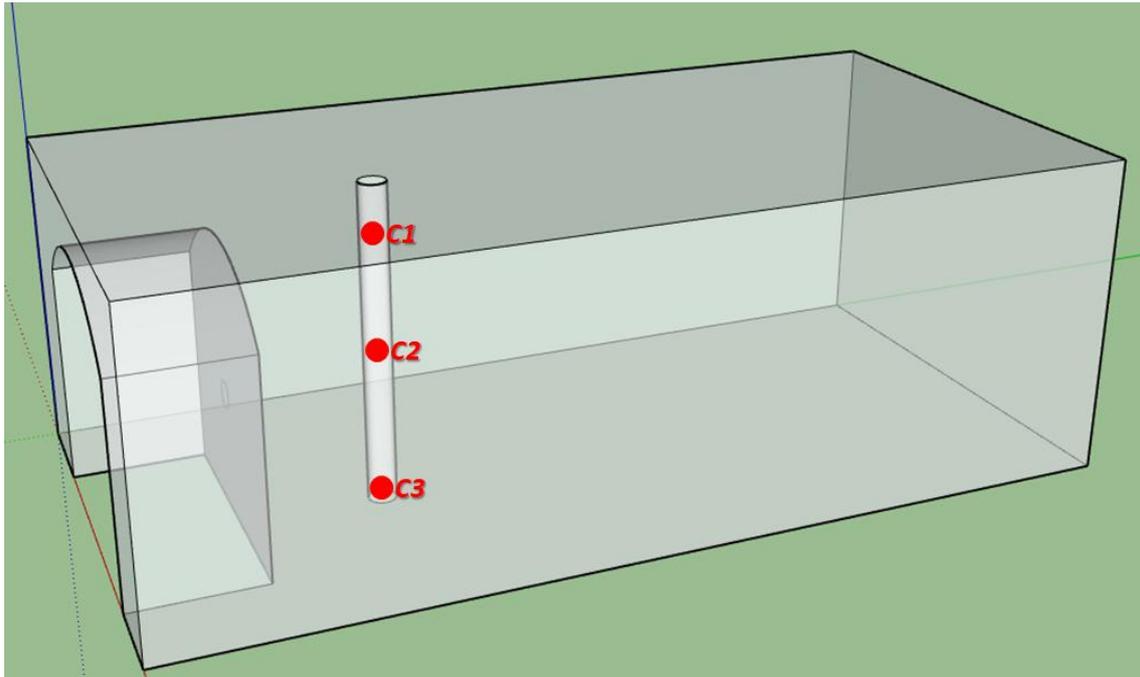


Figura 6. Modalità di prelievo nei sondaggi verticali

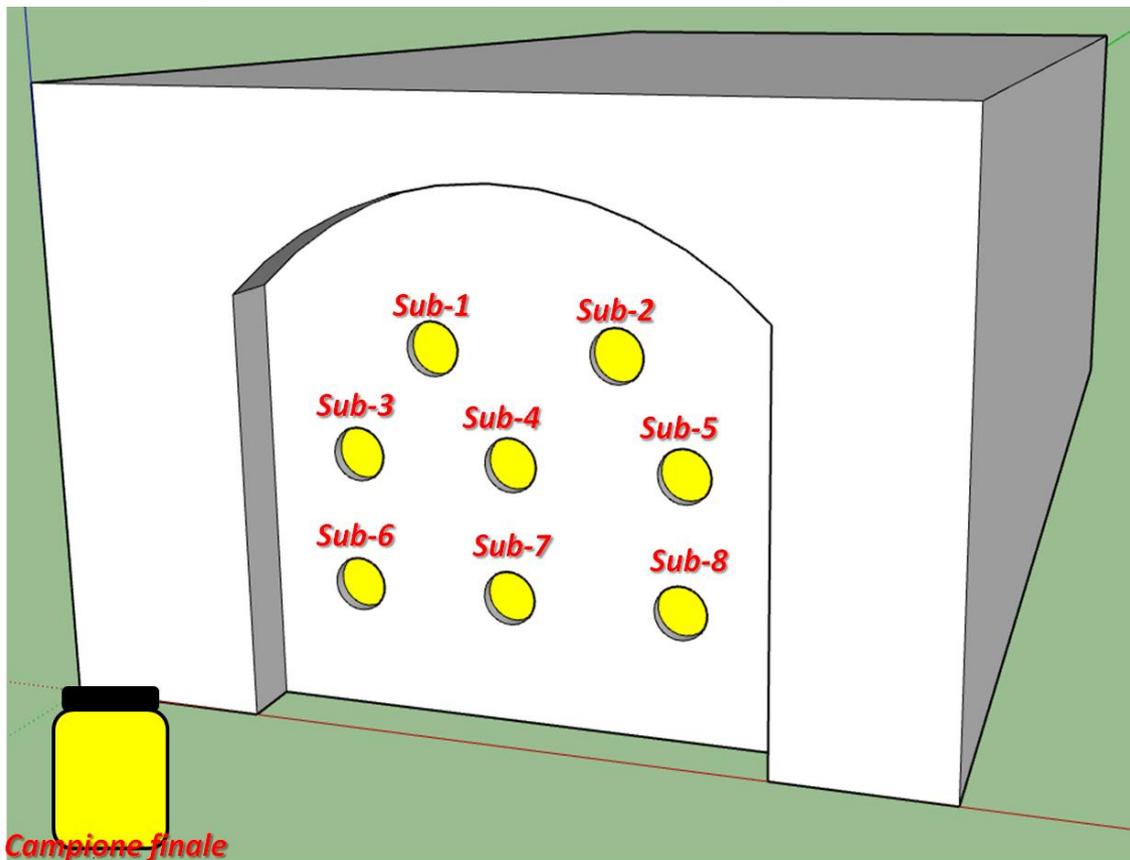


Figura 7. Modalità di prelievo dal fronte dello scavo

INDAGINI DA ESEGUIRSI EX SITU

A. Attività di laboratorio

- i. Esecuzione delle analisi di laboratorio su **35 campioni** di terre;

Nella tabella seguente viene riportato un riepilogo dei punti di prelievo previsti:

Ubicazione	Denominazione punto	Tipologia di sondaggio	n. di campioni
Imbocco S. Ambrogio – lato ME	Sondaggio V_1 S. Ambrogio ME	Sondaggio profondo dalla superficie	3
Imbocco S. Ambrogio – lato PA	Sondaggio V_2 S. Ambrogio PA	Sondaggio profondo dalla superficie	3
Imbocco Cefalù	Sondaggio V_3 Cefalù	Sondaggio profondo dalla superficie	3
Imbocco Finestra S. Ambrogio	Sondaggio V_4 Finestra SA	Sondaggio profondo dalla superficie	3
Fronte scavo S. Ambrogio – lato ME	Sondaggio O_1 S. Ambrogio ME	Sondaggio profondo dal fronte di scavo	5
Fronte scavo S. Ambrogio – lato PA	Sondaggio O_2 S. Ambrogio PA	Sondaggio profondo dal fronte di scavo	5
Fronte Imbocco Cefalù	Sondaggio O_3 Cefalù	Sondaggio profondo dal fronte di scavo	5
Fronte scavo Finestra S. Ambrogio	Sondaggio O_4 Finestra SA	Sondaggio profondo dal fronte di scavo	5
Fronte scavo S. Ambrogio – lato ME	Suolo Fronte _ 1 S. Ambrogio ME	Sondaggio profondo dal fronte di scavo	1 composito
Fronte scavo S. Ambrogio – lato PA	Suolo Fronte _ 2 S. Ambrogio PA	Sondaggio profondo dal fronte di scavo	1 composito
Fronte scavo Finestra S. Ambrogio	Suolo Fronte _ 4 Finestra SA	Sondaggio profondo dal fronte di scavo	1 composito



6 ATTIVITA' DI INDAGINE IN SITU

6.1 Indagini indirette

Verrà effettuata eseguita una mirata campagna di indagini e sopralluoghi volti a ispezionare di ogni singola postazione dei punti di sondaggio per verificarne la sussistenza delle condizioni di agibilità in relazione al dispositivo di perforazione prescelto e di sicurezza degli operatori e degli impianti.

6.2 Esecuzione delle indagini dirette

Dovranno essere realizzati N° 4 sondaggi geognostici in cui si prevede il raggiungimento di una profondità di circa 20 metri e 4 sondaggi orizzontali sui fronti delle stesse gallerie per una profondità di 40 m.

6.2.1 Posizionamento dei punti ed esecuzione dei sondaggi

Detta fase operativa dovrà essere eseguita in campo mediante l'utilizzo di un GPS sub metrico con una precisione di almeno ± 10 cm rispetto alla posizione prevista in progetto, i punti dovranno essere picchettati mediante paletti in legno e resi visibili e numerati mediante idonea cartellonistica identificativa.

6.2.2 Modalità Esecutive Carotaggio

Il carotaggio dovrà essere eseguito in accordo con quanto previsto nell'all.to 2 titolo V parte IV del D.Lgs. 152/06, con metodi di perforazione a secco senza fluido di perforazione, usando un carotiere di diametro 101 mm del tipo divisibile idoneo a prelevare campioni rappresentativi, evitando fenomeni di surriscaldamento. Le perforazioni dovranno essere eseguite evitando l'immissione nel sottosuolo di composti estranei ed adottando i seguenti accorgimenti:

- rimozione dei lubrificanti dalle zone filettate;
- uso di rivestimenti, corone e scarpe non verniciate;
- eliminazione di gocciolamenti di oli dalle parti idrauliche;

- pulizia dei contenitori per l'acqua; pulizia di tutti le parti delle attrezzature tra un campione e l'altro.

Dovrà essere evitato l'utilizzo di qualunque sostanza in grado di compromettere la rappresentatività, dal punto di vista chimico-fisico, dei campioni di terreno prelevati. Pertanto, gli strumenti e le attrezzature impiegate nelle diverse operazioni saranno caratterizzati da modalità costruttive e materiali tali da non comportare nessuna contaminazione o variazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle matrici ambientali indagate.

Non dovranno essere utilizzati oli e grassi lubrificanti, dovranno essere verificati la messa a punto ed il corretto funzionamento dei macchinari, degli impianti e di tutte le attrezzature utilizzate per l'indagine, prima dell'uso effettivo sul sito, in modo da evitare la perdita di lubrificanti, carburanti e altre sostanze durante le fasi di perforazione e campionamento.

Per ciascuna perforazione andranno riportate le seguenti informazioni:

- a. profondità e diametro di perforazione,
- b. diametro finale del foro;
- c. sequenza litologica attraversata con descrizione delle caratteristiche litostratigrafiche e giaciture (litologia, granulometria, colore, umidità, presenza di sostanze organiche, ecc.);
- d. proprietà del terreno in relazione a evidenze di campo;
- e. presenza e profondità dell'acquifero qualora incontrato;
- f. rapporti idraulici tra le varie formazioni litologiche e individuazione delle unità idrogeologiche;
- g. profondità di prelievo dei campioni per le successive analisi granulometriche;
- h. I log stratigrafici dovranno essere redatti man mano che le carote di terreno vengono estratte dal carotiere e adagate nelle apposite cassette catalogatrici rispettando la sequenza originaria.

L'esame della carota dovrà avvenire in tempi brevi, affinché siano valutabili correttamente elementi di grande importanza come grado di umidità, presenza di odori sospetti, ecc. I log stratigrafici dovranno essere corredati da fotografie delle carote di terreno.



Dovrà essere predisposta un'area per la decontaminazione delle attrezzature, tale area dovrà essere delimitata e resa impermeabile per mezzo di un telo di materiale in plastica ad alta densità. L'area dovrà essere posta ad una distanza dal punto di campionamento sufficiente ad evitare diffusione del materiale dilavato.

Prima dell'inizio della perforazione il carotiere, le aste ed i rivestimenti metallici dovranno essere accuratamente lavati con acqua potabile, utilizzando idropulitrici ad alta pressione. Analogo procedimento dovrà essere applicato ad ogni manovra di carotaggio, rimuovendo completamente, dall'esterno e dall'interno dell'utensile, qualsiasi residuo di materiale potenzialmente inquinante, l'acqua e la condensa presenti sulle pareti dell'utensile.

Tutti i residui liquidi e solidi di dette attività dovranno essere gestiti come rifiuto da avviare, previa caratterizzazione, alle successive fasi di smaltimento.

6.2.3 Utensili per la perforazione

Carotieri semplici del tipo divisibile con valvola in testa a sfera, inserti in carburo di tungsteno, e corone non verniciate: diametro nominale \emptyset est = 101 mm; lunghezza utile l = 1.000 mm. Aste di perforazione con filettatura tronco-conica: diametro esterno \emptyset est = 76 mm; 23/8 Api Regular. Tubazioni di rivestimento provvisorio: spessore del tubo $s=10$ mm; diametro esterno 127÷162 mm; lunghezza spezzoni l = 1.500 mm.

6.2.4 Altri utensili e attrezzatura

Strumentazione di Controllo: scandaglio a filo graduato; sondina piezometrica elettrica; penetrometro tascabile; scissometro tascabile. Macchina fotografica digitale ad alta risoluzione, per documentare le varie fasi lavorative, le cassette catalogatrici, le postazioni. Posizionatore GPS per la determinazione delle coordinate dei punti rilevati.

6.2.5 Cassette catalogatrici

Le carote estratte nel corso della perforazione dovranno essere sistemate in apposite cassette catalogatrici munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera.

Su ogni cassetta andranno indicati i nomi del Committente e del cantiere oltre che il codice del sondaggio. Dovranno, inoltre, essere indicate le profondità di prelievo rispetto al p.c. delle carote di terreno recuperate.



Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili ad indicare gli spezzoni di carota prelevati e asportati per il campionamento, con le quote di inizio e fine prelievo.

Ogni cassetta, entro 1 ora dal completamento, dovrà essere fotografata a colori, dall'alto, da una distanza non superiore a 2 m, in modo che risaltino la natura dei terreni e la profondità rispetto al p.c. con riferimenti visibili; dovranno altresì essere prodotte una o più foto del punto di ubicazione del sondaggio durante la sua esecuzione.

Le cassette catalogatrici, una volta completate, dovranno essere chiuse e trasportate (esclusi i campioni destinati al laboratorio), in un luogo protetto, all'interno dell'area di indagine, evitando che le stesse siano esposte ad agenti atmosferici.

6.2.6 Rivestimento provvisorio

I carotaggi potranno essere eseguiti senza rivestimento provvisorio qualora le pareti del foro presenteranno un sufficiente autosostentamento. Le manovre di rivestimento, che si dovessero rendere necessarie per la realizzazione dei piezometri, dovranno essere eseguite senza l'uso di fluido in circolazione.

L'infissione del rivestimento dovrà avvenire a rotazione e a bassa velocità, i tubi di rivestimento, inoltre, dovranno sempre seguire e mai sopravanzare il carotiere.

Nel caso in cui risulterà indispensabile per l'avanzamento l'utilizzo del fluido di perforazione, dovrà essere chiesta l'autorizzazione della D.L.

6.2.7 Pulizia del fondo foro

La quota del fondo foro dovrà essere misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento. Apposite manovre di pulizia potranno essere eseguite qualora la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio risulterà superiore a 10 cm.

6.2.8 Ripristino dei luoghi

Tutti i fori di sondaggio realizzati dovranno essere riempiti con sabbia certificata a granulometria medio fine da fondo foro a -0,50 m da p.c.; l'ultimo tratto del foro, da -0,50 m al p.c., dovrà essere riempito con bentonite in pellets.

6.3 Campionamento terreno profondo

Una volta estratta la carota e sistemata nell'apposita cassetta catalogatrice, il campionamento dovrà essere condotto selezionando dalla carota il tratto destinato alle attività di laboratorio. Il prelievo dovrà avvenire sempre entro 1 ora dal carotaggio.

I criteri di campionamento e prelievo dovranno essere conformi a quanto prescritto dalla vigente normativa in materia di bonifiche e secondo gli standard UNI EN ISO 9001, che prevede l'applicazione della metodologia U.S. EPA Pb 92-963408 '91 e le norme tecniche UNI 10802.

Immediatamente dopo l'estrusione della carota occorrerà prelevare i campioni relativi alle indagini da condurre sulle sostanze volatili, utilizzando la metodica ASTM D4547-91 o EPA5035-97 o metodiche che forniscono prestazioni equivalenti.

Per la preparazione del campione si dovrà provvedere alla sua omogeneizzazione in accordo alle norme UNI 10802. Nelle operazioni di formazione del campione si dovrà procedere tra un campionamento e il successivo, onde evitare fenomeni di "*cross contamination*", alla pulizia delle attrezzature impiegate.

A tale scopo si dovranno eseguire le seguenti operazioni di campo:

1. i fogli di polietilene usati come base di appoggio delle carote, dovranno essere rinnovati ad ogni prelievo;
2. i campioni dovranno essere preparati facendo uso di opportuna paletta di acciaio inox;
3. la paletta di acciaio, dopo la preparazione delle aliquote previste per ogni singolo campione, dovrà essere lavata facendo uso del solvente acetone e successivamente di acqua potabile; la stessa dovrà essere infine asciugata con carta.

Nella formazione del campione da inviare ad analisi dovranno essere osservate le seguenti procedure:

1. il campione dovrà essere prelevato quanto più possibile lontano dalle zone di surriscaldamento della carota, scartando in campo il materiale grossolano (> 2 cm)

2. dovranno essere identificati e scartati i materiali estranei che possano alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.), indicandoli opportunamente nel rapporto di campionamento;
3. il campione dovrà essere omogeneizzato per avere una distribuzione uniforme dei contaminanti;
4. il campione dovrà essere suddiviso in più parti omogenee adottando metodi di quartatura ufficiali, sopraindicati;
5. i contenitori in vetro o teflon, dovranno essere completamente riempiti di campione, sigillati, etichettati e inviati nel minore tempo possibile al laboratorio di analisi, insieme con le note di prelevamento. Si dovrà procedere in ogni caso alla conservazione dei campioni stessi in ambiente refrigerato;
6. le operazioni di formazione del campione dovranno essere effettuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione e con modalità adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale.

I campioni, prelevati come precedentemente descritto, dovranno essere così identificati:

- a. sito di indagine;
- b. sigla identificativa del sondaggio;
- c. sigla identificativa del campione;
- d. data e ora di prelievo;
- e. numero dell'aliquota;
- f. quota e/o intervallo di prelievo.

Durante l'esecuzione dei sondaggi dovranno essere prelevati complessivamente n. 35 campioni di terreno in corrispondenza delle quote indicate:

Sondaggio orizzontali

- Campione 1 da 0 a 1 m;
- Campione 2 da 9 a 10 m;
- Campione 3 da 9 a 20 m;
- Campione 4 da 29 a 30 m;

- Campione 5 da 39 a 40 m.

Sondaggio verticali

- Campione 1: prelevato nello strato compreso tra il piano campagna e il primo metro di profondità;
- Campione 2: prelevato in corrispondenza della frangia capillare (profondità da definire in campo) o, in caso di assenza di falda, del fondo foro;
- Campione 3: prelevato a profondità intermedia compresa tra il primo e il secondo campione;

I livelli di campionamento proposti potranno comunque subire variazioni, sulla base delle osservazioni sulla stratigrafia delle carote del sondaggio (dopo aver interpellato la D.L). Inoltre, nel caso in cui i livelli selezionati, coincidano con substrato roccioso o con sedimento, con caratteristiche granulometriche tali che presuppongano l'assenza di contaminazione (ad esempio materiale grossolano), sarà comunque prelevata la rimanente sezione di sedimento incoerente campionabile.

6.4 Registrazione modalità di campionamento

In conformità alle specifiche dell'all.to 2 alla parte IV Titolo V D.Lgs. 152/06 e a quanto previsto dalla norma UNI 10802:2013 in sede di esecuzione delle attività, sarà utilizzata apposita documentazione di registrazione in modo da consentire la gestione e la rintracciabilità dei campioni prelevati dal sito ed inviati al laboratorio di analisi.

Tale documentazione sarà redatta sotto forma di verbali delle attività ai quali saranno allegati moduli di registrazione che costituiranno il "*Giornale dei Lavori*".



6.5 Modalità di imballaggio, trasporto e conservazione dei campioni

6.5.1 Imballaggio

Per quanto concerne l'**imballaggio**, una volta confezionati e sigillati tutti i campioni, sia quelli destinati al laboratorio che quelli di controllo, dovranno essere sistemati in apposite cassette dotate di adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni lungo il tragitto verso il laboratorio.

Le cassette dovranno essere collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole ed dalle intemperie, fino al momento della spedizione. Le cassette, onde facilitarne il maneggio, saranno inoltre dotate di coperchio e maniglie; sul coperchio si indicherà la parte alta. È importante aggiungere che, per evitare qualsiasi tipo di manomissione sui campioni di controllo, i loro contenitori dovranno essere chiusi con adeguato **sistema di sigillatura** (ad esempio piombatura) di cui deve essere fornito tagliando di identificazione. Nel caso in cui il sistema di sigillatura sia con contromatrici, queste ultime dovranno essere corredate da un apposito registro, in formato digitale e cartaceo, in cui dovrà essere riportato l'elenco dei campioni prelevati e la corrispondente matrice di sigillatura.

6.5.2 Trasporto

Il **trasporto** dei campioni al laboratorio, da sottoporre ad analisi e non, dovrà essere effettuato nel più breve tempo possibile e comunque entro 4 ore dal prelievo, con tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei campioni.

In ogni caso nel tempo intercorrente, tra il campionamento ed il trasporto, i campioni dovranno essere temporaneamente conservati in campo, riposti in frigoriferi del tipo elettrico (a pozzetto o verticale), di adeguate dimensioni, ovvero idonei a contenere il materiale relativo ad almeno 2 giorni di campionamento (considerando sia i campioni solidi che quelli liquidi). I campioni dovranno essere mantenuti ad una temperatura intorno a 4°C, evitando una prolungata esposizione alla luce e consegnati al laboratorio facendo uso di contenitori frigo portatili. I campioni consegnati al laboratorio dovranno essere conservati in modo da non alterarne le caratteristiche originarie. All'atto della consegna si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni e si segnaleranno tempestivamente, eventuali danni che potrebbero aver alterato le condizioni originarie dei campioni.



6.5.3 Conservazione

Una volta in laboratorio, tutti i campioni da sottoporre ad analisi, sia di terreno, che di sedimenti e di acque di falda e superficiali, dovranno essere sottoposti, nel più breve tempo possibile, alle analisi di seguito indicate, mentre tutti i campioni di controllo, dovranno essere accuratamente conservati in frigo (a temperatura compresa tra -18°C e -25°C per i terreni e a $+4^{\circ}\text{C}$ per le acque) fino ad avvenuta validazione dei risultati da parte dell'ente di controllo competente e successivamente smaltiti secondo la vigente normativa.

I campioni per le analisi di laboratorio che, per qualsiasi ragione, non potranno essere sottoposte nell'immediato alle analisi previste, dovranno anch'essi essere accuratamente conservati in frigo (secondo le modalità su descritte per i campioni di controllo), fino a quando non saranno sottoposti alle suddette analisi previste.

Il laboratorio incaricato delle analisi dovrà essere dotato di frigoriferi di volumetria idonea al contenimento simultaneo di tutti i campioni prelevati, specifici per le temperature indicate e dedicati al contenimento dei soli campioni prelevati in attuazione delle attività in oggetto. Tali campioni dovranno, pertanto, essere conservati separatamente da campioni provenienti da altre attività del laboratorio.



7 ATTIVITA' EX SITU

Il Piano di indagine ambientale prevede l'esecuzione delle attività *ex situ* come di seguito riassunte:

- Esecuzione delle analisi di laboratorio su 35 campioni di suolo e sottosuolo;
- Determinazione di parametri Sito-Specifici.

I laboratori incaricati per le analisi dovranno operare con criteri di Buona Pratica di Laboratorio rispondenti a quanto indicato dalla norma UNI EN CEI ISO/IEC 17025:2000, specificando i criteri stabiliti e documentando le modalità utilizzate per l'assicurazione qualità del dato (es. partecipazione continua a circuiti intercalibrazione nazionale e/o internazionale).

Le procedure analitiche utilizzate per la determinazione dei parametri ricercati dovranno essere scelte fra quelle riportate nei protocolli nazionali e/o internazionali (IRSA/CNR, EPA, ISO, etc.), laddove esistenti. In assenza di un protocollo come sopra specificato dovrà essere documentabile la validità della procedura utilizzata.

In ogni caso i laboratori devono fornire, per ogni campione analizzato, un Rapporto di Prova, datato e firmato dal responsabile del laboratorio, che riporti:

- Identificazione univoca del campione analizzato;
- Elenco dei parametri determinati, con relativo risultato analitico ottenuto;
- Incertezza di misura espressa nella stessa unità di misura del risultato;
- Metodo di riferimento usato;
- Limite di rilevabilità del metodo;
- Limite di quantificazione.

Tutti i metodi analitici utilizzati, riconosciuti a livello nazionale ed internazionale, dovranno presentare limiti di rilevabilità ove possibile pari a 1/10 dei relativi limiti previsti dalla normativa vigente.

7.1 Analisi chimico-fisica sui campioni di terreno

Sui n. 35 campioni di terreno prelevati in totale dovranno essere effettuate determinazioni analitiche finalizzate al calcolo delle concentrazioni degli elementi contaminanti ai sensi del D.Lgs. 152/06 (Analisi di conformità, secondo l'Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V).

La ricerca dei Composti Organici Volatili dovrà essere eseguita sul campione tal quale non essiccato e non sottoposto al vaglio di 2 mm. Le determinazioni analitiche dovranno essere riportate sia in termini di concentrazione riferita al totale (comprensivo dello scheletro e privo della frazione > 2 cm scartata in situ) che in termini di concentrazione riferita al passante ai 2 mm, al fine di poter valutare eventuali differenze sostanziali e correlare la contaminazione alla granulometria.

Nella tabella seguente si riporta la lista degli analiti da ricercare nei campioni di terreno.

Tabella 1. Elenco degli analiti da ricercare sui campioni di suolo e sottosuolo

Analita	U.M.
Antimonio	mg/kg
Arsenico	mg/kg
Berillio	mg/kg
Cadmio	mg/kg
Cobalto	mg/kg
Cromo	mg/kg
Cromo esavalente (VI)	mg/kg
Mercurio	mg/kg
Nichel	mg/kg
Piombo	mg/kg
Rame	mg/kg
Selenio	mg/kg
Tallio	mg/kg
Vanadio	mg/kg
Zinco	mg/kg
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg
Idrocarburi pesanti (C10 – C40) <i>se presenti, gli idrocarburi saranno oggetto di speciazione secondo la classificazione MADEP</i>	mg/kg



8 GESTIONE DEI RISULTATI

La gestione dei risultati risulta essere uno degli aspetti più complessi dello studio, la complessa distribuzione dei valori ascrivibili al fondo è rappresentata da un valore (o da un range) che comprende ragionevolmente tali valori. Questo approccio ha il vantaggio di essere facilmente gestibile quando i VF vanno a sostituire le CSC e quindi devono essere confrontati con i materiali del sito potenzialmente contaminato o nell'ambito della gestione di TRS.

Il trattamento statistico "classico", che prevede l'assunzione dell'indipendenza e dell'identica distribuzione delle osservazioni, e la verifica che i valori siano distribuiti sul territorio in modo non aggregato o localizzato in aree limitate bensì ragionevolmente omogeneo e diffuso (verifica con visualizzazione dei valori in una mappa), consente di ottenere, a partire dal campione statistico, delle informazioni sulla popolazione parente (nel caso in esame della popolazione del fondo). In quest'ambito sarà cioè possibile determinare, a partire dal campione statistico, dei valori numerici rappresentativi della popolazione del fondo.

I valori di fondo determinati (o, più in generale, i descrittori del fondo) saranno utilizzati per il confronto con la distribuzione delle concentrazioni riscontrate nella matrice ambientale di interesse finalizzato a chiarirne lo stato di naturalità e quindi l'operatività gestionale.

L'esito del confronto orienterà le decisioni inerenti la gestione del caso in esame (es. l'avvio di procedure ai sensi del titolo V della parte IV del TUA, l'utilizzo di TRS come sottoprodotto, ecc.). I dati analitici saranno valutati inizialmente in funzione della distribuzione areale con l'obiettivo di individuare eventuali sub-aree che possano, anche in funzione delle conoscenze geologiche dell'area esaminata, rappresentare, secondo un criterio non statistico, popolazioni differenti da sottoporre a valutazioni "statistiche" per verificare la bontà delle ipotesi fatte.

I dati di concentrazione saranno pertanto suddivisi in gruppi, con range di concentrazioni crescenti ad esempio:

Range 1 ≤ 0.25 CSC

Range 2 >0.25 CSC e ≤ 0.50 CSC

Range 3 >0.50 CSC e ≤ 0.75 CSC

Range 4 >0.75 CSC e \leq CSC



Range 5 > CSC e ≤ 2 CSC

Range 6

Range 7

Una volta definite con dettaglio le popolazioni di interesse, identificati ed esclusi gli eventuali outlayers, individuati i parametri descrittivi, i dati saranno trattati con strumenti statistici appropriati alla tipologia di informazione che si intende ottenere.

Di seguito alcune tipologie di analisi di dati da porre in essere

- **Regressione lineare (metodo parametrico):** Uno dei metodi parametrici più comuni per verificare l'esistenza di un trend temporale nella distribuzione delle concentrazioni di una determinata sostanza consiste nel calcolare la retta di regressione in un diagramma cartesiano in cui siano riportati i dati di concentrazione in funzione della data di campionamento. Si attesta l'esistenza di un trend lineare quando si dimostra che la pendenza della retta di regressione è significativamente differente da zero. La regressione lineare può essere positiva (all'aumento dei valori di una variabile corrisponde un aumento anche nell'altra) o negativa (all'aumento dell'una corrisponde una diminuzione dell'altra)
- **Diagrammi di serie temporali (time plot):** Per verificare l'andamento e l'eventuale presenza di oscillazioni nella distribuzione di una serie di misure di concentrazione acquisite in un intervallo temporale, si può procedere alla elaborazione di un grafico in cui vengono riportati in un diagramma cartesiano i valori delle concentrazioni in funzione del tempo.
- **Test di Mann-Kendall:** Uno dei test più utilizzati per il rilevamento di trend monotoni è il test di Mann-Kendall il cui ampio utilizzo è dovuto al fatto che non richiede il rispetto dell'assunzione di distribuzione normale ed è applicabile anche quando i gruppi di dati contengono valori non detects.
- **Interpolazione spaziale:** molti strumenti statistici si basano sull'assunto che le osservazioni siano indipendenti ed identicamente distribuite. Questo significa che la variabile oggetto di interesse, anche per la valutazione del fondo, non dovrebbe mostrare dipendenza con altre variabili e che essa sia stazionaria sull'area interessata (condizione di identica distribuzione). Quando si tratta di dati ambientali entrambi gli

assunti sono difficilmente verificabili; essi sembrerebbero in contrasto con la “prima legge della geografia” secondo la quale “*Ogni cosa è correlata a qualsiasi altra, ma le cose vicine sono più relazionate di quelle lontane*”. Questo significa che una variabile sul territorio, la cui distribuzione spaziale è controllata da n fattori (alcuni noti, altri non noti) che spesso agiscono secondo gradienti spaziali, potrà risultare autocorrelata.

- **Analisi Multivarata:** L’analisi esplorativa di dati multidimensionali (analisi multivariata), finalizzata alla determinazione dei valori di fondo, è particolarmente utile per la determinazione delle regole alla base della separazione dei dati in esame (classificazione) e nel raggruppamento (clustering) e ricerca tipologica, definendo le classi di valori in base alle somiglianze. In molti casi può essere necessario effettuare una riduzione dei dati eliminando la ridondanza nelle informazioni (analisi delle componenti principali). Nei metodi di classificazione l’appartenenza dei campioni ad una classe è conosciuta a priori. Ciascuna osservazione utilizzata per la classificazione è pertanto assegnata a priori alla sua classe. I metodi servono per trovare delle regole che generalizzino la distinzione delle varie classi. Una volta trovate, queste regole servono per classificare campioni incogniti.
- **Matrice di varianza covarianza e di correlazione:** La matrice di varianza covarianza di un dataset di n campioni per p parametri è una matrice $p \times p$ che indica le varianze di ciascun campione sulla diagonale e le covarianze tra due campioni fuori diagonale.
- **Analisi delle componenti principali:** L’analisi delle componenti principali (PCA) viene generalmente utilizzata nella prima fase di elaborazione dei dati in quanto offre una visione generale degli andamenti e delle relazioni esistenti tra i campioni e tra le variabili e della presenza di possibili outlier multivariati (campioni anomali). E’ in grado inoltre di fornire un’indicazione preliminare sul peso delle variabili, evidenziando la possibilità di eliminare alcune tra quelle che sono risultate strettamente correlate tra loro e quindi portatrici di informazioni ridondanti.
- **Analisi di clustering:** Serve per costruire gruppi dai dati primari che non siano definiti a priori. Lo scopo di condurre un’analisi di clustering è quello di assimilare l’omogeneità interna a ciascun gruppo e pertanto massimizzare le differenze tra i gruppi. Non esiste un metodo univoco per effettuare l’analisi di clustering.



In relazione agli strumenti statistici citati, viste le finalità dello studio e la complessità dei dati ottenibili, saranno scelti e utilizzati gli strumenti più appropriati per descrivere e caratterizzare i dati ottenuti sia dal punto di vista statistico che geostatistico. La scelta dei descrittori, tuttavia, potrà avere luogo solo dopo avere analizzato il *dataset* ottenuto mediante i risultati delle analisi chimiche condotte sui campioni. A tal fine sarà di fondamentale importanza conoscere preliminarmente alcuni aspetti del *dataset* quali, il numero degli eventuali superamenti delle CSC riscontrati, l'entità di ciascun superamento, la significatività statistica del superamento ecc.



9 GESTIONE DEI RIFIUTI

Tutti i rifiuti provenienti dalle attività di perforazione, campionamento ed analisi eseguite e nonché dalle prove di campo, dovranno essere gestiti nel rispetto della vigente normativa in materia di trasporto e smaltimento.

La ditta esecutrice del piano della caratterizzazione sarà considerata il “Garante” della corretta gestione dei rifiuti e pertanto ai fini delle operazioni di prelievo, trasporto e recupero/smaltimento sarà considerata a tutti gli effetti il produttore e detentore dei rifiuti in oggetto.

La ditta esecutrice del piano della caratterizzazione procederà, ai sensi:

- del Regolamento (UE) N. 1357/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 Dicembre 2014 che sostituisce l'allegato III della direttiva 2008/98/CE;
- della Decisione 2014/995/CE, che modifica la decisione 2000/532/CE relativa all'elenco dei rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio;
- del Regolamento (UE) N. 1342/2014 DELLA COMMISSIONE del 17 Dicembre 2014 recante modifica al regolamento (CE) N. 850/2004;
- della direttiva 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 Dicembre 2008;
- del Regolamento (CE) N. 1272/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 Dicembre 2008;
- del Regolamento (CE) N. 850/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 29 Aprile 2004;
- del DM del 27/09/2010 Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.

alla classificazione e caratterizzazione dei rifiuti che saranno prodotti e gestiti nelle varie fasi di intervento (fino al successivo smaltimento).

Nelle attività previste sono da considerarsi almeno come rifiuti, tutti i residui delle attività di perforazione (comprese le cassette catalogatrici), campionamento, decontaminazione delle



attrezzature (comprese le acque), i residui delle attività di laboratorio (chimiche, fisiche, microbiologiche ecc.), nonché di tutto il materiale, le attrezzature, i DPI a perdere prodotti durante e dopo l'esecuzione delle attività in oggetto, nonché le cassette catalogatrici contenenti le carote da smaltire a fine attività.

I materiali di risulta, solidi e liquidi, provenienti dalle attività di perforazione dovranno essere messi in deposito temporaneo solo per il tempo necessario all'esecuzione di ogni singola perforazione, in attesa del successivo smaltimento secondo la normativa vigente, a cura del prestatore del servizio.

Il trasporto dei rifiuti avverrà avvenire con mezzi adeguati ed autorizzati al trasporto in ottemperanza, ove pertinente, alla norma ADR, RID, IMDG.

Per tutti i rifiuti liquidi e solidi (pericolosi e non) che saranno inviati a recupero e/o smaltimento, il produttore dei rifiuti si farà carico di ottenere la quarta copia del formulario di trasporto, di cui all'art. 188 del D.Lgs 152/2006: nel caso i rifiuti siano conferiti in impianti autorizzati situati all'interno del territorio nazionale la quarta copia del formulario dovrà essere trasmessa alla Committente entro tre mesi dalla data di conferimento dei rifiuti al trasportatore; tale termine è esteso a sei mesi nel caso di spedizioni transfrontaliere.

Oltre alla quarta copia del formulario, qualora i rifiuti fossero conferiti a soggetti autorizzati alle operazioni D13, D14 e D15, dovrà essere consegnato anche il certificato di avvenuto recupero/smaltimento rilasciato dal titolare dell'impianto secondo quanto previsto dall'Art. 188 c.4 del D. Lgs. 152/2006.



10 CONCLUSIONI

Nelle *“Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo”*, di cui Delibera n. 54/2019 del Sistema Nazionale di Protezione Ambientale (SNPA), costituito da ISPRA e le ARPA regionali, è testualmente riportato che:

- ***“la determinazione del parametro idrocarburi C >12 non è necessaria nel caso di scavi in roccia massiva in cui è esclusa la presenza di contaminazione di origine antropica”.***

Tuttavia, si ritiene necessario, così come condiviso con ARPA Sicilia, portare a termine le valutazioni su tali superamenti, anche in considerazione del previsto futuro utilizzo dei materiali da scavo in siti esterni a quello di produzione.

A tale scopo, il presente piano di accertamento, unitamente con quelli dei siti di destinazione, permette di definire le caratteristiche ambientali del sito di scavo e di utilizzo esterno, per definire l'ambito territoriale omogeneo costituito dall'insieme dei siti di origine e di destinazione dei materiali da scavo. L'accertamento è infatti orientato a valutare la compatibilità dell'utilizzo dei materiali da scavo del tracciato profondo delle gallerie dell'opera, che presentano concentrazioni di sostanza organica, dovute a fenomeni naturali e lette come superamenti del parametro “idrocarburi totali”, con i siti esterni di previsto utilizzo.

Per tale ambito territoriale omogeneo, costituito da terreni con presenza di flysh numidico, sarà quindi definito un valore di riferimento del contenuto di sostanza organica naturale, che presenta analoga risposta cromatografica rispetto agli idrocarburi pesanti.