

COMMITTENTE:



APPALTATORE A.T.I.



(Capogruppo Mandataria)

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

**RELAZIONE SULLE RISULTANZE DEL PIANO DI
INDAGINE AMBIENTALE PER LA DEFINIZIONE DEL
VALORE DI FONDO DEI SITI DI UTILIZZO E DI
PRODUZIONE**

Codice Elaborato

COMMESSA LOTTO FASE ENTE OPERA DISCIPLINA TIPO PROGR. REV.

RS01 20 C ZZ RHIM 00 03 011 A

Scala:

-

File: RS0120CZZRHIM0003011A.pdf

Formato: pdf

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A	Giugno 2021	RELAZIONE PIANO DI INDAGINE			

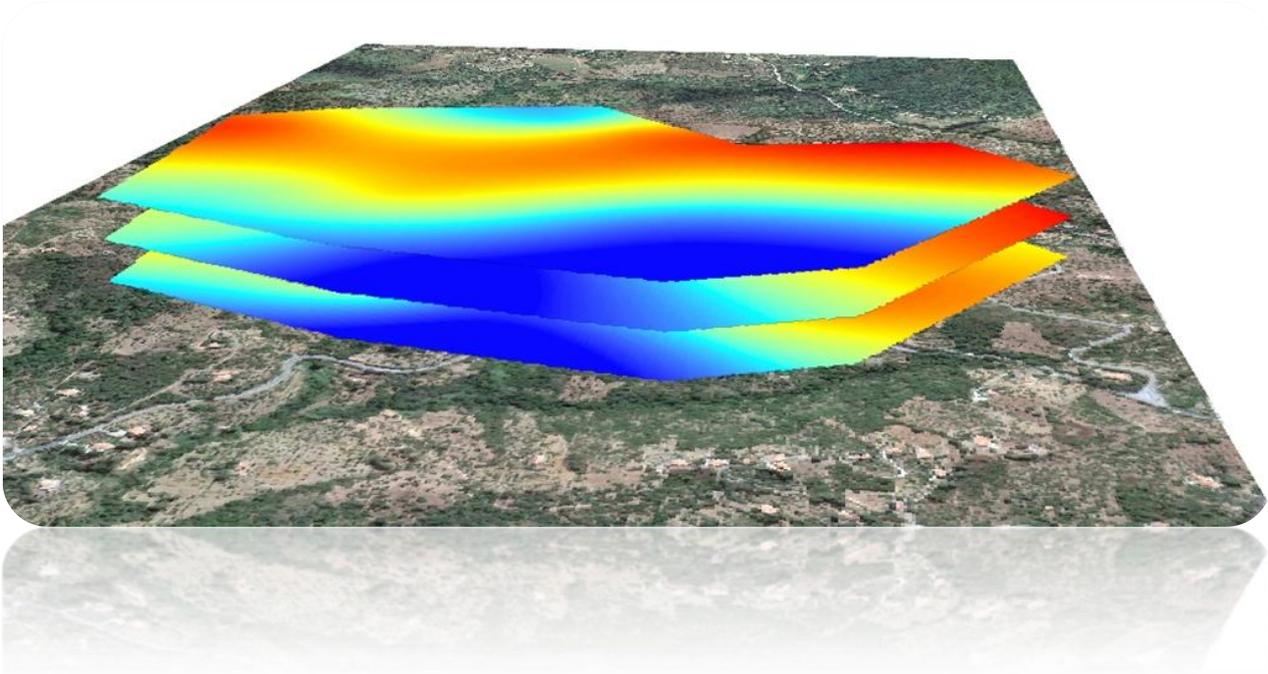
PROGETTAZIONE:

APPROVAZIONI:

Committente

TOTO COSTRUZIONI S.p.A.

Viale Abruzzo, 410 66100 CHIETI (CH)



ELABORATO

**Risultanze Piano di indagine ambientale per la
definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di
produzione**

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



I emissione - 14 Giugno 2021

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



A handwritten signature in black ink, followed by a circular official stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOMETRI DELLA SICILIA", "N. 116", and "FILIPPO GIGLIO".



INDICE

1	PREMESSA	6
2	SCOPO DEL LAVORO	9
2.1	Normativa di riferimento	11
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	12
3.1	Inquadramento geografico “Cava Roccalupa”	12
3.1.1	<i>Inquadramento geologico e idrogeologico generale</i>	16
3.1.2	<i>Uso pregresso del sito ed attività svolte</i>	16
3.1.3	<i>Interferenze con le aree protette</i>	17
3.1.4	<i>Aspetti agronomici e naturalistici</i>	19
3.2	Inquadramento geografico “Luogo Marchese”	20
3.2.1	<i>Aspetti geologici</i>	25
3.2.2	<i>Aspetti agronomico-naturalistici</i>	25
3.2.3	<i>Raccolta e organizzazione dati pregressi</i>	27
3.3	Inquadramento geografico – Sito di produzione	28
3.3.1	<i>Aspetti geologici</i>	30
3.3.2	<i>Raccolta e Organizzazione dati pregressi</i>	33
4	MODELLO CONCETTUALE	36
5	PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI	39
5.1	Piano di indagini “Cava Roccalupa”	39
5.1.1	<i>Rete di realizzazione interventi diretti (sondaggi)</i>	39
5.1.2	<i>Ubicazione punti di sondaggio</i>	46
5.2	Piano di indagini “Luogo Marchese”	46
5.2.1	<i>Rete di realizzazione interventi diretti (sondaggi)</i>	47
5.2.2	<i>Ubicazione punti di sondaggio</i>	54
5.3	Piano di indagini – Sito di produzione	54
6	INDAGINE IN SITU	57



6.1	Posizionamento dei punti ed esecuzione dei sondaggi.....	57
6.2	Modalità Esecutive Carotaggio	57
6.3	Utensili per la perforazione	59
6.4	Altri utensili e attrezzatura.....	59
6.5	Cassette catalogatrici.....	59
6.6	Pulizia del fondo foro	60
6.7	Ripristino dei luoghi.....	60
6.8	Campionamento terreno profondo	60
6.9	Riepilogo campioni prelevati	63
6.9.1	<i>Luogo Marchese</i>	63
6.9.2	<i>Cava Roccalupa</i>	64
6.9.3	<i>Sito di Produzione</i>	65
6.10	Registrazione modalità di campionamento	65
6.11	Modalità di imballaggio, trasporto e conservazione dei campioni	66
6.11.1	<i>Imballaggio</i>	66
6.11.2	<i>Trasporto</i>	66
6.11.3	<i>Conservazione</i>	67
6.12	Validazione dei risultati	67
7	ATTIVITA' EX SITU	69
7.1	Esiti analitici	70
7.1.1	<i>Report Analitico accettazione 2142347 – Luogo Marchese</i>	70
7.1.2	<i>Report Analitico accettazione 2142348 - Ex cava Roccalupa</i>	72
7.1.3	<i>Report Analitico accettazione 2142583 - Sito di produzione sondaggi verticali</i> 73	
7.1.4	<i>Report Analitico accettazione 2143228 - Sito di produzione sondaggi orizzontali</i>	73
8	GESTIONE DEI RISULTATI	74
8.1	Analisi statistica descrittiva	74
8.1.1	<i>Cava Roccalupa</i>	75



8.1.2	Luogo Marchese.....	76
8.1.3	Sito di produzione sondaggi verticali	77
8.1.4	Sito di produzione sondaggi orizzontali	78
8.2	Test di confronto fra le distribuzioni delle popolazioni del sito di produzione e le popolazioni rappresentative del fondo	79
8.2.1	Test t-student.....	80
8.3	Analisi geostatistica	82
8.3.1	Risultanze analisi geostatistica.....	84
8.4	SPECIAZIONE MADEP DELLE CLASSI IDROCARBURICHE	93
9	DEFINIZIONE DEL VALORE DI FONDO NATURALE PER GLI IDROCARBURI PESANTI C12-C40.....	101
10	CONCLUSIONI.....	104

Allegato 1. Interventi di riutilizzo ambientale reinterro delle terre e rocce da scavo provenienti dai lavori di raddoppio ferroviario Palermo-Messina, tratta Cefalù – Castelbuono nella ex cava Roccalupa, agro di Pollina ASPETTI NATURALISTICI ED AMBIENTALI” redatta dott. Agr. Salvatore Restivo

Allegato 2. RELAZIONE AGRONOMICA – NATURALISTICA Progetto di rimodellamento ambientale sito in Pollina (PA) C. da Canne Masche snc, zona E del P.R.G. vigente Foglio 23 part. 6-41- 28-7-82-8, Foglio 28 part. 70-5-6-80-72-81, realizzato mediante i materiali da scavo provenienti dai lavori per il raddoppio ferroviario della tratta Ogliastrillo-Castelbuono della linea Palermo – Messina redatto per conto dell’azienda Agricola Luogo marchese S.R.L. dal dott.Agr.mo Cirrito Nico

Allegato 3. STUDIO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL COMPENSORIO INTERESSATO DALLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE DI RADDOPPIO DEL TRACCIATO FERROVIARIO DELLA TRATTA CEFALU’ OGLIASTRILLO – CASTELBUONO E DEI SITI DI DESTINAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DI SCAVO” redatta dal dott. geol. Gianvito Graziano

Allegato 4. Planimetrie, stratigrafie e report analitici delle indagini pregresse sul sito “luogo Marchese”.

Allegato 5. Planimetrie, stratigrafie e report analitici delle indagini pregresse mediante sondaggi (2103-2014; 2016, 2020) sul sito di produzione



**Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione
del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione**

- Allegato 6. Monografie sondaggi piani di accertamento 2021
- Allegato 7. Verbali di campionamento piani di accertamento 2021;
- Allegato 8. Rapporti di prova accettazione n. 2142347 sondaggi verticali Luogo Marchese;
- Allegato 9. Rapporti di prova accettazione n. 2142348 sondaggi verticali ex Cava Roccalupa;
- Allegato 10. Rapporti di prova accettazione n. 2142583 sondaggi verticali sito di produzione;
- Allegato 11. Rapporti di prova accettazione n. 2143228 sondaggi orizzontali sito di produzione;



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. Il successivo Dpr 120/17 precisa, inoltre, che il tema citato interessa indistintamente i cantieri di grandi dimensioni (art. 11), di piccole dimensioni (art. 20, c.2) e di grandi dimensioni non sottoposte a VIA o AIA (art. 22 che rimanda all'art.20).

Si definisce **“ambito territoriale con fondo naturale”** quella *“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.

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.



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, dopo aver proceduto alla segnalazione dell'evento, richiede all'ARPA territorialmente competente un incontro tecnico, nel quale 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;
2. il produttore, sulla base di quanto definito con le modalità di cui al p.to precedente, predispone una proposta di Piano di indagine, che sottopone all'ARPA;
3. se ritenuto adeguato, il Piano è trasmesso formalmente, e il produttore ne dà esecuzione, informando l'ARPA del programma di campionamenti. L'ARPA, valutandone caso per caso la necessità, partecipa alla campagna di campionamenti, prelevando, se del caso, uno o più campioni di controllo;
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, e definisce i valori di fondo naturale.

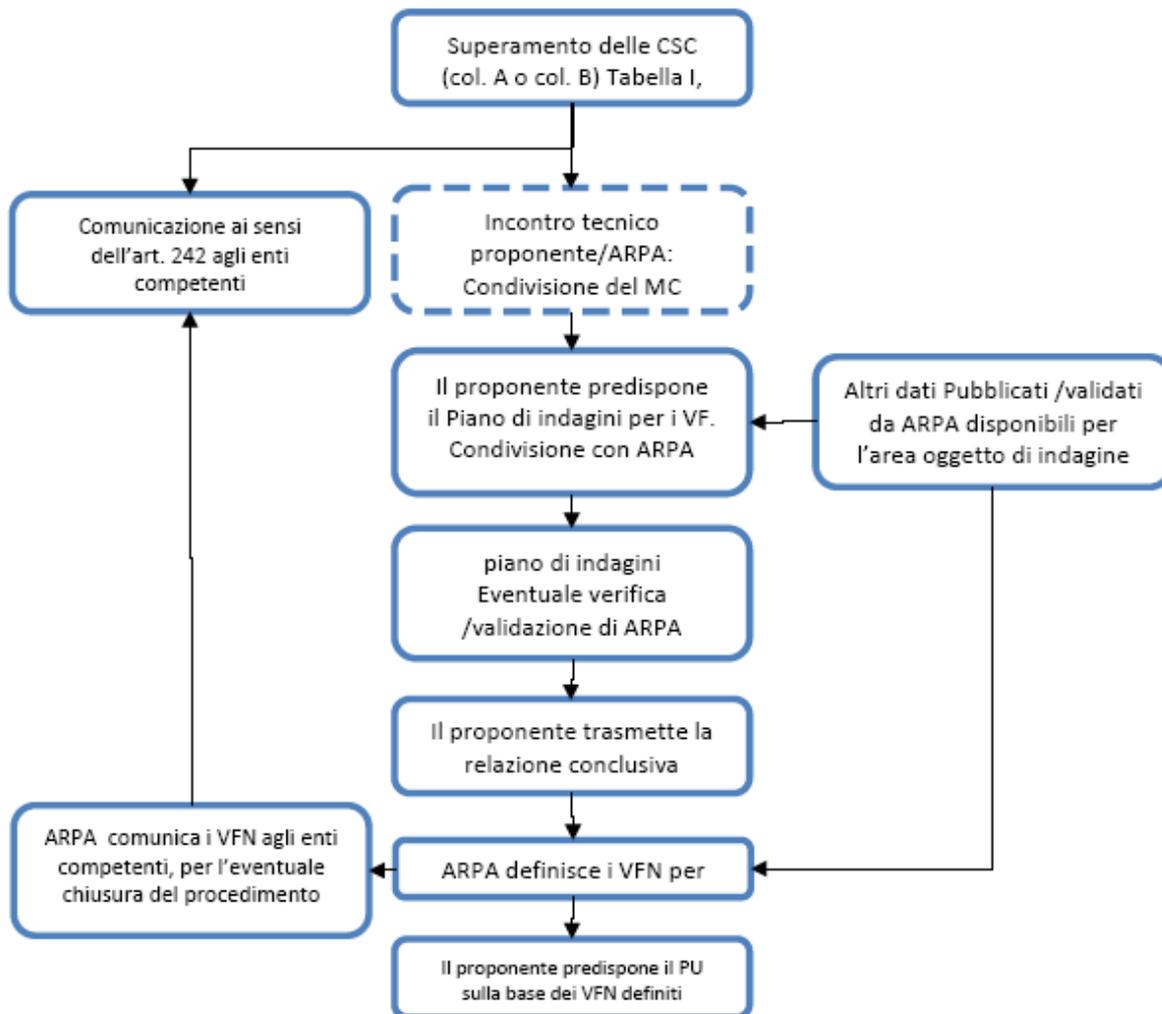


Figura 1. Schema logico per la determinazione dei valori di fondo



2 SCOPO DEL LAVORO

Il presente elaborato è stato redatto, ai fini di una ottimale e conforme gestione dei siti di destinazione finale, in relazione agli esiti delle caratterizzazioni ambientali dei terreni oggetto delle lavorazioni, nell'ambito dell'aggiornamento del Piano di Utilizzo dei Materiali da Scavo (oggi "terre e rocce da scavo") relativo ai lavori di costruzione del *Raddoppio ferroviario della Tratta Ogliastrillo-Castelbuono della Linea Palermo-Messina*, 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. Esso descrive in dettaglio i criteri adottati e le attività poste in essere per la determinazione dei **valori di fondo naturale (VDF)** per i siti denominati "Luogo Marchese" e "Cava Roccalupa" come siti di destinazione finale dei materiali da scavo, quest'ultimo in ottemperanza alla prescrizione **n)** contenuta nel provvedimento di Valutazione di Impatto Ambientale DEC/VIA/2003/0724 relativo al progetto dell'opera infrastrutturale da cui provengono le terre e rocce da scavo destinate al recupero ambientale dei siti e del *sito di produzione*, individuati nel vigente Piano di Utilizzo.

L'esigenza della definizione dei valori di fondo naturale per i siti nasce dai peculiari risultati ottenuti in fase di caratterizzazione preliminare 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 C12-C40") con concentrazioni superiori ai limiti tabellari, fenomeno quest'ultimo riscontrato su diverse porzioni di territorio e a profondità diverse.

Essendo tutti i siti oggetto di indagine, *Cava Roccalupa*, *Luogo Marchese* e sito di produzione, ricadenti in un ambito territoriale caratterizzato dalla pressoché costante ed uniforme presenza dell'unità geologica del *Flysch Numidico*, l'attuazione del presente Piano ha lo scopo di verificare la compatibilità ambientale tra i materiali da scavo prodotti in fase di

realizzazione dell'opera e i siti di utilizzo citati in epigrafe, il tutto nel rispetto delle procedure previste dall'assetto tecnico normativo di settore.

Infatti, la problematica della determinazione dei valori di fondo (VF) nei suoli 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, 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'obbiettivo 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** così come ampiamente argomentato in precedenza.

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

Per ragione di completezza si riporta in rassegna una breve descrizione degli inquadramenti territoriali di tutti i siti che sono stati oggetto della presente indagine.

3.1 Inquadramento geografico “Cava Roccalupa”

Le aree oggetto di indagine sono state le aree adiacenti il sito di destinazione finale denominato Cava Roccalupa di proprietà della ditta Rocca Sabeco S.r.l.. Il sito è localizzato e nel comprensorio comunale di Pollina (PA), in C.da Roccalupa, ad una quota compresa tra 270 e 380 m s.l.m., alla distanza minima di circa 6 Km dalle opere di progetto. Le aree sono comprese nella Carta Tecnica Regionale n. 610020.



Figura 2. Stralcio planimetrico Cava Roccalupa (fonte Google Earth)

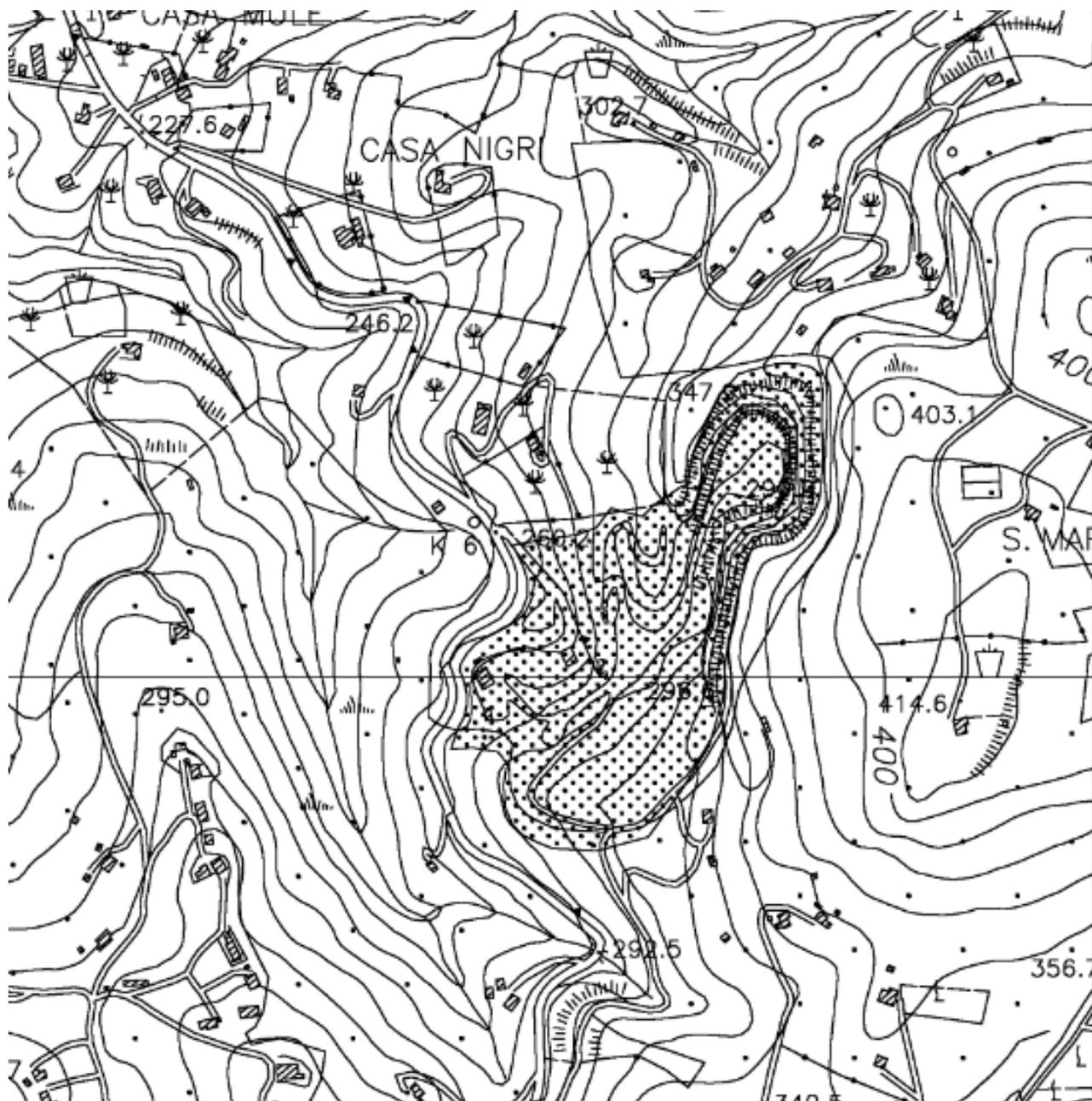


Figura 3. Stralcio IGM 1: 25.000

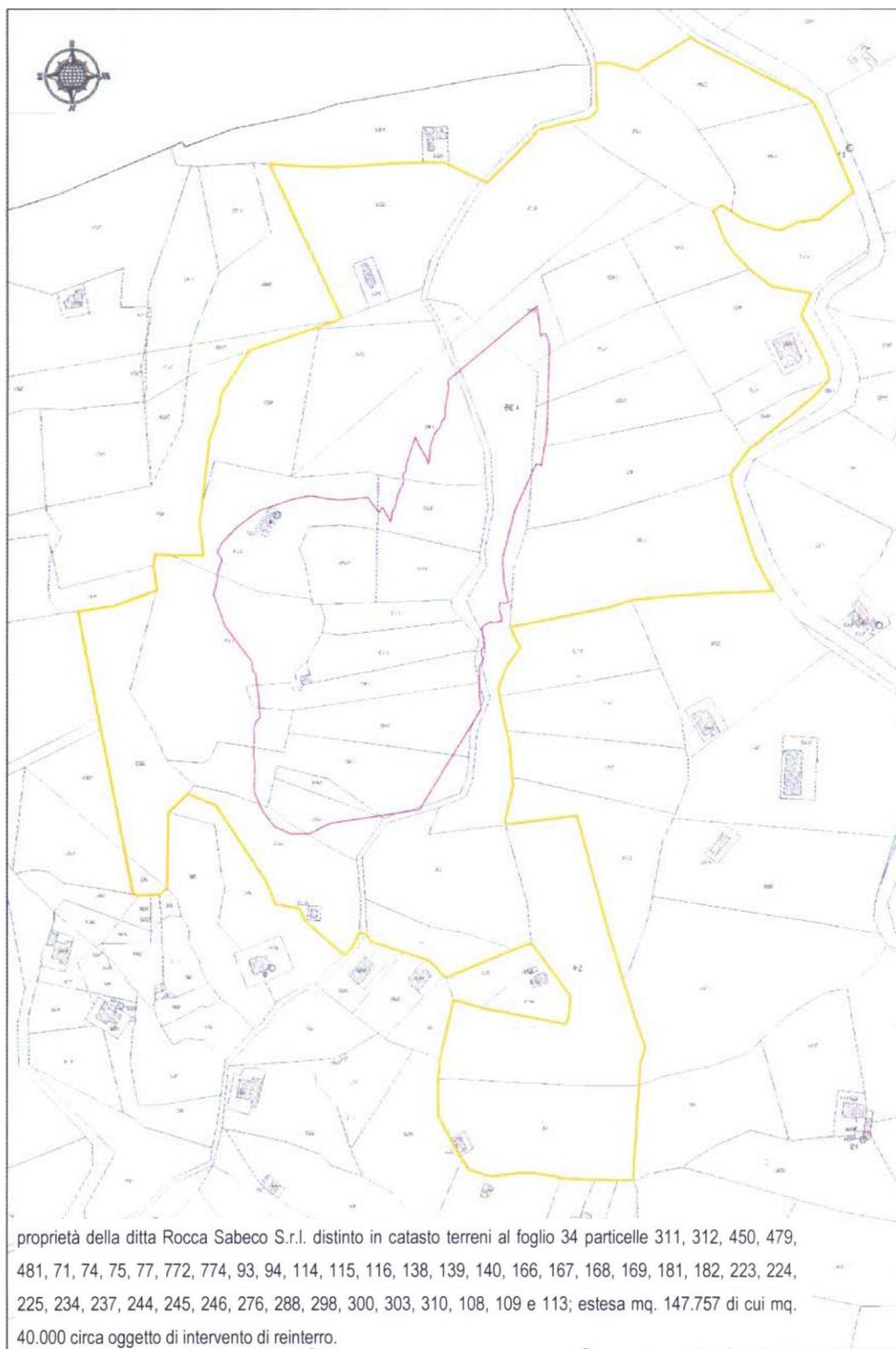


Figura 4. Inquadramento catastale dell'area di pertinenza della ex cava Roccalupa

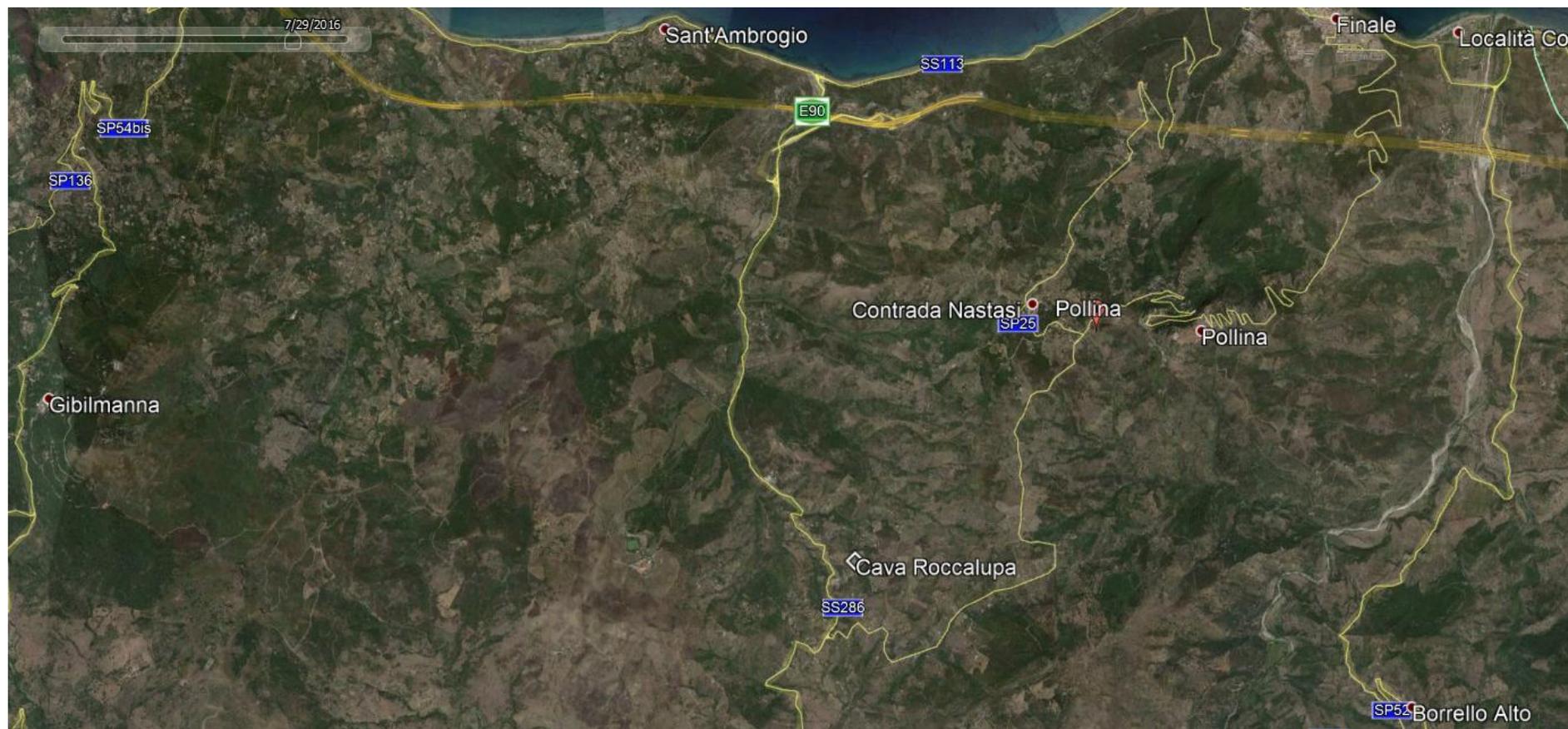


Figura 5. Inquadramento geografico a piccola scala di Cava Roccalupa



3.1.1 Inquadramento geologico e idrogeologico generale

L'area in cui ricade il sito di destinazione finale si localizza all'estremo margine settentrionale del complesso montuoso delle Madonie e, pertanto, si inquadra nel contesto geologico strutturale generale della Catena Appenninico-Maghrebide siciliana, della quale le Madonie costituiscono un importante settore centrale.

Per gli aspetti geologici e geomorfologici di dettaglio si rimanda al documento "STUDIO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL COMPENSORIO INTERESSATO DALLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE DI RADDOPPIO DEL TRACCIATO FERROVIARIO DELLA TRATTA CEFALU' OGLIASTRILLO - CASTELBUONO E DEI SITI DI DESTINAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DI SCAVO" redatta dal dott. geol. Gianvito Graziano.

3.1.2 Uso pregresso del sito ed attività svolte

Tra le attività di maggiore interesse presenti nelle aree oggetto di indagine la criticità maggiore è rappresentata dalla presenza dell'ex cava di C. da Roccalupa, in territorio di Pollina (PA), catastalmente ricade nel Foglio 34 del Comune di Pollina nelle particelle 108, 109, 113, 114, 215, 244, 245, 246.

L'area dista circa 8 Km dal centro abitato di Castelbuono e circa 10 Km dal centro abitato di Pollina. La distanza dalla linea ferroviaria Palermo-Messina è di circa 6 Km ed è raggiungibile da quest'ultima attraverso la S.S. 286.

La cava è stata utilizzata, per parecchi anni e sino all'anno 2000, dalla ditta proprietaria, la Rocca SABECO S.r.l., quale sito di estrazione di materiale lapideo di pregio (calcare dolomitico cristallino) ed è provvista di alcune necessarie infrastrutture quali uffici, piazzali, stradelle di accesso e servizio. Il tipo di cavazione "dall'alto verso il basso" che si è attuato in passato ha conformato nel tempo un fronte della cava con pareti verticali.

All'interno è possibile notare i vari piani di coltivazione e centralmente un ampio anfiteatro ricavato dai calcari cavati nel tempo. Le pareti della roccia sono compatte e massive, non si notano segni particolari di alterazioni e solo in alcuni punti sono presenti fratture di tipo sub-



verticale. Su una parte del versante Ovest si sono rese necessarie delle opere di contenimento tramite imbrigliatura con reti metalliche.

Il progetto di recupero ambientale del sito mediante utilizzo dei materiali da scavo provenienti dai lavori di realizzazione del *Raddoppio ferroviario della Tratta Ogliastrillo-Castelbuono della Linea Palermo-Messina* ha ottenuto tutti i pareri previsti da parte degli enti competenti e con D.A. n. 283/GAB del 21 giugno 2019 è stata disposta, con prescrizioni la cui verifica di ottemperanza è stata esperita dal Comune di Pollina, l'esclusione del progetto dalla Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 19 comma 8 del D.lgs. 152/06.

Per quanto riguarda i vincoli territoriali, tutta l'area è sottoposta al vincolo paesaggistico di cui alla L. 1479/1939 e ss.mm.ii. e al vincolo idrogeologico di cui alle leggi forestali del 1923 e 1926.

3.1.3 Interferenze con le aree protette

La zona circostante il sito è caratterizzata da una urbanizzazione sporadica con alcune vie di comunicazione ed alcuni edifici sparsi a carattere rurale. L'utilizzo del suolo è per lo più semi-boschivo a macchia mediterranea con presenza saltuaria di aree destinate a pascoli e colture quali vigneti e oliveti.

Dal punto di vista naturalistico, si segnala la presenza delle seguenti zone di interesse:

- ZPS "Parco delle Madonie" – ITA020050 – 400 m a nord;
- SIC "Sugherete di Contrada Serradaino" – ITA020038 – 3 km a nord-est;
- SIC "Foce del fiume Pollina" – ITA020018 – 7 km a est;
- SIC "Boschi di San Mauro Castelveverde" – ITA020003 – 5 km a sud-est;
- SIC "Querceti sempreverdi di Geraci Siculo e Castelbuono" – ITA020020 – 9 km a sud;
- SIC "Complesso di Pizzo Dipilo e Querceti su calcare" – ITA020017 – 6,5 km a sud-ovest;
- SIC "Boschi di Gibilmanna e Cefalù" – ITA020002 – 2,5 km a ovest;
- SIC "Rocca di Cefalù" – ITA020001 – 8,5 km a nord-ovest;



3.1.4 Aspetti agronomici e naturalistici

Per il dettaglio degli aspetti agronomici e naturalistici si rimanda alla relazione tecnica di dettaglio denominata “interventi di riutilizzo ambientale reinterro delle terre e rocce da scavo provenienti dai lavori di raddoppio ferroviario Palermo-Messina, tratta Cefalù – Castelbuono nella ex cava Roccalupa, agro di Pollina ASPETTI NATURALISTICI ED AMBIENTALI” redatta dott. Agr. Salvatore Restivo che si allega al presente elaborato.

3.2 Inquadramento geografico “Luogo Marchese”

L’area oggetto di indagine per la determinazione dei Valori di Fondo Naturale e individuata per la destinazione delle terre e rocce da scavo denominata “Luogo Marchese” si inquadra all’interno dell’area di competenza del Comune di Pollina (PA).

Le figure seguenti mostrano un inquadramento a grande scala e uno stralcio planimetrico dell’area a scala minore.

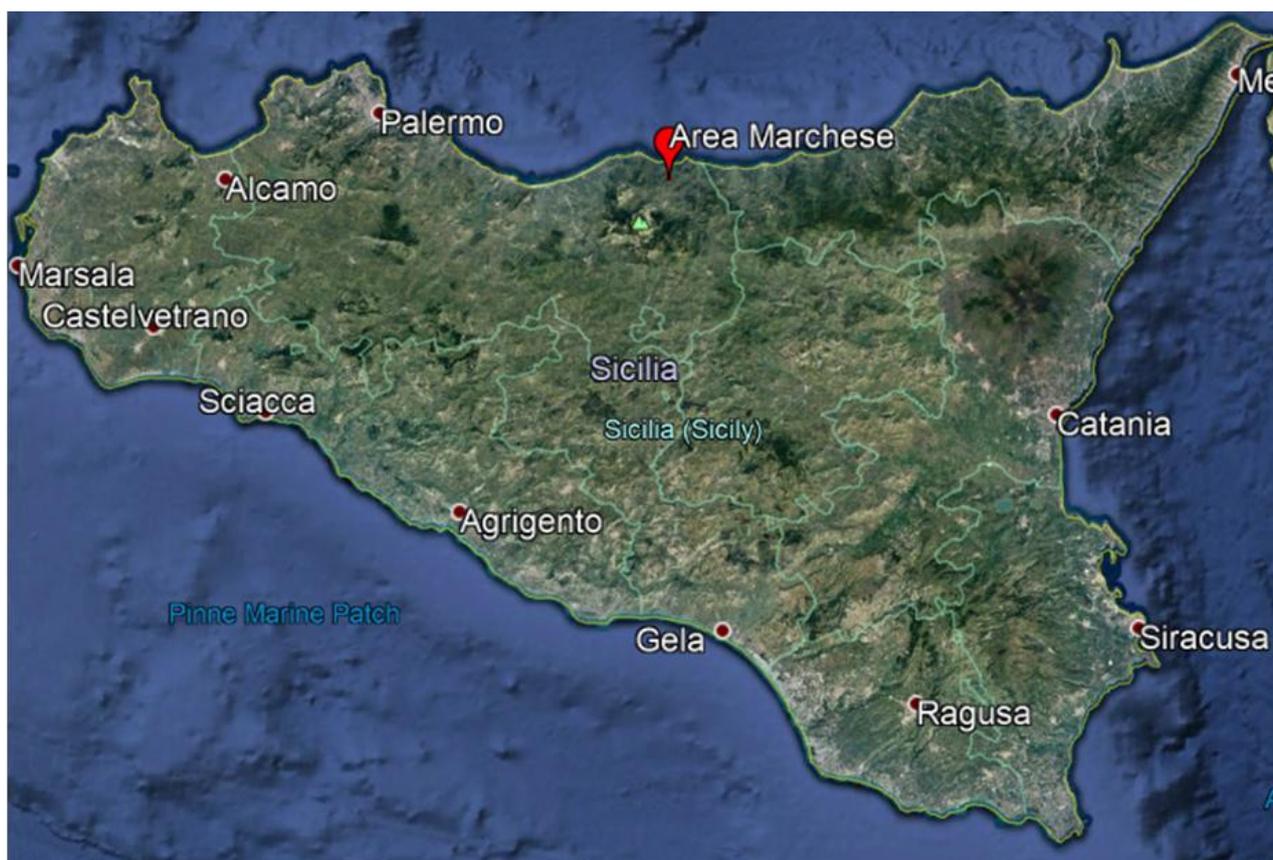


Figura 8. Inquadramento a piccola scala

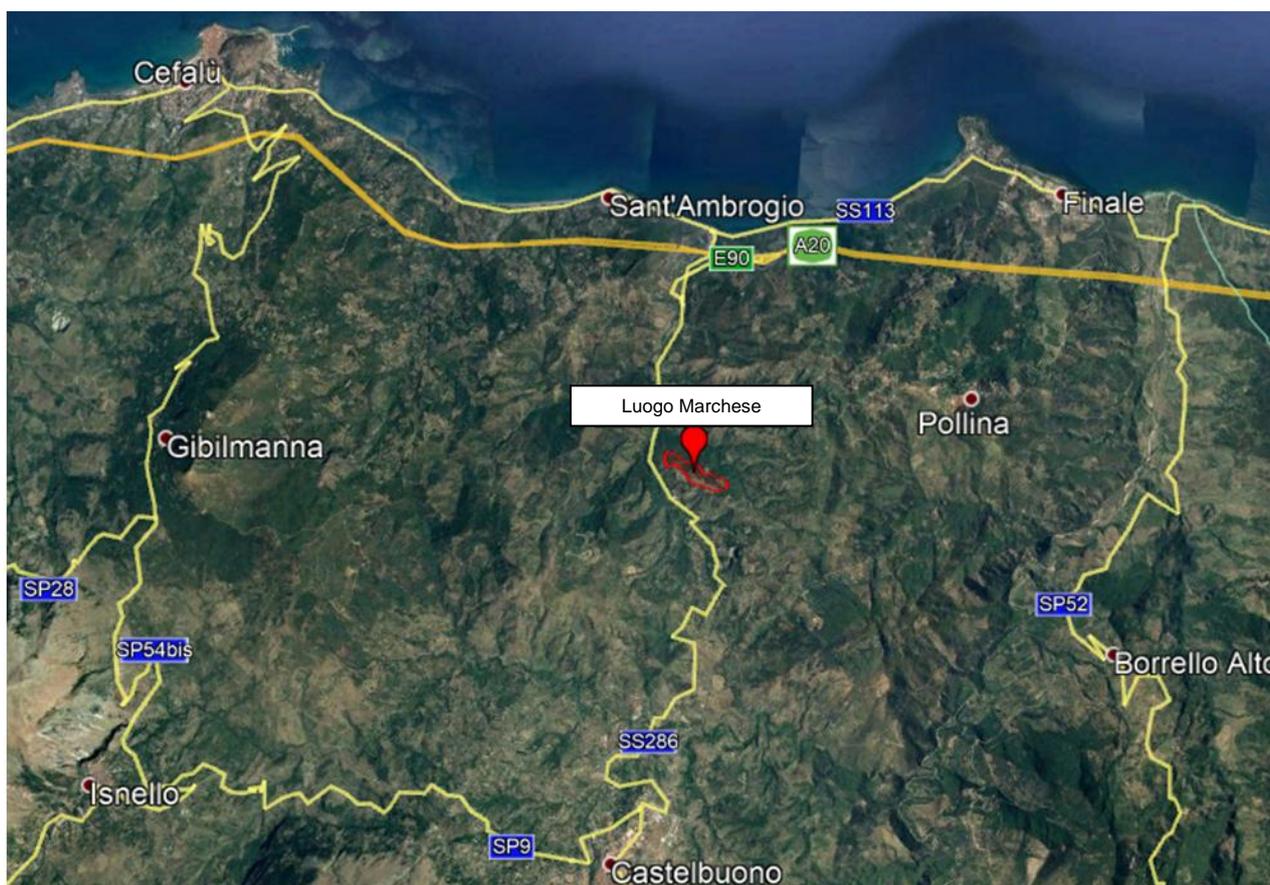


Figura 9. Inquadramento dell'area a media scala

Le coordinate UTM baricentriche del sito (zona 33 S) risultano essere:

421147 m E 4204298 m N.

Il sito si trova ubicato in vicinanza della SS 286 e, inoltre, entro un raggio di 10 km dallo stesso, si trovano:

- Il centro abitato di Sant'Ambrogio, fraz. di Cefalù (PA), 4 km verso nord;
- Il centro abitato di Finale di Pollina, fraz. di Pollina (PA), 6,5 km verso nord-est;
- Il centro abitato di Pollina, 4 km verso est;
- Il centro abitato di Castelbuono (PA), 5,5 km verso sud;
- Il centro abitato di Isnello (PA), 9,5 km verso sud-ovest;
- Il centro abitato di Cefalù (PA), 9 km verso nord-ovest.

La zona circostante il sito è caratterizzata dall'assenza pressoché totale di urbanizzazione, fatte salve le vie di comunicazione ed alcuni edifici sparsi con carattere rurale. L'utilizzo del suolo è per lo più boschivo o semi-boschivo e macchia mediterranea con presenza saltuaria di aree destinate a pascoli e colture quali vigneti e oliveti.

Dal punto di vista naturalistico, si segnala la presenza delle seguenti zone di interesse:

- ZPS "Parco delle Madonie" – ITA020050 – 400 m a nord;
- SIC "Sugherete di Contrada Serradaino" – ITA020038 – 3 km a nord-est;
- SIC "Foce del fiume Pollina" – ITA020018 – 7 km a est;
- SIC "Boschi di San Mauro Castelverde" – ITA020003 – 5 km a sud-est;
- SIC "Querceti sempreverdi di Geraci Siculo e Castelbuono" – ITA020020 – 9 km a sud;
- SIC "Complesso di Pizzo Dipilo e Querceti su calcare" – ITA020017 – 6,5 km a sud-ovest;
- SIC "Boschi di Gibilmanna e Cefalù" – ITA020002 – 2,5 km a ovest;
- SIC "Rocca di Cefalù" – ITA020001 – 8,5 km a nord-ovest.



Figura 10. Inquadramento del sito rispetto alle principali aree di interesse naturalistico. in blu i SIC, in celeste le ZPS. (fonte Google earth)

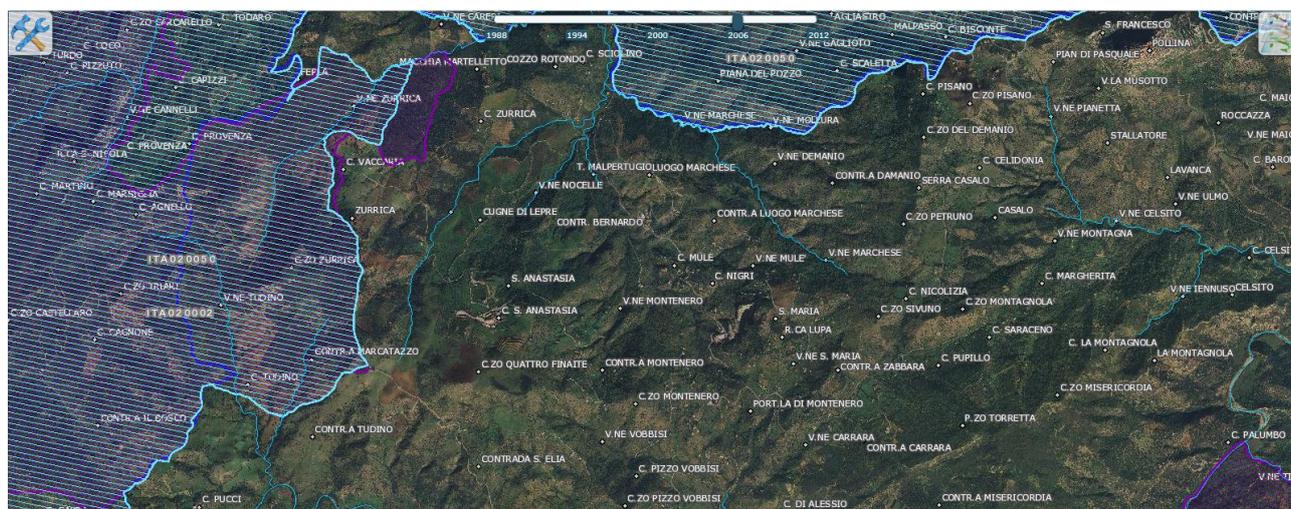


Figura 11. Inquadramento del sito rispetto alle principali aree di interesse naturalistico. in blu i SIC, in celeste le ZPS (fonte geoportale nazionale)

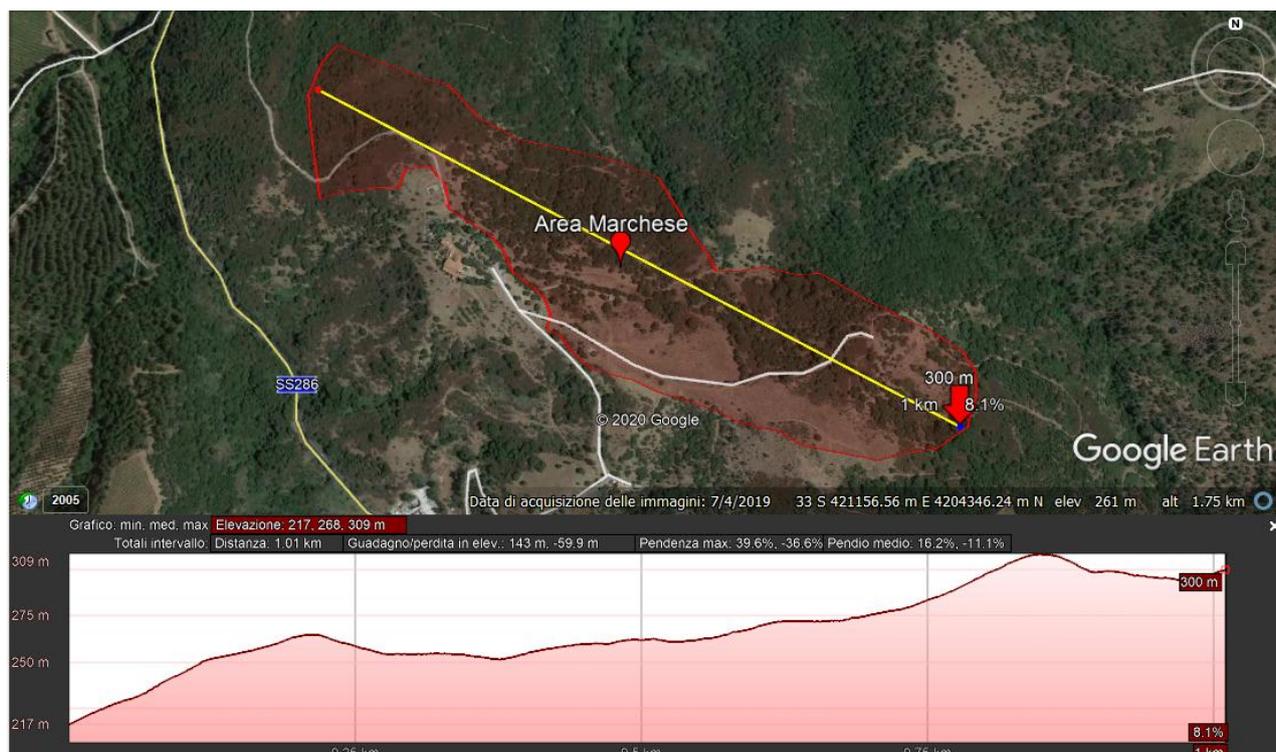
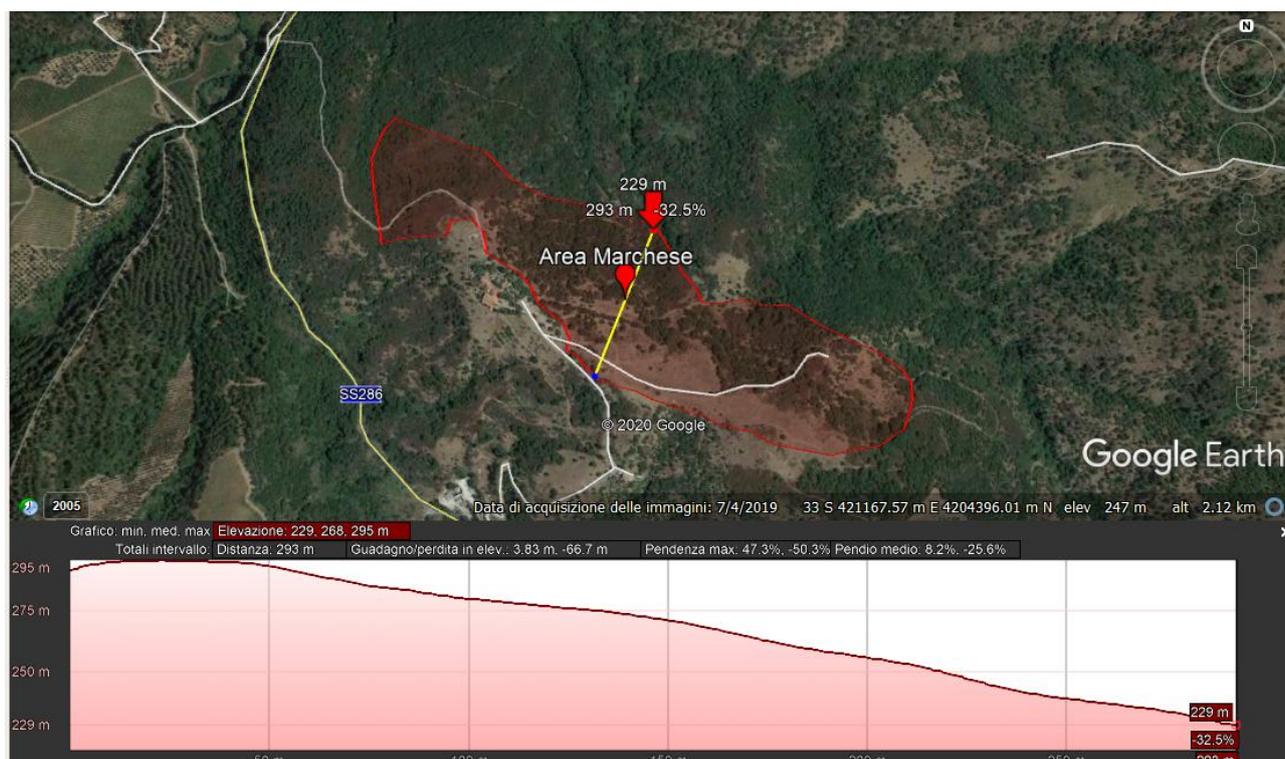
L'area in esame ha un'estensione di circa 18 ettari ed è posizionata su di un pianoro ubicato sulla sommità di un rilievo collinare che precede la catena montuosa delle Madonie che svettano alcuni chilometri più a sud.

L'area, sub-pianeggiante nella parte sommitale, degrada leggermente in direzione nord, facendo sì che le acque meteoriche raggiungano il Vallone Marchese, il quale convoglia tali acque di ruscellamento nel Torrente Malpertugio, un corso d'acqua a carattere stagionale che lambisce il piede del rilievo sul quale si trova l'area e che sfocia nel Mar Tirreno alcuni chilometri più a nord.

Il sito è caratterizzato da pendenze non eccessive, con medie comprese tra il 10 e il 25% a seconda della direzione considerata. Le quote sono comprese tra 220 e 310 m s.l.m.m.



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione





3.2.1 Aspetti geologici

Per gli aspetti geologici e geomorfologici di dettaglio si rimanda al documento “STUDIO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL COMPENSORIO INTERESSATO DALLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE DI RADDOPPIO DEL TRACCIATO FERROVIARIO DELLA TRATTA CEFALU’ OGLIASTRILLO – CASTELBUONO E DEI SITI DI DESTINAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DI SCAVO” redatta dal dott. geol. Gianvito Graziano.

3.2.2 Aspetti agronomico-naturalistici

Per gli aspetti agronomico-naturalistici si rimanda all’elaborato denominato **RELAZIONE AGRONOMICA – NATURALISTICA Progetto di rimodellamento ambientale sito in Pollina (PA) C. da Canne Masche snc, zona E del P.R.G. vigente Foglio 23 part. 6-41- 28-7-82-8, Foglio 28 part. 70-5-6-80-72-81, realizzato mediante i materiali da scavo provenienti dai lavori per il raddoppio ferroviario della tratta Ogliastrillo-Castelbuono della linea Palermo – Messina** redatto per conto dell’azienda Agricola Luogo marchese S.R.L. dal dott.Agr.mo Cirrito Nico che si allega al presente elaborato e di cui si riporta di seguito lo stralcio delle conclusioni.

[...] La presente relazione mette in evidenza l’assenza di particolari ostacoli vincolistici e di impatto ambientale sulla flora e la fauna, in quanto prevede a completamento dell’opera una rinaturalizzazione del sito con l’apporto di essenze arboree vegetali autoctone carenti in questo momento, con il raggiungimento del climax (stadio finale dell’evoluzione di un ecosistema in una successione ecologica, che se le condizioni ambientali rimangono stabili è in grado di autoperpetuarsi nel tempo).

Inoltre il trasporto in altri siti distanti al luogo di produzione dei materiali di scavo del raddoppio ferroviario aumenterebbe notevolmente le emissioni di CO2 ad opera dei mezzi di trasporto e andrebbe ad appesantire di molto il traffico viario sulle strade statali principali della rinomata località turistica cefaludese.



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

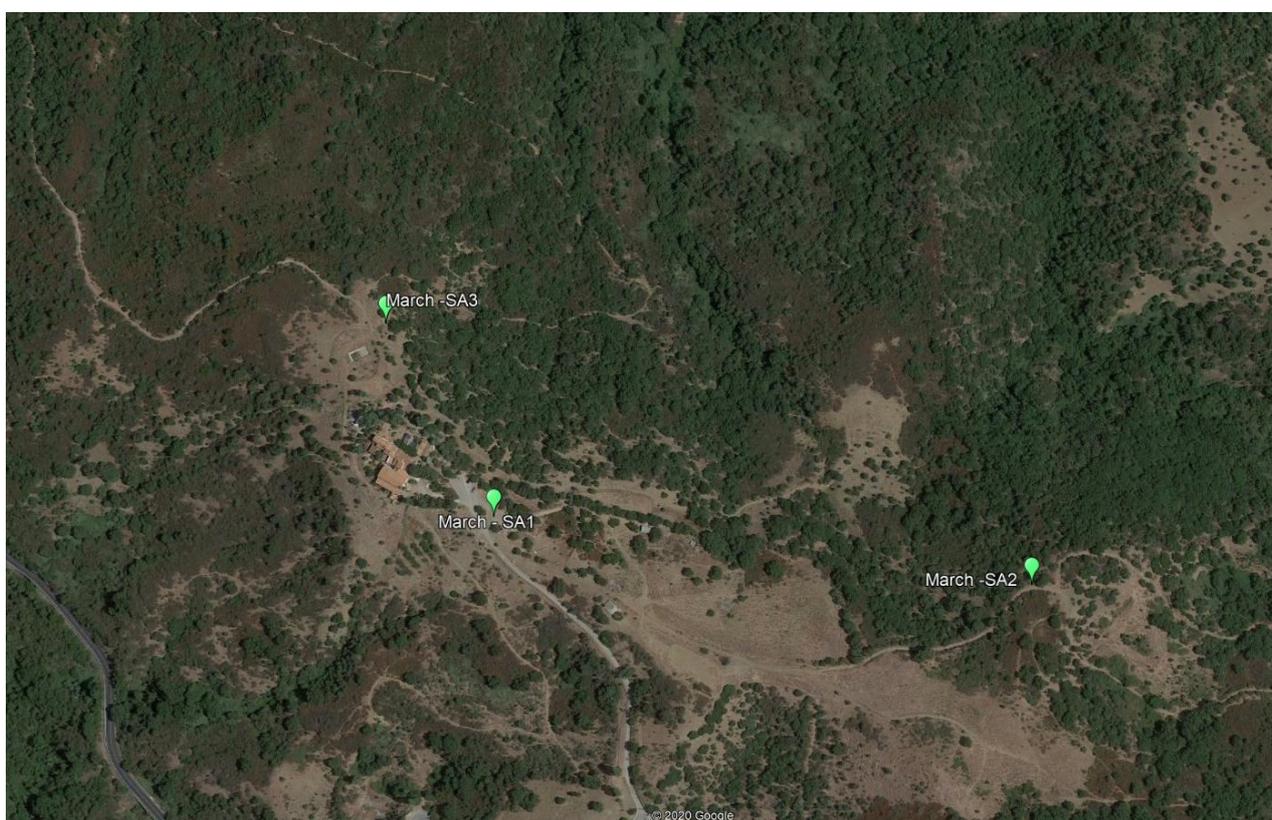
Pertanto una volta realizzato il rimodellamento verranno attivati dei percorsi con sentieri naturali all'interno del neo bosco per la fruizione turistica e didattica ad opera della odierna richiedente struttura agrituristica Tenuta Luogo marchese.

3.2.3 Raccolta e organizzazione dati pregressi

In fase di caratterizzazione preliminare del sito di destinazione finale in questione, sono stati realizzati n. 3 sondaggi ambientali finalizzati ad indagare suolo e sottosuolo.

La distribuzione dei sondaggi ha interessato un'area ridotta rispetto all'area complessiva, tuttavia, i dati ottenuti nella fase preliminare sono stati valutati per confrontare i dati ottenuti in questa fase di determinazione dei valori di fondo naturale.

Si riportano di seguito una planimetria generale e le coordinate dei punti in cui sono stati realizzati i 3 sondaggi preliminari.



Nome sondaggio	Est	Nord
SA1	420981.26	4204308.99
SA2	421429.31	4204247.47
SA3	420892.83	4204471.49



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

In fase di realizzazione della rete di campionamento è stato tenuto conto della posizione dei sondaggi già realizzati in fase preliminare, pertanto, gli stessi sono stati inclusi nel grigliato 100m x 100m come meglio dettagliato nei successivi paragrafi.

Il dettaglio dei risultati analitici di cui ai rapporti di prova n. 2138218-001÷018 e le relative stratigrafie sono riportate in allegato al presente documento, di seguito è riportato un prospetto di sintesi dei superamenti registrati in *ante operam* sul sito di utilizzo Luogo Marchese.

SONDAGGI AMBIENTALI - SITO DI DESTINAZIONE FINALE "LUOGO MARCHESE"													
WBS	data Campionamento	Nome RDP	n° RDP	data RDP	CONFORMITA'		PK /Quota di Campionamento	Note	Idrocarburi pesanti C > 12				
					Limiti TAB. 1/A	Limiti TAB. 1/B			Valore Rilevato	Incertezza	Valore Limite Tab. 1/A	Valore Limite Tab. 1/B	
	29/05/2020	SA1-C1 da 0 a -1 mt	2138218-001	10/09/2020	A				31	± 10	50	750	
	29/05/2020	SA1-C2 da -12 a -13 mt	2138218-002	10/09/2020		B		Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	139	± 44	50	750	
	29/05/2020	SA1-C3 da -19 a -20 mt	2138218-003	10/09/2020		B		Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	118	± 38	50	750	
	29/05/2020	SA2-C1 da 0 a -1 mt	2138218-004	10/09/2020	A				25	± 8	50	750	
	29/05/2020	SA2-C2 da -9 a -10 mt	2138218-005	10/09/2020		B		Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	103	± 33	50	750	
	29/05/2020	SA2-C3 da -18 a -19 mt	2138218-006	10/09/2020		B		Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	191	± 61	50	750	
	29/05/2020	SA3-C1 da 0 a -1 mt	2138218-007	10/09/2020	A				38	± 12	50	750	
	29/05/2020	SA3-C2 da -11 a -12 mt	2138218-008	10/09/2020	A				16	± 5	50	750	
	29/05/2020	SA3-C3 da -19 a -20 mt	2138218-009	10/09/2020		B		Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	157	± 50	50	750	

3.3 Inquadramento geografico – Sito di produzione

Il sito di produzione si identifica con il cantiere per la realizzazione del raddoppio della tratta Ogliastrillo – Castelbuono della linea ferroviaria Messina – Palermo, 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 12. Inquadramento geografico

Più dettagliatamente è prevista la realizzazione di tre gallerie naturali di linea, intervallate da brevi tratti allo scoperto:

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

I brevi tratti allo scoperto sono collocati alle estremità dell'intervento, in località Ogliastrillo e nel tratto interessato dalla stazione di Castelbuono e in corrispondenza delle incisioni dei torrenti Mazzatore e Carbone, tra le gallerie Cefalù e S. Ambrogio, e del Torrente Malpertugio, tra le gallerie S. Ambrogio e Malpertugio.

Sono previsti ulteriori lavori in sotterraneo a servizio della fermata sotterranea di Cefalù, che si sviluppa lungo l'omonima galleria, e la galleria finestra S. Ambrogio, per la gestione delle emergenze della galleria di linea S. Ambrogio.

3.3.1 Aspetti geologici

Per gli aspetti geologici e geomorfologici di dettaglio si rimanda al documento “STUDIO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL COMPRESORIO INTERESSATO DALLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE DI RADDOPPIO DEL TRACCIATO FERROVIARIO DELLA TRATTA CEFALU’ OGLIASTRILLO – CASTELBUONO E DEI SITI DI DESTINAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DI SCAVO” redatta dal dott. geol. Gianvito Graziano.

Di seguito si riportano degli stralci della descrizione geologica dei tre fronti di scavo come da sopralluoghi preliminari alle fasi di caratterizzazione (gennaio 2021).

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



Figura 13. Fronte di scavo Galleria S. Ambrogio, lato Palermo

‘il 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 14. Fronte di scavo galleria S. Ambrogio, lato Messina

‘il 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 15 - Fronte di scavo Finestra S. Ambrogio



'il 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 il sito di produzione che i siti di destinazione, e in cui sono stati riscontrati i superamenti delle CSC degli idrocarburi ($C > 12$).

3.3.2 Raccolta e Organizzazione dati pregressi

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

- Ante-operam: n. 6 Sondaggi profondi (anno 2013-2014);
- Ante-operam: n. 7 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 sono stati rilevati frequentemente concentrazioni di **Idrocarburi pesanti (C >12)** superiore alle CSC definite dalla Tab. 1/A, Allegato 5, titolo V, parte IV del Dlgs 152/06. In siffatto contesto le terre dei tratti di galleria scavati sono state riutilizzate all'interno dell'opera stessa. Nelle tabelle di seguito riportate sono riassunti i superamenti registrati nelle diverse aree.



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

SONDAGGI AMBIENTALI PROFONDI - ANTE OPERAM													
WBS	data Campionamento	identificativo origine prelievo	n° RDP	data RDP	CONFORMITA'		PK /Quota di Campionamento	Note	Idrocarburi pesanti C > 12				
					Limiti TAB. 1/A	Limiti TAB. 1/B			Valore Rilevato	Incertezza	Valore Limite Tab. 1/A	Valore Limite Tab. 1/B	
Località Carbone	26/11/2013	SC1-CR01 da 6 a 7 mt	88751-13	11/12/2013		B		Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	69	± 20	50	750	
	26/11/2013	SC1-SR02 14 mt	88752-13	11/12/2013		B		Superamento per i parametri Stagno e Idrocarburi pesanti C > 12	107	± 22	50	750	
	26/11/2013	SC1-CR03 da 15 a 16 mt	88753-13	11/12/2013		B		Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	91	± 21	50	750	
	13/02/2014	SC01A-CR04 da 13 a 14 mt	10285-14	20/02/2014		B		Superamento per i parametri Stagno e Idrocarburi pesanti C > 12	164	± 34	50	750	
	13/02/2014	SC01A-CR05 da 17 a 18 mt	10286-14	20/02/2014		B		Superamento per i parametri Stagno e Idrocarburi pesanti C > 12	87	± 21	50	750	
	13/02/2014	SC01B-CR03 da 9 a 10 mt	10281-14	20/02/2014		B		Superamento parametro Stagno	82	± 21	50	750	
	13/02/2014	SC01B-CR04 da 13 a 14 mt	10282-14	20/02/2014		B		Superamento per i parametri Stagno e Idrocarburi pesanti C > 12	235	± 49	50	750	
	13/02/2014	SC01B-CR05 da 17 a 18 mt	10283-14	20/02/2014		B		Superamento per i parametri Stagno e Idrocarburi pesanti C > 12	200	± 42	50	750	

SONDAGGI AMBIENTALI INTEGRATIVI - ANTE OPERAM (2016)													
WBS	data Campionamento	Nome RDP	n° RDP	data RDP	CONFORMITA'		PK /Quota di Campionamento	Note	Idrocarburi pesanti C > 12				
					Limiti TAB. 1/A	Limiti TAB. 1/B			Valore Rilevato	Incertezza	Valore Limite Tab. 1/A	Valore Limite Tab. 1/B	
GN01 Galleria Cefalu	24/10/2016	SA-CE04-GN01	2121674-001	02/11/2016		B	Incremento 1 calotta da -83 a -84 mt da PC - Incremento 2 nucleo da -87 a -88 mt da PC - Incremento 3 arco rovescio da -91 a -92 mt da PC	Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	95	± 33	50	750	
	09/10/2016	SA-CE02-GN01	2121842-001	16/11/2016		B	Incremento 1 calotta da -39 a -40 mt da PC - Incremento 2 nucleo da -43 a -44 mt da PC - Incremento 3 arco rovescio da -47 a -48 mt da PC	Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	84	± 32	50	750	
	16/11/2016	SA-CE01-GN01	2121899-001	21/11/2016		B	Incremento 1 calotta da -42 a -43 mt da PC - Incremento 2 nucleo da -46 a -47 mt da PC - Incremento 3 arco rovescio da -50 a -51 mt da PC	Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	166	± 63	50	750	
	16/11/2016	SA-CE03-GN01	2121899-002	21/11/2016		B	Incremento 1 calotta da -37 a -37,5 mt da PC - Incremento 2 nucleo da -41 a -41,5 mt da PC - Incremento 3 arco rovescio da -45 a -45,5 mt da PC	Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	238	± 90	50	750	
GN06 Finesta S. Ambrogio	06/10/2016	SA-FI-AM02	2121454-001	16/10/2016		B	Incremento 1 calotta da -48 a -49 mt da PC - Incremento 2 nucleo da -51,5 a -52,5 mt da PC - Incremento 3 arco rovescio da -55 a -56 mt da PC	Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	74	± 22	50	750	
GN05 Galleria S. Ambrogio	18/10/2016	SA-AM01-GN05	2121608-001	28/10/2016		B	Incremento 1 calotta da -73 a -74 mt da PC - Incremento 2 nucleo da -78 a -79 mt da PC - Incremento 3 arco rovescio da -83 a -84 mt da PC	Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	78	± 23	50	750	
	09/11/2016	SA-AM03-GN05	2121779-001	09/11/2016		B	Incremento 1 calotta da -83 a -84 mt da PC - Incremento 2 nucleo da -88 a -89 mt da PC - Incremento 3 arco rovescio da -93 a -94 mt da PC	Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	156	± 60	50	750	



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

SONDAGGI AMBIENTALI - CORSO D'OPERA - FRONTE GALLERIE													
WBS	data Campionamento	Nome RDP	n° RDP	data RDP	CONFORMITA'		PK /Quota di Campionamento	Note	Idrocarburi pesanti C > 12				
					Limiti TAB. 1/A	Limiti TAB. 1/B			Valore Rilevato	Incertezza	Valore Limite Tab. 1/A	Valore Limite Tab. 1/B	
GN05 fronte lato PA (Carbone)	13/03/2020	S2 23-24 mt	2137391-001	20/04/2020		B	70+246,00	Carotaggi al fronte - Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	212	± 68	50	750	
	13/03/2020	S2 33-34 mt	2137391-002	20/04/2020		B	70+246,00		206	± 66	50	750	
	13/03/2020	S2 39-40 mt	2137391-003	20/04/2020		B	70+246,00		258	± 83	50	750	
GN05 fronte lato ME (Malpertugio)	08/06/2020	SA-GSA-ME1 20-21 mt	2138325-001	10/09/2020		B	73+968,20	Carotaggi al fronte - Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	188	± 60	50	750	
	08/06/2020	SA-GSA-ME1 29-30 mt	2138325-002	10/09/2020		B	73+968,20		194	± 62	50	750	
	08/06/2020	SA-GSA-ME1 39-40 mt	2138325-003	10/09/2020		B	73+968,20		198	± 63	50	750	
GN06 Finestra S. Ambrogio fronte	10/03/2020	S1 20-21 mt	2137315-001	14/04/2020		B	0+209,30	Carotaggi al fronte - Superamento parametro Idrocarburi pesanti C > 12	82	± 26	50	750	
	10/03/2020	S1 30-31 mt	2137315-002	14/04/2020		B	0+209,30		60	± 22	50	750	
	10/03/2020	S1 39-40 mt	2137315-003	14/04/2020		B	0+209,30		154	± 49	50	750	



4 MODELLO CONCETTUALE

Così come puntualmente richiamato al p.to 2.2 delle Linee guida predisposte da ISPRA sui Valori di Fondo Naturale (Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 14.11.2017. Doc. n. 20/17), Il **Modello Concettuale** costituisce l'elemento centrale del procedimento proposto per la determinazione dei valori di fondo a partire da un dato scenario. Esso infatti costituisce la chiave in base alla quale sono organizzati, trasformati, elaborati ed interpretati i dati che costituiscono il database a cui si rimanda nelle sezioni specifiche del presente documento. La relazione fra Modello Concettuale e Data Base è dinamica, nel senso che l'analisi dei dati, anche attraverso rappresentazioni grafiche, può rafforzare o confutare il Modello Concettuale, anche imponendo una revisione di quest'ultimo. Una volta verificata la coerenza fra Modello Concettuale e Data Base, l'utilizzo degli strumenti statistici e geostatistici consente di completare il percorso per la determinazione dei valori di fondo.

Il Modello Concettuale restituisce la relazione fra le sorgenti, i processi di migrazione, trasformazione e destino dei potenziali contaminanti e la distribuzione delle sostanze di interesse. L'elaborazione del modello concettuale è basata sull'individuazione degli analiti di interesse, delle potenziali sorgenti, e di tutti i fattori chimico-fisici e ambientali che regolano la loro distribuzione; in pratica viene definito il contesto ambientale in cui si opera, essenzialmente acquisendo a scala opportuna tutti gli elementi conoscitivi disponibili (inclusi specifici dati e studi pregressi) per l'area di interesse.

Per il contesto ambientale oggetto della presente indagine volta,

- sia a verificare l'origine naturale degli idrocarburi pesanti C12-C40 che caratterizzano tutte le aree annoverate all'interno del Piano di Utilizzo (sia sito di produzione che siti di utilizzo),
- sia alla definizione del nuovo Valore di Fondo Naturale per gli idrocarburi pesanti C12-C40,

non essendo state censite fonti di contaminazione primarie e/o secondarie, il modello concettuale è rappresentato dagli elementi conoscitivi dalle ipotesi e contenute all'interno



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

della relazione denominata “STUDIO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL COMPENSORIO INTERESSATO DALLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE DIRADDOPPIO DEL TRACCIATO FERROVIARIO DELLA TRATTA CEFALU’ OGLIASTRILLO – CASTELBUONO E DEI SITI DI DESTINAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DI SCAVO” redatta dal dott. geol. Gianvito Graziano cui si rimanda per gli approfondimenti del caso (vedi allegato) e di cui si riportano le conclusioni. [...] Il contesto geologico dell’ambito territoriale in seno al quale è prevista la realizzazione del tracciato ferroviario Cefalù Ogliastrillo–Castelbuono è rappresentato dunque, quasi esclusivamente, dalla formazione oligo-miocenica del *Flysch Numidico*, al cui interno è stata accertata la presenza di concentrazioni variabili di idrocarburi pesanti $C > 12$, che coinvolgono indistintamente tutte le litofacies di cui esso è composto (argilliti, argille variamente sabbiose, quarzareniti, argille ghiaiose, ecc.).

Tale ambito include anche i due siti di destinazione finale individuati e fatti oggetto anch’essi di apposite indagini.

È stato accertato che la presenza di idrocarburi pesanti nelle concentrazioni rilevate hanno un’origine naturale ed è stato esposto come tale origine possa essere connessa ad aspetti diagenetici, a loro volta legati all’ambiente povero di ossigeno di deposizione dei depositi torbiditici, o, secondo la tesi avanzata da altri autori, a fenomeni di migrazione degli stessi idrocarburi dai sottostanti calcari cretacei a causa della loro compressione avvenuta nel Miocene e favorita ulteriormente dal successivo sistema di faglie plioceniche.

Nel primo caso si tratterebbe di condizioni analoghe a quelle individuate all’interno delle Linee guida predisposte da ISPRA sui Valori di Fondo Naturale (Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 14.11.2017. Doc. n. 20/17), che, seppure siano riferite ad un contesto di terreni “torbosi”, appaiono assolutamente applicabili anche alla situazione riscontrata: *“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”* (cfr. nota n. 11 del par. 2.2 “Criticità semantiche ed operative”).



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

Invece nel caso della migrazione degli idrocarburi per compressione dei sottostanti calcari si tratterebbe di un'origine connessa alla tettonica regionale, come illustrato al paragrafo precedente.

A parere dello scrivente non può escludersi che la presenza degli idrocarburi in seno alla formazione del *Flysch Numidico* sia ricollegabile ad entrambe le situazioni, ossia che la loro origine sia connessa sia alle modalità diagenetiche della formazione, sia alle compressioni tettoniche che hanno iniziato a svilupparsi mentre la diagenesi era ancora in corso.

Ad ogni modo è evidente, proprio per le considerazioni geologiche svolte, che l'ambito territoriale con fondo naturale, inteso come *“porzione del territorio geograficamente individuabile in cui può essere dimostrato che un valore di concentrazione di una o più sostanze nel suolo, superiore alle concentrazione 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”*, debba essere riferito alla vasta area di affioramento dell'unità appartenente alla formazione del *Flysch Numidico* denominata *Membro di Geraci Siculo*.

Essa rappresenta una parte del più ampio bacino di sedimentazione dello stesso *Flysch Numidico*, che all'intero comprensorio interessato comprende il sito di produzione e quelli di destinazione dei materiali di scavo.

Pur non entrando nel merito dell'attribuzione del valore di fondo naturale per gli idrocarburi pesanti $C > 12$ alla formazione geologica indicata, si ritiene che esso debba comprendere la variabilità di tutti i valori misurati, non avendo rilevato né settori di maggiore o minore concentrazione, né facies litologiche caratterizzate da maggiori o minori concentrazioni



5 PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

5.1 Piano di indagini “Cava Roccalupa”

In riferimento a quanto previsto in fase progettuale il piano di indagine è stato sviluppato attraverso le seguenti attività:

- INDAGINI ESEGUITI IN SITU
 - A. **Interventi diretti** Realizzazione di N° 12 sondaggi di tipo ambientale a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 20 metri da p.c. al fine di indagare uno spessore significativo del sottosuolo compatibile con l’attendibilità delle caratteristiche ambientali dei campioni prelevati;
 - B. **Campionamento** Prelievo di n° 36 campioni di suolo profondo (3 campioni per sondaggio per un totale di 12 sondaggi);
- INDAGINI DA ESEGUIRSI EX SITU
 - A. **Attività di laboratorio** Esecuzione delle analisi di laboratorio su 36 campioni di suolo e sottosuolo (3 campioni per sondaggio per un totale di 12 sondaggi);

5.1.1 Rete di realizzazione interventi diretti (sondaggi)

La rete di campionamento proposta e progettata è stata realizzata sulla scorta:

- A. Delle ipotesi progettuali;
- B. Dalle caratteristiche del contesto in cui è inserito il sito di cava oggetto dell’intervento di recupero ambientale con materiali da scavo provenienti dalle opere in progetto;
- C. Dell’assetto geologico che caratterizza le aree perimetrali dell’area in cui insiste l’ex cava;



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

- D. Dell'analisi delle attività tecnico-analitiche condotte in precedenza sul sito, svolte quali prime indagini preliminari condotte sull'area di sedime della cava;
- E. Dalle possibili interazioni tra le eventuali attività esistenti sul territorio e l'indotto che se ne crea;
- F. Dalla storiografia del sito che mette in evidenza una sostanziale continuità di utilizzo caratterizzato dall'assenza pressoché totale di urbanizzazione e un uso del suolo per lo più boschivo o semi-boschivo e macchia mediterranea con presenza saltuaria di aree destinate a pascoli e colture quali vigneti e oliveti;
- G. Dalla presenza della ex cava Roccalupa.

Per definire i punti di sondaggio quindi i punti di prelievo campioni, è stata georeferenziata una cartografia di riferimento (sistema di riferimento: Datum WGS 84, coordinate UTM Fuso 33S) il cui centroide lo si può ubicare alle coordinate 421634 E e 4203109 N.

Alla cartografia di base, quindi, in riferimento al perimetro dell'area di pertinenza dell'ex Cava Roccalupa è stata identificata una area di buffer (area di rispetto) di lato 100 m, questa è stata successivamente suddivisa in aree unitarie di 100 m in modo da ottenere una distribuzione perimetrica equispaziata dei punti dove realizzare i sondaggi. Detta distribuzione che prende in nome di "distribuzione ragionata" dei sondaggi è stata scelta mutuando quanto indicato dall'allegato 2 art.8 del DPR 120/17 che di quanto indicato dal Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati –APAT Manuali e linee guida 43/2006- che fornisce le seguenti indicazioni *"Nel caso in cui si proceda con una disposizione a griglia, il lato d'ogni maglia potrà variare da 25 a 100 m secondo il tipo e le dimensioni del sito oggetto d'indagine. I punti di indagine potranno essere localizzati in corrispondenza dei nodi della griglia (ubicazione sistematica) oppure all'interno di ogni maglia in posizione opportuna (ubicazione sistematica casuale), oppure posizionati casualmente all'interno delle maglie della griglia a seconda dei dati conoscitivi ottenuti dalla fase di indagine preliminare o della situazione logistica (presenza di infrastrutture, ecc.)."*

Per il caso di specie la sovrapposizione di una griglia a maglia regolare sull'intera area non è risultata praticabile in ragione della presenza dell'area cavata e oggetto di un mirato intervento



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

di recupero ambientale, pertanto, il reticolato è stato riadattato all'area di confine della cava stessa come indicato in precedenza.

Il riferimento al citato manuale nasce dall'esigenza di rispettare quanto indicato per la caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo dove nell'intero assetto tecnico-normativo viene imposta la verifica del rispetto delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) ai sensi di quanto indicato dalla tabella 1 colonna A e B della parte quarta, titolo V del D.lgs. 152/06.

Quindi, il richiamo alle procedure di campionamento e alle CSC previste dal Testo Unico Ambientale in riferimento alla caratterizzazione ambientale dei siti potenzialmente contaminati estende i contenuti dello stesso anche al caso della Determinazione dei Valori di Fondo Naturale, irrobustendone gli approfondimenti e i risultati perseguibili.

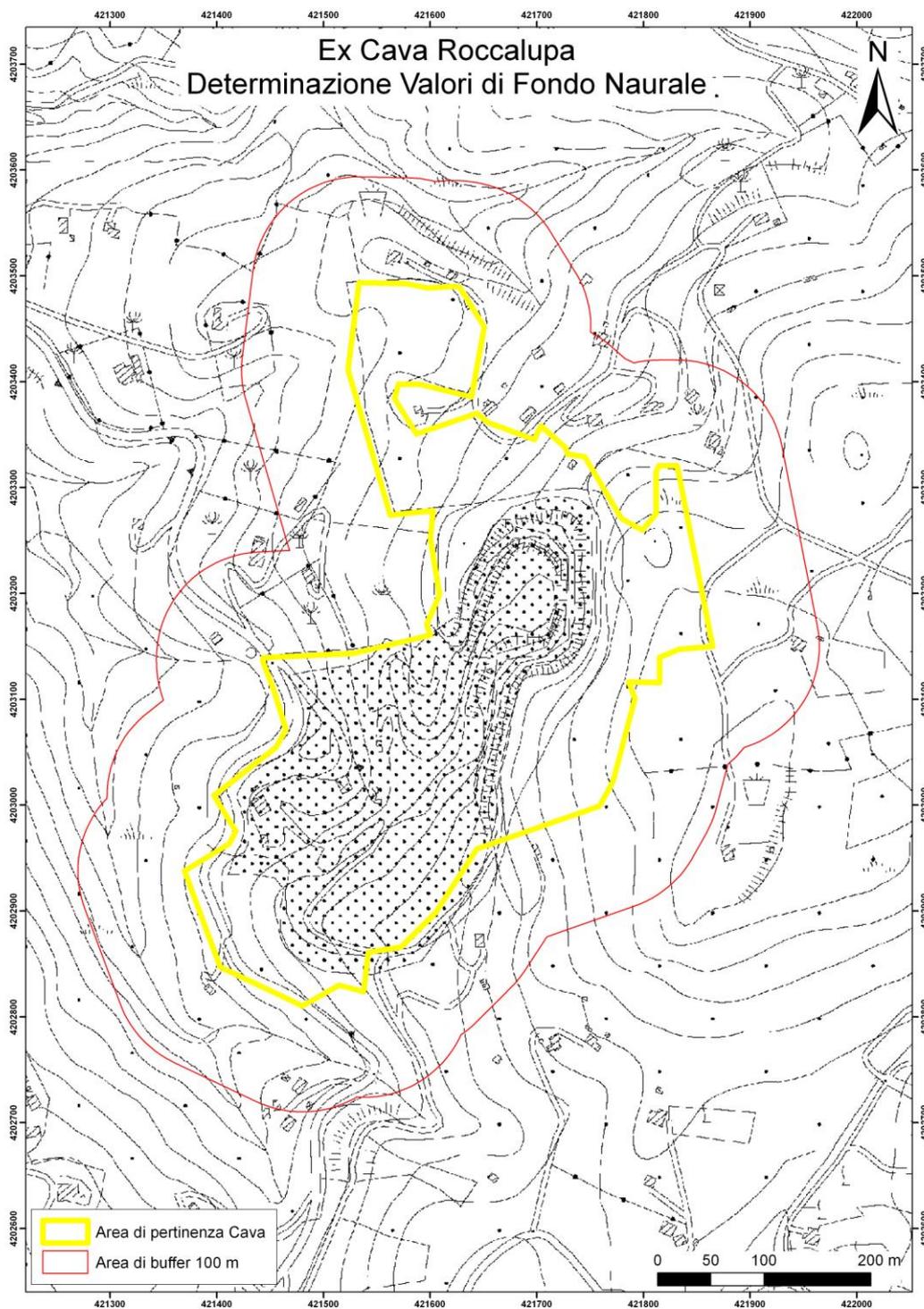


Figura 16. Dettaglio dell'area di buffer di 100 m rispetto al confine di pertinenza dell'ex cava Roccalupa

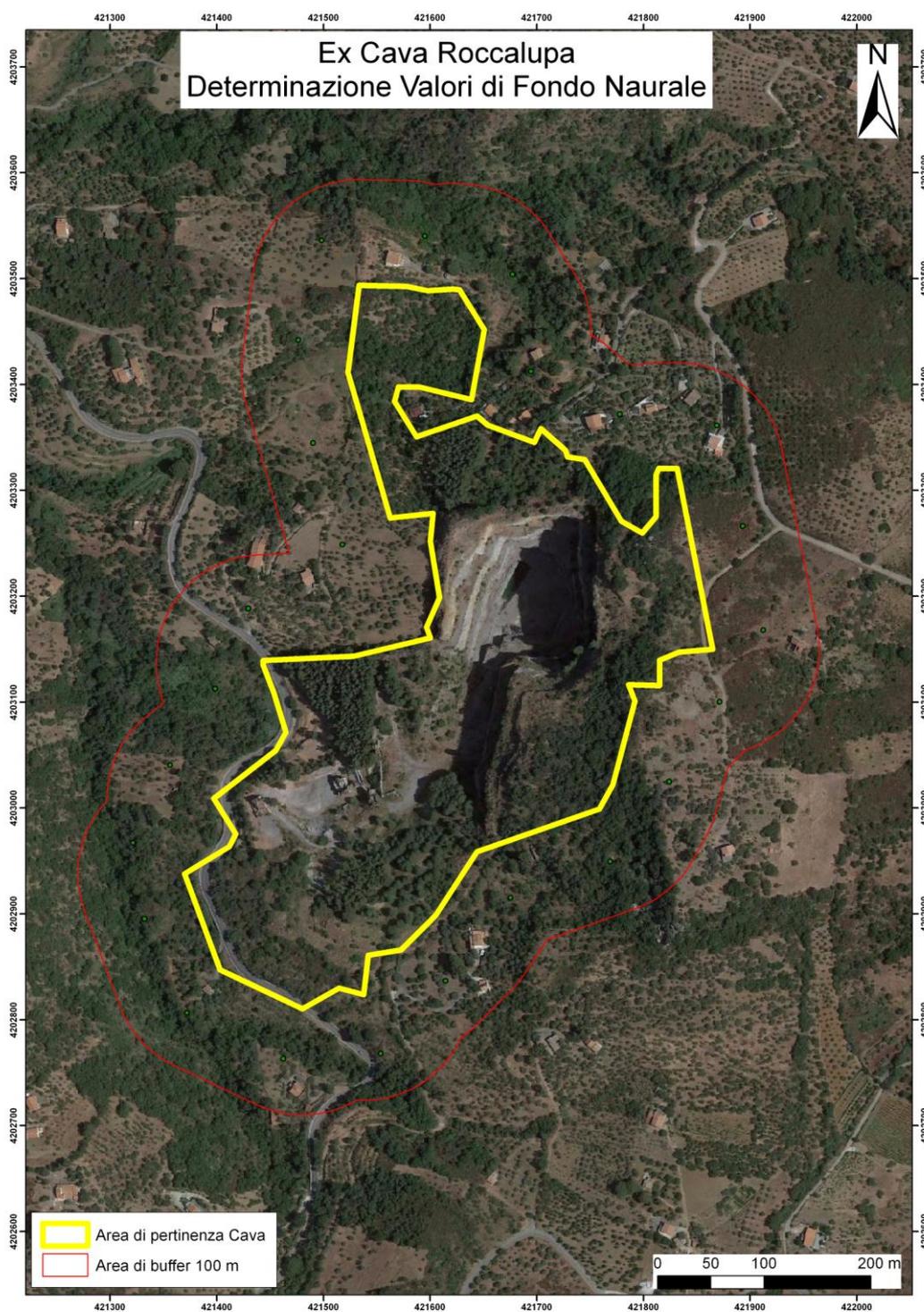


Figura 17. Dettaglio dell'area di buffer di 100 m rispetto al confine di pertinence dell'ex cava Roccalupa



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

Dal reticolato geografico posto al confine dell'area di pertinenza della cava, passo 100 x 100 metri, sono state estrapolate tutte le maglie (aree unitarie) di ciascuna area censita.

Una volta ottenute le aree unitarie di campionamento è stato possibile, mediante la procedura precedentemente descritta, estrapolare tutte le coordinate dei punti in cui sono stati realizzati i sondaggi.

L'ubicazione dei punti di realizzazione dei sondaggi è stata operata impiegando sia la metodica della distribuzione spaziale "ragionata", si è optato per la realizzazione di n.12 sondaggi distribuiti lungo il confine dell'area di pertinenza della cava (distanti 50 m da questa) ed equidistanti 200 m. La distribuzione e l'ubicazione dei punti di campionamento sono state progettate con lo scopo di ottenere una copertura omogenea di tutto il territorio del quale si vogliono definire i valori di fondo naturale e di giungere alla definizione spaziale degli stessi. Tuttavia, in fase operativa alcuni sondaggi sono stati spostati perché ricadenti in aree non accessibili o in zone non idonee alla realizzazione del sondaggio per la presenza di strade o manufatti.

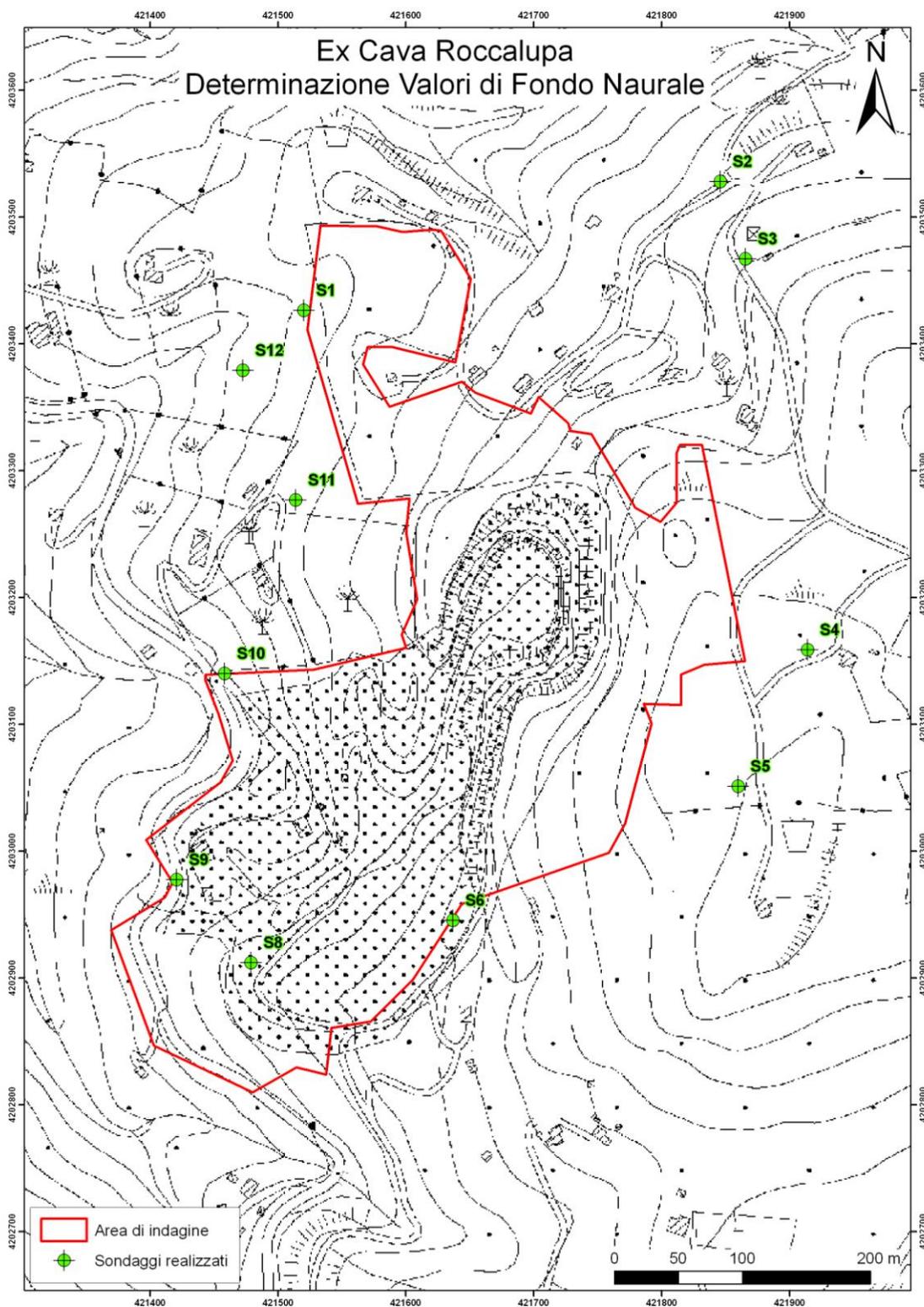


Figura 18. Distribuzione spaziale dei sondaggi realizzati



5.1.2 Ubicazione punti di sondaggio

SONDAGGIO	EST	NORD
1	421520,64	4203426,42
2	421845,88	4203528,11
3	421865,80	4203467,20
4	421914,33	4203158,80
5	421860,11	4203051,13
6	421637,06	4202945,69
7	421693,23	4202619,66
8	421479,35	4202912,37
9	421421,17	4202977,66
10	421458,60	4203140,05
11	421514,33	4203276,99
12	421473,10	4203379,10

5.2 Piano di indagini “Luogo Marchese”

In riferimento a quanto previsto in fase progettuale il piano di indagine è stato sviluppato attraverso le seguenti attività:

- INDAGINI DA ESEGUIRSI IN SITU

- A. **Interventi diretti** Realizzazione di N° 16 sondaggi di tipo ambientale a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 20 metri da p.c. La profondità proposta nasce dall'ipotesi di indagare uno spessore di suolo e sottosuolo in profondità pari allo spessore che di terre e rocce da scavo che si intendono depositare sul sito di destinazione finale. A questi sondaggi sono da sommare i 3 sondaggi già realizzati in fase di indagine preliminare;
- B. **Campionamento** Prelievo di n° 48 campioni di suolo profondo (3 campioni per sondaggio su 16 da realizzarsi);



- INDAGINI DA ESEGUIRSI EX SITU

A. **Attività di laboratorio** Esecuzione delle analisi di laboratorio su 48 campioni di suolo e sottosuolo (3 campioni per sondaggio per un totale di 16 sondaggi);

5.2.1 Rete di realizzazione interventi diretti (sondaggi)

La rete di campionamento proposta e progettata è stata realizzata sulla scorta:

- A. Dai risultati ottenuti in fase di indagine preliminare con particolare riferimento ai 3 sondaggi realizzati all'interno dell'area Luogo Marchese;
- B. Delle dimensioni dell'area interessata dalle successive attività di rimodellamento fondiario con materiali da scavo provenienti dalle opere in progetto. Nel suo complesso, come meglio descritto in seguito, l'area interessata dal rimodellamento si estende per circa 18 ettari in un contesto geomorfologico sub-pianeggiante;
- C. Dell'analisi delle attività tecnico-analitiche condotte in precedenza sul sito, svolte quali prime indagini preliminari;
- D. Dalle possibili interazioni tra le eventuali attività esistenti sul territorio e l'indotto che se ne crea.
- E. Dalla storiografia del sito che mette in evidenza una sostanziale continuità di utilizzo caratterizzato dall'assenza pressoché totale di urbanizzazione e un uso del suolo per lo più boschivo o semi-boschivo e macchia mediterranea con presenza saltuaria di aree destinate a pascoli e colture quali vigneti e oliveti.

**Comune di
Pollina**

Luogo Marchese Srl

Carta CTR

1:10.000

Legenda

 Area abbancamento

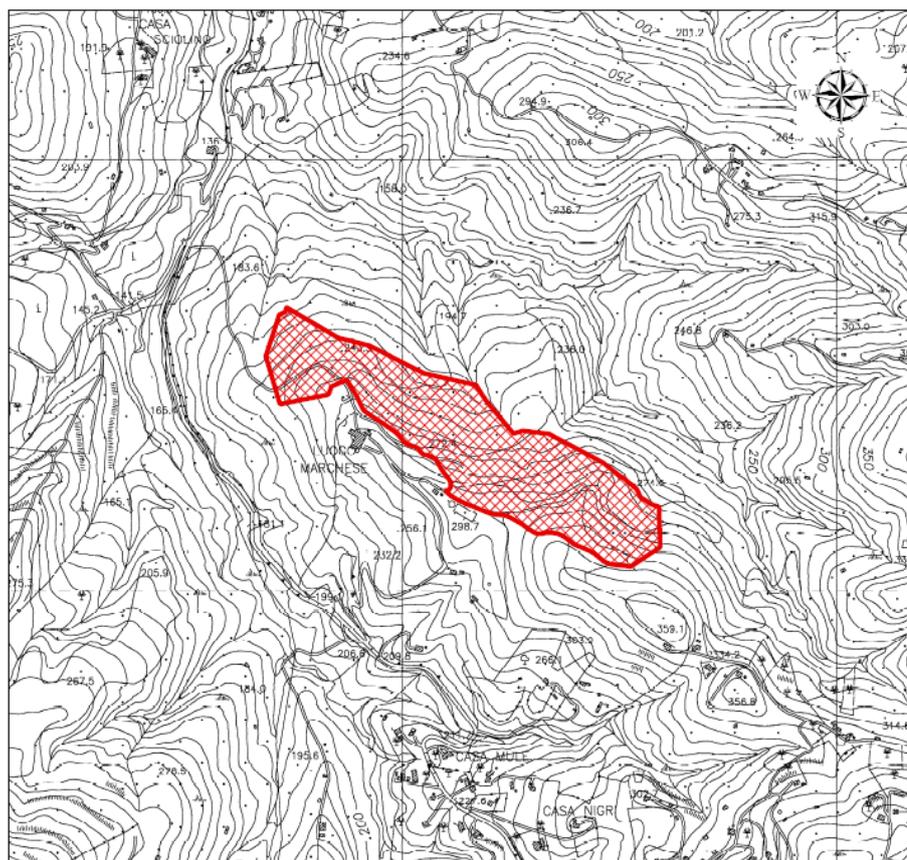


Figura 19. Definizione Areale dell'area oggetto di indagine - CTR

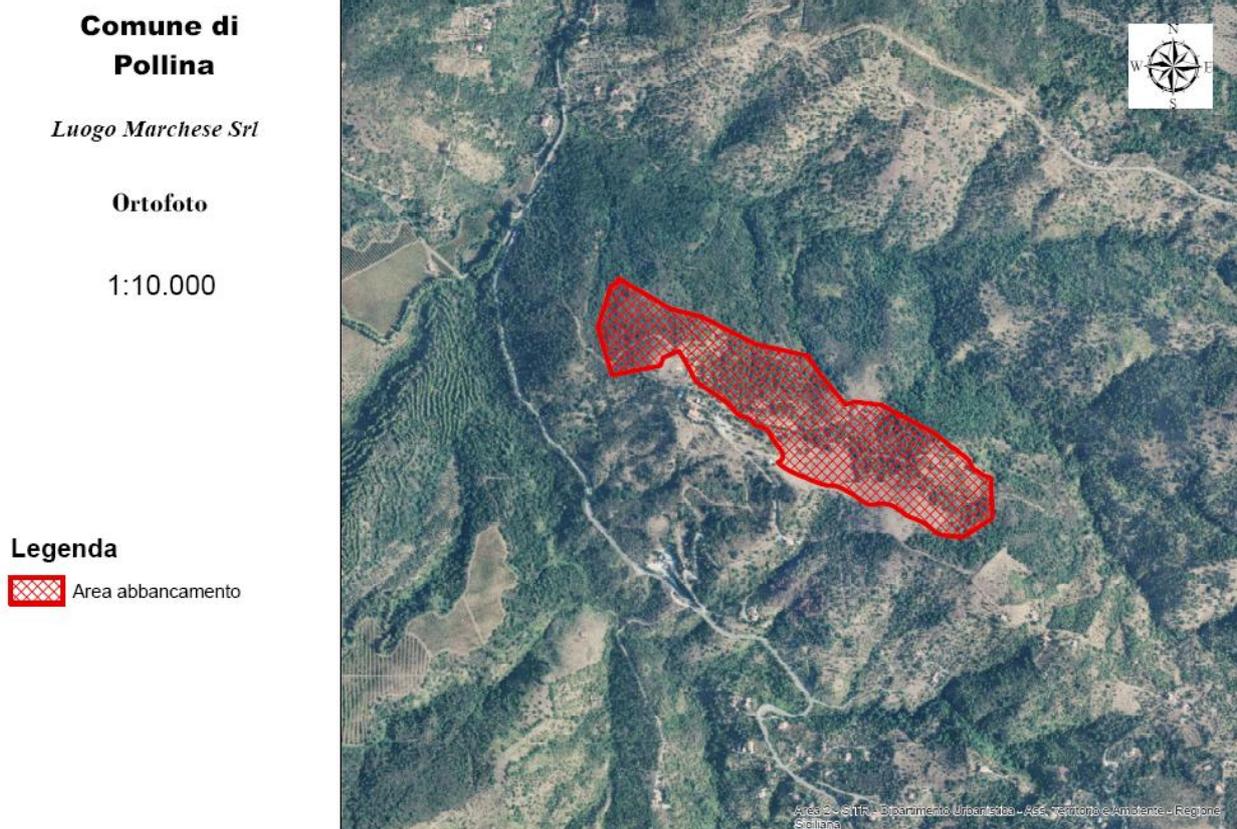


Figura 20. Definizione Areale dell'area oggetto di indagine - Ortofoto

Per definire i punti di sondaggio quindi i punti di prelievo campioni, è stata georeferenziata una cartografia di riferimento (sistema di riferimento: Datum WGS 84, coordinate UTM Fuso 33S) il cui centroide lo si può ubicare alle coordinate 421120 E e 4204339 N.

Alla cartografia di base, quindi, all'area di indagine è stato sovrapposto un reticolato geografico progettato con passo costante di maglia pari a 100 metri di lato. Le dimensioni della maglia sono state scelte in funzione di quanto indicato dall'allegato 2 art.8 del DPR 120/17 che di quanto indicato dal Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati –APAT Manuali e linee guida 43/2006- che fornisce le seguenti indicazioni “*Nel caso in cui si proceda con una disposizione a griglia, il lato d'ogni maglia potrà variare da 25 a 100 m secondo il tipo e le dimensioni del sito oggetto d'indagine. I punti di indagine potranno essere localizzati in corrispondenza dei nodi della griglia (ubicazione sistematica) oppure all'interno di ogni maglia in*

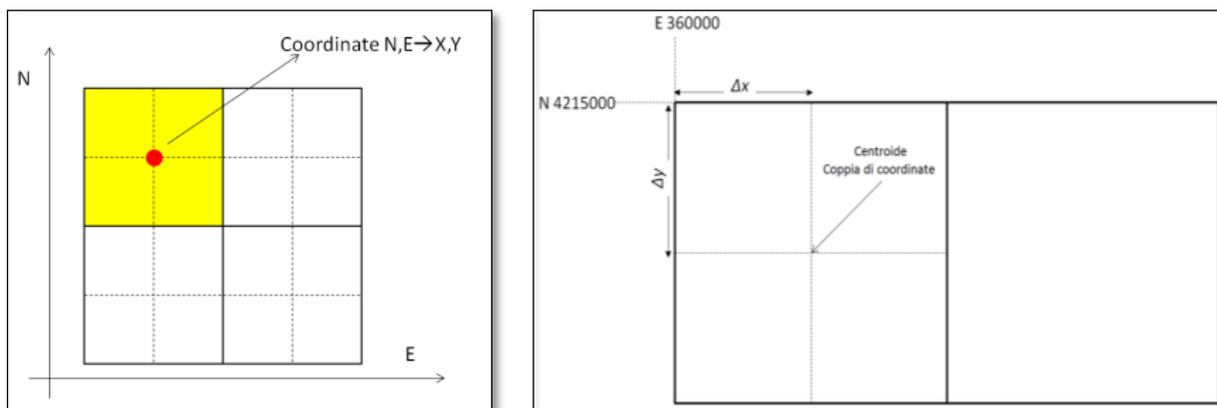


Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

posizione opportuna (ubicazione sistematica casuale), oppure posizionati casualmente all'interno delle maglie della griglia a seconda dei dati conoscitivi ottenuti dalla fase di indagine preliminare o della situazione logistica (presenza di infrastrutture, ecc.).

Il riferimento al citato manuale nasce dall'esigenza di rispettare quanto indicato per la caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo dove nell'intero assetto tecnico-normativo viene imposta la verifica del rispetto delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) ai sensi di quanto indicato dalla tabella 1 colonna A e B della parte quarta, titolo V del D.lgs. 152/06. Quindi, il richiamo alle procedure di campionamento e alle CSC previste dal Testo Unico Ambientale in riferimento alla caratterizzazione ambientale dei siti potenzialmente contaminati estende i contenuti dello stesso anche al caso della Determinazione dei Valori di Fondo Naturale irrobustendone gli approfondimenti e i risultati perseguibili.

Operativamente le citate maglie hanno permesso la suddivisione dell'area in particelle di riferimento il cui "centroide" individuato da ciascun quadrato ha rappresentato la coppia di coordinate (Nord-Est) su cui eseguire il sondaggio e il prelievo dei campioni secondo lo schema riportato.



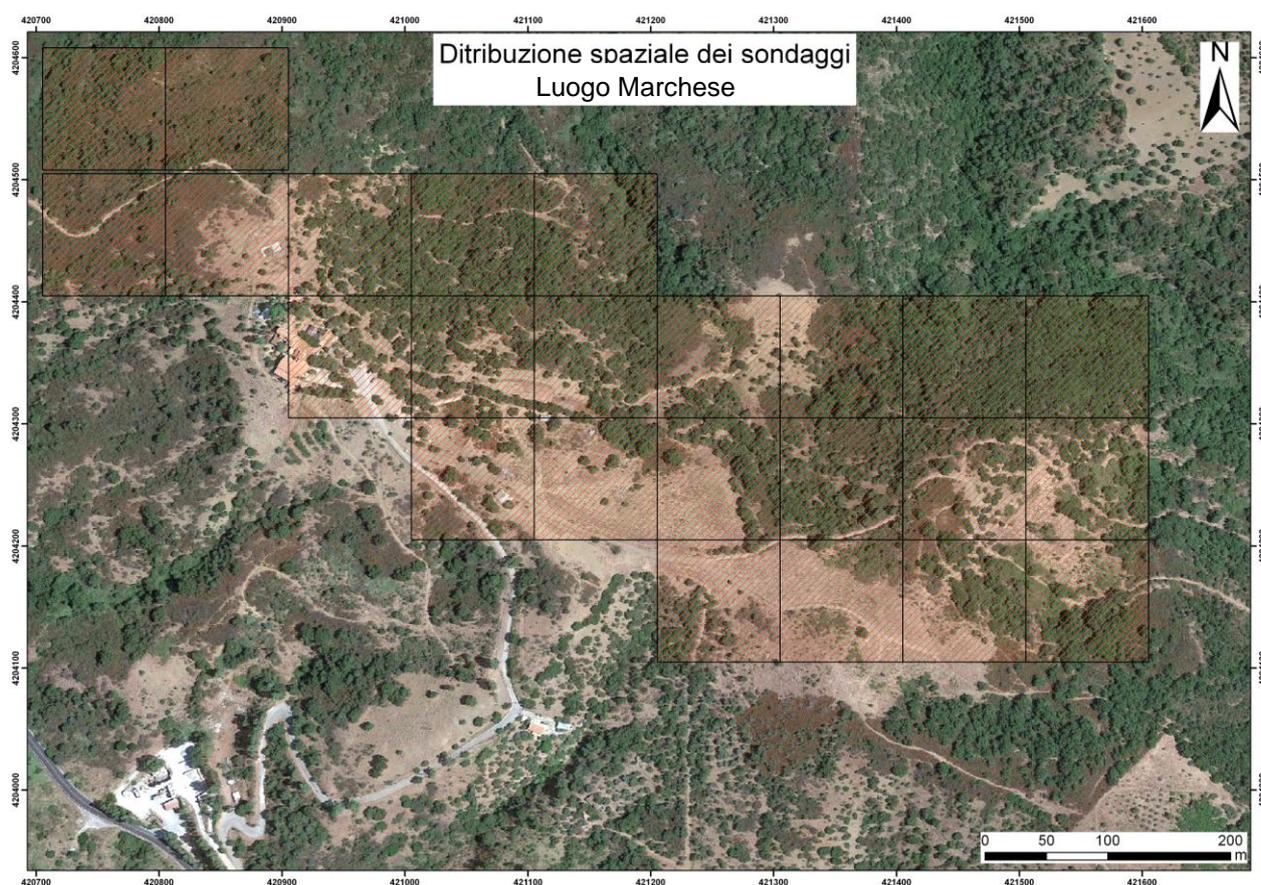


Figura 21. Dettaglio della sovrapposizione del reticolo 100x100 all'area di indagine

Dal reticolato geografico, passo 100 x 100 metri, sono state estrapolate tutte le maglie (aree unitarie) di pertinenza di ciascuna area censita.

L'ubicazione dei punti di realizzazione dei sondaggi è stata operata impiegando sia la metodica della distribuzione spaziale sistematica che la metodica di ubicazione ragionata.

La distribuzione e l'ubicazione dei punti di campionamento sono state progettate con lo scopo di ottenere una copertura omogenea di tutto il territorio del quale si vogliono definire i valori di fondo naturale e di giungere alla definizione spaziale degli stessi, qualora fosse confermata una situazione naturale di fondo naturale sito-specifica.

Pur mantenendo una maglia di campionamento "oggettiva", standard e sistematica, in cui i punti ricadono all'interno delle celle del reticolo immaginario a maglia quadrata e quindi equispaziati si è seguito un metodo ragionato per lo spostamento dei punti che prevedevano

sondaggi in zone non idonee alla loro realizzazione. I sondaggi ricadenti nelle celle indicate con la "X" sono stati stralciati dal piano in quanto sostituiti con i sondaggi già realizzati in fase di caratterizzazione *ante operam*.

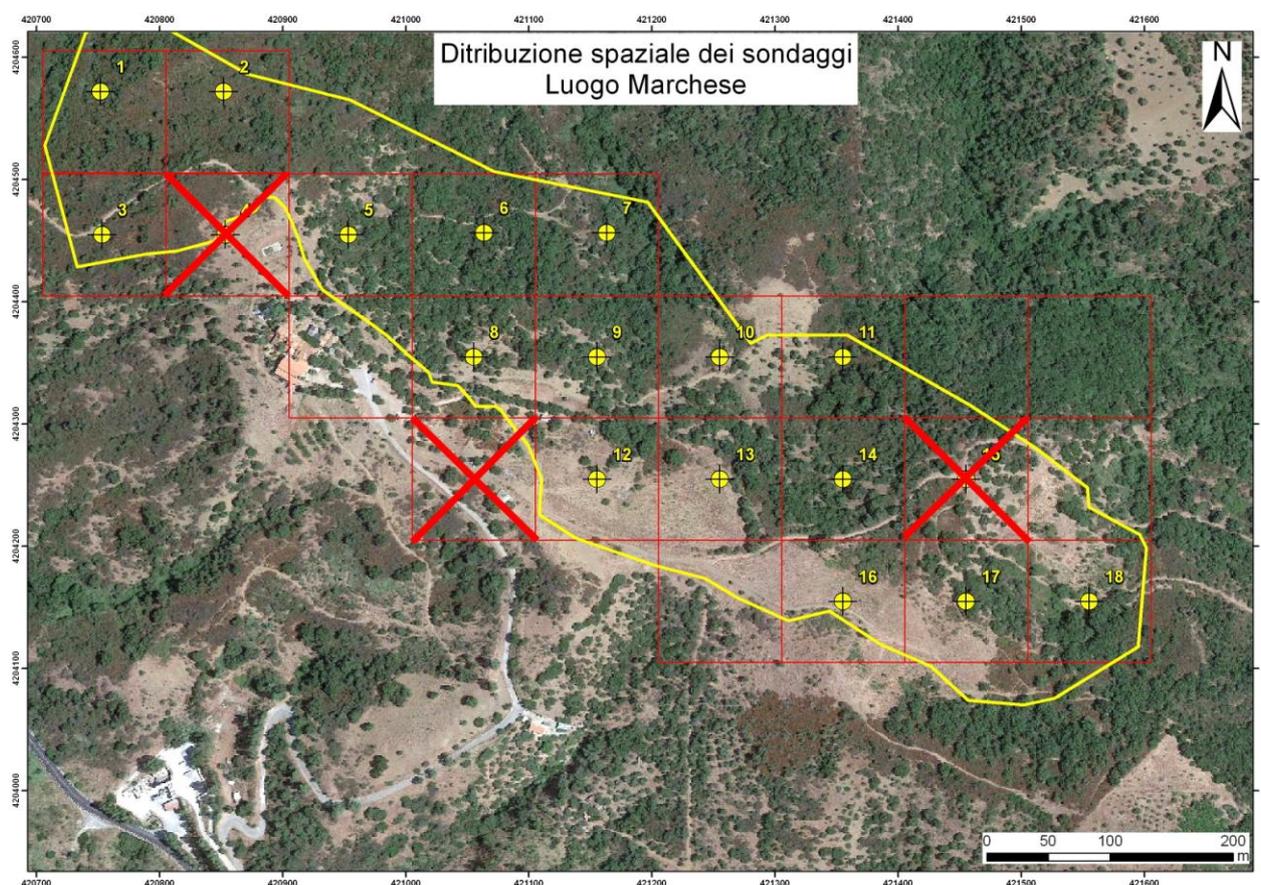


Figura 22. Distribuzione spaziale dei punti di realizzazione dei sondaggi su foto satellitare (fonte Google earth)

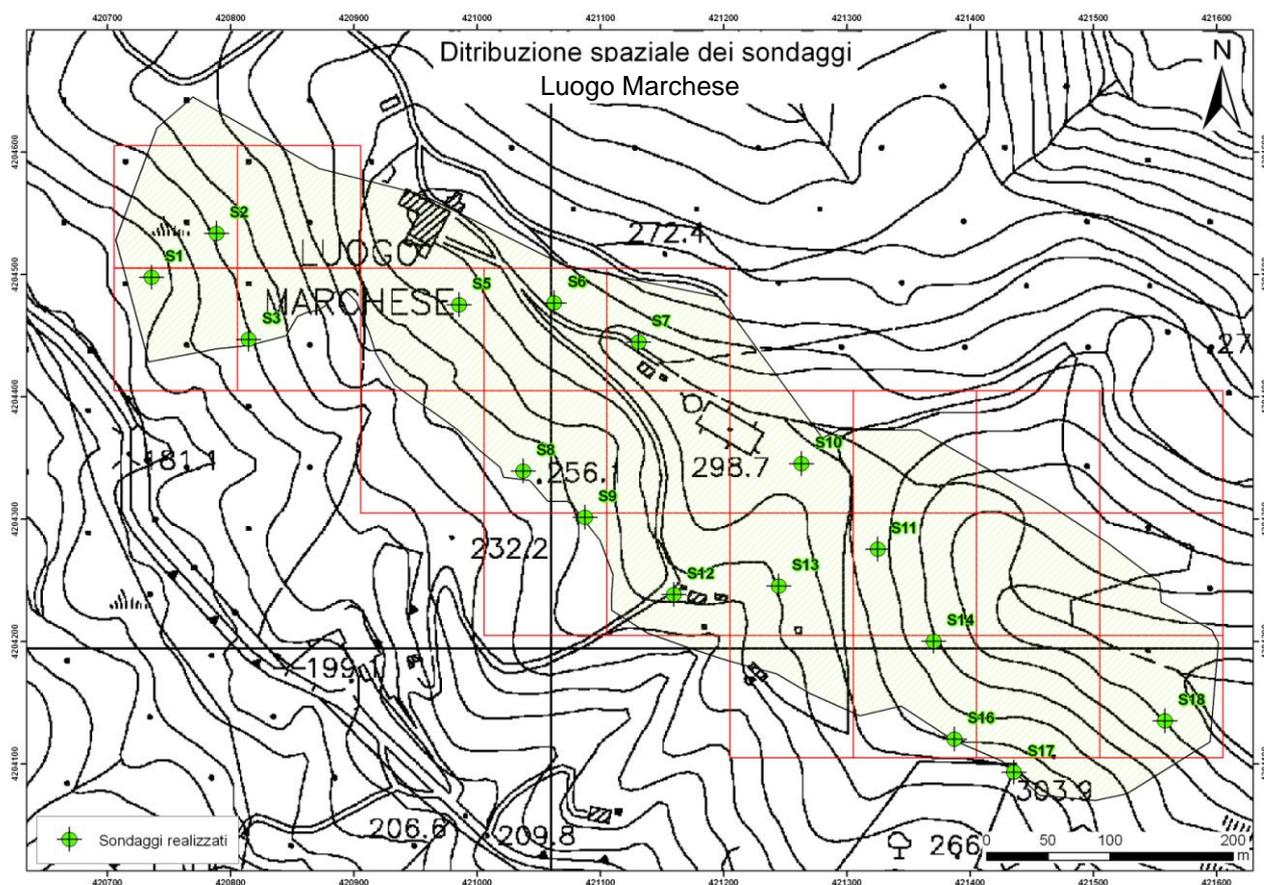


Figura 23. Distribuzione spaziale punti in cui sono stati realizzati i sondaggi con sovrapposizione di cartografica IGM



5.2.2 Ubicazione punti di sondaggio

SONDAGGIO	EST	NORD
1	420735,85	4204497,72
2	420788,41	4204533,58
3	420814,65	4204447,02
5	420985,21	4204475,27
6	421062,56	4204476,68
7	421131,05	4204444,89
8	421037,32	4204339,14
9	421087,46	4204301,36
10	421263,29	4204345,29
11	421325,08	4204275,34
12	421159,55	4204238,40
13	421244,77	4204245,29
14	421370,46	4204200,00
16	421387,26	4204120,00
17	421435,79	4204093,03
18	421558,18	4204135,01

5.3 Piano di indagini – Sito di produzione

In riferimento a quanto previsto in fase progettuale il piano di indagine è stato sviluppato attraverso le seguenti attività:

- INDAGINI ESEGUITI IN SITU

A. Interventi diretti

- **Sondaggi orizzontali sul fronte di scavo**, è stato realizzato 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



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

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 sono stati 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**. In siffatto contesto, sul fronte scavo S. Ambrogio – lato PA e sul fronte della galleria Cefalù i primi 20 m sono stati eseguiti a distruzione di nucleo, in quanto i primi metri risultavano “disturbati” dalle operazioni di consolidamento con materiale antropico del fronte di scavo e quindi non idonei al campionamento.

- **Sondaggi verticali esterni alle gallerie**, si sono realizzati i 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

- Dai sondaggi orizzontali i seguenti campioni (per un totale complessivo di **16 campioni**) alle profondità di seguito riportate:
 - Campione 1 da 0 a 1 m (non prelevato sul fronte scavo S. Ambrogio – lato PA e sul fronte della galleria Cefalù perché strato oggetto di consolidamento);
 - Campione 2 da 9 a 10 m (non prelevato sul fronte scavo S. Ambrogio – lato PA e sul fronte della galleria Cefalù perché strato oggetto di consolidamento);
 - Campione 3 da 9 a 20 m;
 - Campione 4 da 29 a 30 m;
 - Campione 5 da 39 a 40 m.
- Per ogni sondaggio verticale sono stati prelevati **3 campioni** a diverse profondità per un totale di **12 campioni** esaminati.
- INDAGINI ESEGUITI EX SITU

A. Attività di laboratorio Esecuzione delle analisi di laboratorio su **28 campioni** di suoli;

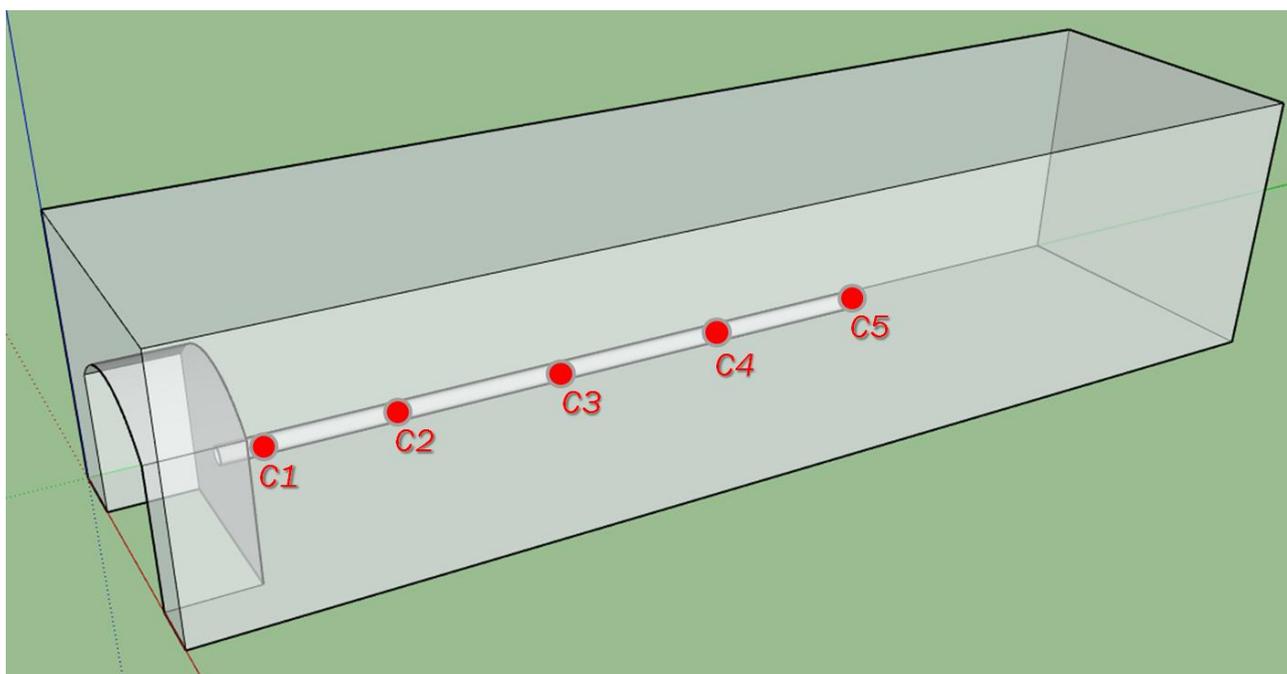


Figura 24. Modalità di prelievo nei sondaggi orizzontali

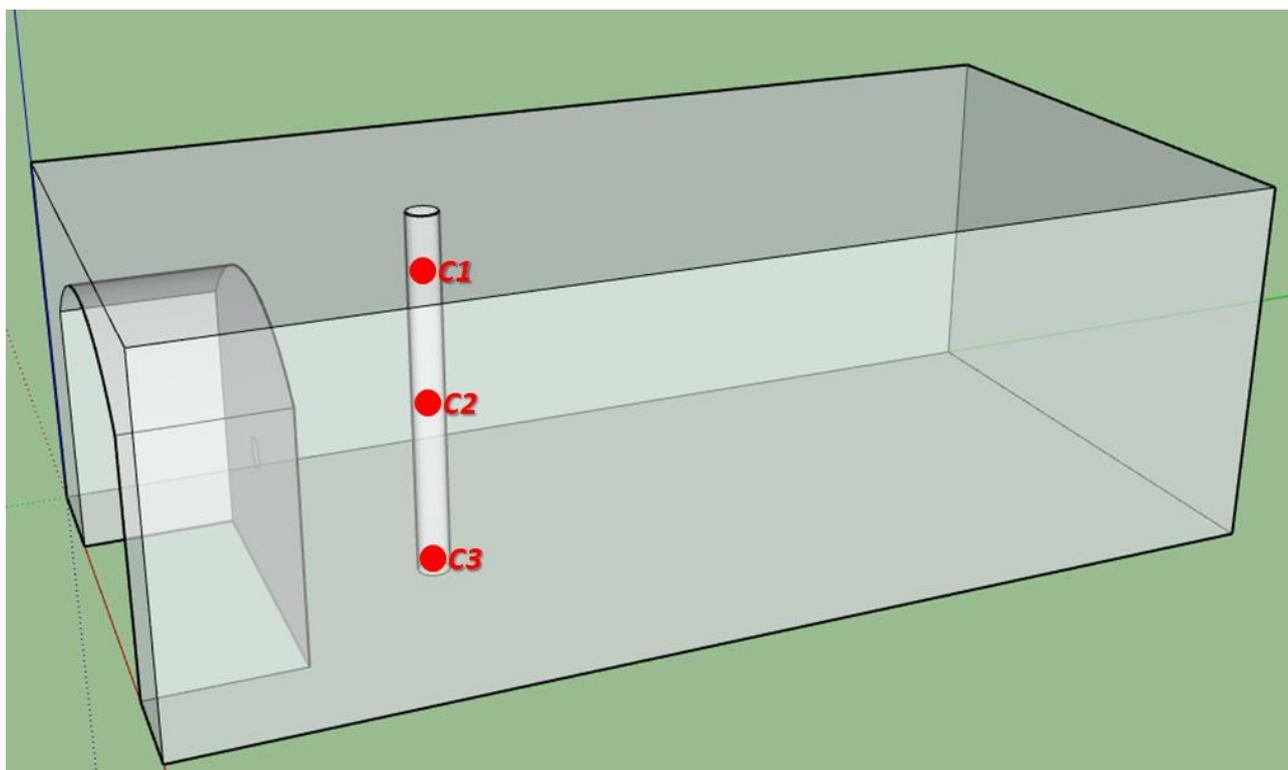


Figura 25. Modalità di prelievo nei sondaggi verticali



6 INDAGINE IN SITU

6.1 Posizionamento dei punti ed esecuzione dei sondaggi

Detta fase operativa è stata eseguita in campo mediante l'utilizzo di un GPS sub metrico con una precisione di almeno ± 10 cm, i punti sono stati picchettati mediante paletti in legno e resi visibili e numerati mediante idonea cartellonistica identificativa. In taluni casi i punti di campionamento sono stati spostati rispetto alla posizione iniziale, in quanto, ricadenti in aree non idonee alle realizzazione degli stessi.

6.2 Modalità Esecutive Carotaggio

Il carotaggio è stato 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 sono state 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.

È stato evitato l'utilizzo di qualunque sostanza (oli e grassi lubrificanti) 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 sono caratterizzati da modalità costruttive e materiali tali da non comportare nessuna contaminazione o variazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle matrici ambientali indagate.



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

Si è verificata 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 sono state 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 sono stati redatti man mano che le carote di terreno venivano estratte dal carotiere e adagate nelle apposite cassette catalogatrici rispettando la sequenza originaria.

L'esame della carota è avvenuto in tempi brevi, affinché fossero valutati correttamente elementi di grande importanza come grado di umidità, presenza di odori sospetti, ecc. I log stratigrafici sono stati corredati da fotografie delle carote di terreno.

È stata predisposta un'area per la decontaminazione delle attrezzature, tale area è stata delimitata e resa impermeabile per mezzo di un telo di materiale in plastica ad alta densità. L'area era 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 sono stati accuratamente lavati con acqua potabile, utilizzando idropulitrici ad alta pressione. Analoghi procedimenti sono stati applicati 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 sono stati gestiti come rifiuto da avviare, previa caratterizzazione, alle successive fasi di smaltimento.

6.3 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 \varnothing est = 101 mm; lunghezza utile l = 1.000 mm. Aste di perforazione con filettatura tronco-conica: diametro esterno \varnothing 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.

6.4 Altri utensili e attrezzatura

Strumentazione di Controllo: scandaglio a filo graduato; sonda 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.

6.5 Cassette catalogatrici

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

Su ogni cassetta sono stati indicati i nomi del Committente e del cantiere oltre che il codice del sondaggio. Inoltre, sono state indicate le profondità di prelievo rispetto al p.c. delle carote di terreno recuperate.

Negli scomparti sono stati 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, è stata 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; sono state altresì prodotte una o più foto del punto di ubicazione del sondaggio durante la sua esecuzione.

Le cassette catalogatrici, una volta completate, sono state 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.

6.6 Pulizia del fondo foro

La quota del fondo foro è stata misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento. Apposite manovre di pulizia sono state eseguite qualora la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio risultava superiore a 10 cm.

6.7 Ripristino dei luoghi

Tutti i fori di sondaggio realizzati sono stati 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., è stato riempito con bentonite in pellets.

6.8 Campionamento terreno profondo

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

I criteri di campionamento e prelievo sono 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 sono stati prelevati 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 è provveduto alla sua omogeneizzazione in accordo alle norme UNI 10802. Nelle operazioni di formazione del campione si è proceduto tra un campionamento e il successivo, onde evitare fenomeni di “*cross contamination*”, alla pulizia delle attrezzature impiegate.

A tale scopo sono state eseguite le seguenti operazioni di campo:

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



Figura 26. Fase di campionamento



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

Nella formazione del campione da inviare ad analisi sono state osservate le seguenti procedure:

1. il campione è stato prelevato quanto più possibile lontano dalle zone di surriscaldamento della carota, scartando in campo il materiale grossolano (> 2 cm)
2. sono stati 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 è stato omogeneizzato per avere una distribuzione uniforme dei contaminanti;
4. il campione è stato suddiviso in più parti omogenee adottando metodi di quartatura ufficiali, sopraindicati;
5. i contenitori in vetro o teflon, sono stati completamente riempiti di campione, sigillati, etichettati e inviati nel minore tempo possibile al laboratorio di analisi, insieme con le note di prelevamento. Si è proceduto in ogni caso alla conservazione dei campioni stessi in ambiente refrigerato;
6. le operazioni di formazione del campione sono state 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, sono stati 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 verticali sono stati prelevati complessivamente n. 36 campioni di terreno per il sito "Cava Roccalupa", n. 48 campioni di terreno per il sito "Luogo Marchese" e n. 12 campioni di terreno per il sito di produzione pari a n. 3 campioni di terreno per ogni sondaggio effettuato.



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

I campioni indisturbati sono stati prelevati per ogni sondaggio in corrispondenza delle quote indicate:

- 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;

Per quanto concerne, invece, i sondaggi orizzontali per il sito di produzione sono stati prelevati complessivamente n. 16 campioni di terreno.

6.9 Riepilogo campioni prelevati

6.9.1 Luogo Marchese

Codice Campione	Denominazione Campione
2142347-001	Suolo sondaggio "S1 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-002	Suolo sondaggio "S1 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-003	Suolo sondaggio "S1 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-004	Suolo sondaggio "S2 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-005	Suolo sondaggio "S2 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-006	Suolo sondaggio "S2 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-007	Suolo sondaggio "S3 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-008	Suolo sondaggio "S3 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-009	Suolo sondaggio "S3 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-013	Suolo sondaggio "S5 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-014	Suolo sondaggio "S5 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-015	Suolo sondaggio "S5 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-016	Suolo sondaggio "S6 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-017	Suolo sondaggio "S6 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-018	Suolo sondaggio "S6 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-019	Suolo sondaggio "S8 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-020	Suolo sondaggio "S8 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-021	Suolo sondaggio "S8 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-022	Suolo sondaggio "S9 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-023	Suolo sondaggio "S9 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-024	Suolo sondaggio "S9 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-025	Suolo sondaggio "S10 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-026	Suolo sondaggio "S10 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-027	Suolo sondaggio "S10 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-028	Suolo sondaggio "S11 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-029	Suolo sondaggio "S11 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-030	Suolo sondaggio "S11 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-031	Suolo sondaggio "S12 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-032	Suolo sondaggio "S12 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-033	Suolo sondaggio "S12 - C3" - intervallo da 29 a 30 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

Codice Campione	Denominazione Campione
2142347-034	Suolo sondaggio "S13 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-035	Suolo sondaggio "S13 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-036	Suolo sondaggio "S13 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-037	Suolo sondaggio "S14 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-038	Suolo sondaggio "S14 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-039	Suolo sondaggio "S14 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-040	Suolo sondaggio "S16 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-041	Suolo sondaggio "S16 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-042	Suolo sondaggio "S16 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-043	Suolo sondaggio "S17 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-044	Suolo sondaggio "S17 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-045	Suolo sondaggio "S17 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-046	Suolo sondaggio "S18 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-047	Suolo sondaggio "S18 - C2" - intervallo da 2 a 3 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-048	Suolo sondaggio "S18 - C3" - intervallo da 3 a 4 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-049	Suolo sondaggio "S7 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-050	Suolo sondaggio "S7 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)
2142347-051	Suolo sondaggio "S7 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Luogo Marchese - Pollina (Pa)

6.9.2 Cava Roccalupa

Codice Campione	Denominazione Campione
2142348-001	Suolo sondaggio "S1 - C1" - intervallo da 0 a -1 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-002	Suolo sondaggio "S1 - C2" - intervallo da -9 a -10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-003	Suolo sondaggio "S1 - C3" - intervallo da -19 a -20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-004	Suolo sondaggio "S2 - C1" - intervallo da 1 a 2 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-005	Suolo sondaggio "S2 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-006	Suolo sondaggio "S2 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-007	Suolo sondaggio "S3 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-008	Suolo sondaggio "S3 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-009	Suolo sondaggio "S3 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-010	Suolo sondaggio "S4 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-011	Suolo sondaggio "S4 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-012	Suolo sondaggio "S4 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-013	Suolo sondaggio "S5 - C1" - intervallo da 0 a 3 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-014	Suolo sondaggio "S5 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-015	Suolo sondaggio "S5 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-016	Suolo sondaggio "S6 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-017	Suolo sondaggio "S6 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-018	Suolo sondaggio "S6 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-019	Suolo sondaggio "S7 - C1" - intervallo da 0,00 a 1,00 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-020	Suolo sondaggio "S7 - C2" - intervallo da 9,00 a 10,00 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-021	Suolo sondaggio "S7 - C3" - intervallo da 19,00 a 20,00 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-022	Suolo sondaggio "S8 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-023	Suolo sondaggio "S8 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-024	Suolo sondaggio "S8 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-025	Suolo sondaggio "S9 - C1" - intervallo da 1,50 a 2,50 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-026	Suolo sondaggio "S9 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-027	Suolo sondaggio "S9 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-028	Suolo sondaggio "S10 - C1" - intervallo da 1,50 a 2,50 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-029	Suolo sondaggio "S10 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-030	Suolo sondaggio "S10 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-031	Suolo sondaggio "S11 - C1" - intervallo da 0 a 1 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-032	Suolo sondaggio "S11 - C2" - intervallo da 9 a 10 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-033	Suolo sondaggio "S11 - C3" - intervallo da 19 a 20 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-034	Suolo sondaggio "S12 - C1" - intervallo da 0,00 a 1,00 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-035	Suolo sondaggio "S12 - C2" - intervallo da 4,00 a 5,00 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)
2142348-036	Suolo sondaggio "S12 - C3" - intervallo da 8,00 a 9,00 m - sito Cava Roccalupa - Pollina (Pa)



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

6.9.3 Sito di Produzione

Sondaggi verticali	
Codice Campione	Denominazione Campione
2142583-001	Suolo sito GN05 - Galleria S. Ambrogio imbocco lato Palermo - Sondaggio S1 - C1 intervallo da 2 a 3 m
2142583-002	Suolo sito GN05 - Galleria S. Ambrogio imbocco lato Palermo - Sondaggio S1 - C2 intervallo da 9 a 10 m
2142583-003	Suolo sito GN05 - Galleria S. Ambrogio imbocco lato Palermo - Sondaggio S1 - C3 intervallo da 21 a 22 m
2142583-004	Suolo sito GN05 - Galleria S. Ambrogio imbocco lato Messina - Sondaggio S2 - C1 intervallo da 1 a 2 m
2142583-005	Suolo sito GN05 - Galleria S. Ambrogio imbocco lato Messina - Sondaggio S2 - C2 intervallo da 9 a 10 m
2142583-006	Suolo sito GN05 - Galleria S. Ambrogio imbocco lato Messina - Sondaggio S2 - C3 intervallo da 19 a 20 m
2142583-007	Suolo sito GI01 - Galleria Cefalù imbocco lato Palermo - Sondaggio S3 - C1 intervallo da 4 a 5 m
2142583-010	Suolo sito GI01 - Galleria Cefalù imbocco lato Palermo - Sondaggio S3 - C2 intervallo da 7,5 a 8,0 m
2142583-011	Suolo sito GI01 - Galleria Cefalù imbocco lato Palermo - Sondaggio S3 - C3 intervallo da 11,7 a 12,0 m
2142583-012	Suolo sondaggio GN 06 S4 - C1 intervallo da 0 a -1 m- presso campo base lungo SS 286 direzione Castelbuono (Pa)
2142583-013	Suolo sondaggio GN 06 S4 - C2 intervallo da -9 a -10 m- presso campo base lungo SS 286 direzione Castelbuono (Pa)
2142583-014	Suolo sondaggio GN 06 S4 - C3 intervallo da -19 a -20 m- presso campo base lungo SS 286 direzione Castelbuono (Pa)

Sondaggi orizzontali	
Codice Campione	Denominazione Campione
2143228-001	Suolo sito Fronte Scavo Finestra Sant'Ambrogio GN 06 - Sondaggio S02 - C1 intervallo da 0,00 a 1,00 m
2143228-002	Suolo sito Fronte scavo Finestra Sant'Ambrogio - Sondaggio S02 - C2 intervallo da 9 a 10 m
2143228-003	Suolo sito Fronte scavo Finestra Sant'Ambrogio - Sondaggio S02 - C3 intervallo da 19 a 20 m
2143228-004	Suolo sito Fronte scavo Finestra Sant'Ambrogio - Sondaggio S02 - C4 intervallo da 29 a 30 m
2143228-005	Suolo sito Fronte scavo Finestra Sant'Ambrogio - Sondaggio S02 - C5 intervallo da 39 a 40 m m
2143228-006	Suolo sito Fronte scavo Sant'Ambrogio lato Messina - Sondaggio S04 - C1 intervallo da 0 a 1 m
2143228-007	Suolo sito Fronte scavo Sant'Ambrogio Lato Messina - Sondaggio S04 - C2 intervallo da 9 a 10 m
2143228-008	Suolo sito Fronte scavo Sant'Ambrogio Lato Messina - Sondaggio S04 - C3 intervallo da 19 a 20 m
2143228-009	Suolo sito Fronte scavo Sant'Ambrogio Lato Messina - Sondaggio S04 - C4 intervallo da 29 a 30 m
2143228-010	Suolo sito Fronte scavo Sant'Ambrogio Lato Messina - Sondaggio S04 - C5 intervallo da 39 a 40 m
2143228-013	Suolo sito Fronte Galleria Cefalù - Lato Messina - Sondaggio S01 - C3 intervallo da 20 a 21 m
2143228-014	Suolo sito Fronte Galleria Cefalù - Lato Messina - Sondaggio S01 - C4 intervallo da 29 a 30 m
2143228-015	Suolo sito Fronte Galleria Cefalù - Lato Messina - Sondaggio S01 - C5 intervallo da 39 a 40 m
2143228-018	Suolo sito Fronte scavo Sant'Ambrogio Lato Palermo - Sondaggio S03 - C3 intervallo da 20 a 21 mm
2143228-019	Suolo sito Fronte scavo Sant'Ambrogio Lato Palermo - Sondaggio S03 - C4 intervallo da 29 a 30 m
2143228-020	Suolo sito Fronte scavo Sant'Ambrogio Lato Palermo - Sondaggio S03 - C5 intervallo da 39 a 40 mm

6.10 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, è stata 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 è stata redatta sotto forma di verbali delle attività ai quali sono stati allegati moduli di registrazione che costituiranno il "Giornale dei Lavori".



6.11 Modalità di imballaggio, trasporto e conservazione dei campioni

6.11.1 Imballaggio

Per quanto concerne l'**imballaggio**, una volta confezionati e sigillati tutti i campioni, sia quelli destinati al laboratorio che quelli di controllo, sono stati 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 sono state collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione. Le cassette, onde facilitarne il maneggio, sono inoltre dotate di coperchio e maniglie con indicazione della parte alta. È importante aggiungere che, per evitare qualsiasi tipo di manomissione sui campioni di controllo, i loro contenitori sono stati chiusi con adeguato **sistema di sigillatura** (ad esempio piombatura) di cui deve essere fornito tagliando di identificazione.

6.11.2 Trasporto

Il **trasporto** dei campioni al laboratorio, da sottoporre ad analisi e non, è stato 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 sono stati 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 sono stati 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 sono stati conservati in modo da non alterarne le caratteristiche originarie. All'atto della consegna sono state verificate le condizioni di sigillatura dei campioni e di conformità chimico-fisica dei campioni.



6.11.3 Conservazione

Una volta in laboratorio tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi nel più breve tempo possibile, mentre tutti i campioni di controllo sono stati accuratamente conservati in frigo (a temperatura compresa tra -18°C e -25°C) fino ad avvenuta validazione dei risultati da parte dell'ente di controllo competente e successivamente saranno smaltiti secondo la vigente normativa.

Il laboratorio incaricato delle analisi è stato 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 sono stati, pertanto, conservati separatamente da campioni provenienti da altre attività del laboratorio.

6.12 Validazione dei risultati

Il DPR 120/17 all'art.11 *“Terre e rocce da scavo conformi ai valori di fondo naturale”* indica che qualora la realizzazione dell'opera interessi un sito in cui, per fenomeni di origine naturale, nelle terre e rocce da scavo le concentrazioni dei parametri di cui all'allegato 4, superino le concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto n. 152 del 2006, è fatta salva la possibilità che le concentrazioni di tali parametri vengano assunte pari al valore di fondo naturale esistente. A tal fine, in fase di predisposizione del piano di utilizzo, il proponente segnala il superamento di cui sopra ai sensi dell'articolo 242 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e contestualmente presenta all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente un piano di indagine per definire i valori di fondo naturale da assumere. Tale piano, condiviso con la competente Agenzia, è eseguito dal proponente con oneri a proprio carico, in contraddittorio con l'Agenzia entro 60 giorni dalla presentazione dello stesso.

In siffatto contesto il piano di indagine è stato attuato in costante contatto con l'ARPA territorialmente competente, durante le fasi di indagine è stata sempre sigillata e conservata presso il laboratorio CADA snc di Menfi un'aliquota di ciascun campione prelevato che rimane



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

a disposizione degli enti di controllo fino all'approvazione finale del presente documento. Inoltre i campioni riportati in tabella sono stati prelevati in contraddittorio con ARPA ST Palermo che ne hanno ritirato un'aliquota direttamente in campo.

ATTIVITA' PREZENZIATE DA ARPA								
DATA	AREA	SONDAGGIO	PROFONDITÀ INIZIO	PROFONDITÀ FINE	CAMPIONAMENTO CADA		ALIQUOTE E PRESE IN CARICO DA ARPA	VERBALE DI CAMPIONAMENTO
23/02/2021	ROCCA LUPA	S5	-3,50 m	-16,00 m	C1	da 0 m a 1 m	1	2142348
23/02/2021	LUOGO MARCHE SE	S17	0,00 m	-12,00 m	C1	da 0 m a 1 m	-	2142347
24/02/2021	LUOGO MARCHE SE	S17	0,00 m	-20,00 m	C3	da -19 m a -20 m	1	2142347
03/03/2021	ROCCA LUPA	S7	0,00 m	-20,00 m	C2	da 9 m a 10 m	1	2142348
03/03/2021	ROCCA LUPA	S7	0,00 m	-20,00 m	C1	da 0 m a 1 m	-	2142348
03/03/2021	ROCCA LUPA	S7	0,00 m	-20,00 m	C3	da 19 m a 20 m	-	2142348
03/03/2021	ROCCA LUPA	S12	0,00 m	-20,00 m	C1	da 0 m a 1 m	-	2142348
03/03/2021	ROCCA LUPA	S12	0,00 m	-20,00 m	C2	da 4 m a 5 m	-	2142348
03/03/2021	ROCCA LUPA	S12	0,00 m	-20,00 m	C3	da 8 m a 9 m	-	2142348
09/03/2021	GN05 - IMBOCCO LATO ME	S2	-6,00 m	-20,00 m	C3	da 19 m a 20 m	1	2142583



7 ATTIVITA' EX SITU

In riferimento a quanto previsto in fase progettuale il piano di indagine relativo ai siti di destinazione e di produzione è stato sviluppato attraverso le seguenti attività *ex situ*:

- Sito “Cava Roccalupa” - Esecuzione delle analisi di laboratorio su 36 campioni di suolo e sottosuolo;
- Sito “Luogo Marchese” - Esecuzione delle analisi di laboratorio su 48 campioni di suolo e sottosuolo;
- Sito di produzione - Esecuzione delle analisi di laboratorio su 28 campioni di suolo e sottosuolo;

I laboratori incaricati per le analisi hanno operato 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 sono state scelte fra quelle riportate nei protocolli nazionali e/o internazionali (IRSA/CNR, EPA, ISO, etc.). Il laboratorio ha fornito, per ogni campione analizzato, un Rapporto di Prova, datato e firmato dal responsabile del laboratorio, che riporta:

- 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, presentano limiti di rilevabilità pari a 1/10 dei relativi limiti previsti dalla normativa vigente.



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

7.1 Esiti analitici

Vengono di seguito riportati i report delle risultanze analitiche relativi alle concentrazioni di idrocarburi pesanti C>12 (C12-C40) e di idrocarburi leggeri C<12. I valori riportati con sfondo in arancio sono valori che hanno fatto registrare il superamento di 50 mg/kg limite di Tabella 1 colonna A, All.5 parte IV, Titolo V del D.Lgs 152/06. Gli stessi valori sono stati oggetto di analisi statistica e geostatistica come dettagliato nei paragrafi dedicati.

7.1.1 Report Analitico accettazione 2142347 - Luogo Marchese

Analita	U.d.m.	12/03/2021	12/03/2021	12/03/2021	08/04/2021	09/04/2021	23/02/2021	08/04/2021	08/04/2021	08/04/2021
		2142347-001	2142347-002	2142347-003	2142347-004	2142347-005	2142347-006	2142347-007	2142347-008	2142347-009
		S1-C1	S1-C2	S1-C3	S2 - C1	S2 - C2	S2 - C3	S3-C1	S3-C2	S3-C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	0,35	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	25	56	81	57	75	81	20	21	41 ± 13

Analita	U.d.m.	07/04/2021	07/04/2021	07/04/2021	02/04/2021	06/04/2021	07/04/2021	01/04/2021	01/04/2021	01/04/2021
		2142347-013	2142347-014	2142347-015	2142347-016	2142347-017	2142347-018	2142347-019	2142347-020	2142347-021
		S5-C1	S5-C2	S5-C3	S6 - C1	S6 - C2	S6 - C3	S8-C1	S8-C2	S8-C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	207	137	129	101	65	111	26	72	100



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

Analita	U.d.m.	26/02/2021	26/02/2021	01/03/2021	31/03/2021	31/03/2021	31/03/2021	30/03/2021	30/03/2021	31/03/2021
		2142347-022	2142347-023	2142347-024	2142347-025	2142347-026	2142347-027	2142347-028	2142347-029	2142347-030
		S9 - C1	S9 - C2	S9 - C3	S10 - C1	S10 - C2	S10 - C3	S11 - C1	S11 - C2	S11 - C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	< 1	< 1	76	24	32	42	30	23	24

Analita	U.d.m.	26/02/2021	26/02/2021	26/02/2021	29/03/2021	29/03/2021	30/03/2021	01/03/2021	01/03/2021	02/03/2021
		2142347-031	2142347-032	2142347-033	2142347-034	2142347-035	2142347-036	2142347-037	2142347-038	2142347-039
		S12 - C1	S12 - C2	S12 - C3	S13 - C1	S13 - C2	S13 - C3	S14 - C1	S14 - C2	S14 - C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	20	26	39	25	130	184	28	68	94

Analita	U.d.m.	24/02/2021	24/02/2021	25/02/2021	23/02/2021	24/02/2021	24/02/2021	25/02/2021	25/02/2021	25/02/2021	01/04/2021	02/04/2021	02/04/2021
		2142347-040	2142347-041	2142347-042	2142347-043	2142347-044	2142347-045	2142347-046	2142347-047	2142347-048	2142347-049	2142347-050	2142347-051
		S16 - C1	S16 - C2	S16 - C3	S17 - C1	S17 - C2	S17 - C3	S18 - C1	S18 - C2	S18 - C3	S7-C1	S7-C2	S7-C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	< 1	36	59	39	49	48	49	47	36	21	30	40



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

7.1.2 Report Analitico accettazione 2142348 - Ex cava Roccalupa

Analita	U.d.m.	13/04/2021	13/04/2021	13/04/2021	11/03/2021	11/03/2021	11/03/2021	09/03/2021	09/03/2021	09/03/2021
		2142348-001	2142348-002	2142348-003	2142348-004	2142348-005	2142348-006	2142348-007	2142348-008	2142348-009
		S1-C1	S1-C2	S1-C3	S2-C1	S2-C2	S2-C3	S3-C1	S3-C2	S3-C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	40	56	83	23	< 1	25	29	26	69

Analita	U.d.m.	24/02/2021	25/02/2021	25/02/2021	23/02/2021	23/02/2021	24/02/2021	04/03/2021	04/03/2021	05/03/2021
		2142348-010	2142348-011	2142348-012	2142348-013	2142348-014	2142348-015	2142348-016	2142348-017	2142348-018
		S4-C1	S4-C2	S4-C3	S5-C1	S5-C2	S5-C3	S6-C1	S6-C2	S6-C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	46	26	183	27	23	96	31	< 1	23

Analita	U.d.m.	03/03/2021	03/03/2021	03/03/2021	08/03/2021	08/03/2021	08/03/2021	01/03/2021	01/03/2021	02/03/2021
		2142348-019	2142348-020	2142348-021	2142348-022	2142348-023	2142348-024	2142348-025	2142348-026	2142348-027
		S7-C1	S7-C2	S7-C3	S8-C1	S8-C2	S8-C3	S9-C1	S9-C2	S9-C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	25	< 1	48	51	40	45	56	73	123

Analita	U.d.m.	02/03/2021	02/03/2021	02/03/2021	02/03/2021	02/03/2021	02/03/2021	03/03/2021	03/03/2021	03/03/2021
		2142348-028	2142348-029	2142348-030	2142348-031	2142348-032	2142348-033	2142348-034	2142348-035	2142348-036
		S10-C1	S10-C2	S10-C3	S11-C1	S11-C2	S11-C3	S12-C1	S12-C2	S12-C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	< 1	104	153	32	< 1	48	< 1	< 1	< 1



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

7.1.3 Report Analitico accettazione 2142583 - Sito di produzione sondaggi verticali

Analita	U.d.m.	05/03/2021	05/03/2021	05/03/2021	09/03/2021	09/03/2021	09/03/2021	10/03/2021	15/03/2021	15/03/2021	15/04/2021	15/04/2021	15/04/2021
		2142583-001	2142583-002	2142583-003	2142583-004	2142583-005	2142583-006	2142583-007	2142583-010	2142583-011	2142583-012	2142583-013	2142583-014
		S1-GN05-PA-C1	S1-GN05-PA-C2	S1-GN05-PA-C3	S2-GN05-ME-C1	S2-GN05-ME-C2	S2-GN05-ME-C3	S3-GI01-PA-C1	S3-GI01-PA-C2	S3-GI01-PA-C3	S4-GN06-Fin. S. AMBR.-C1	S4-GN06-Fin. S. AMBR.-C2	S4-GN06-Fin. S. AMBR.-C3
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,33	0,41	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	22	55	40	60	108	187	< 1	28	26	113	56	62

7.1.4 Report Analitico accettazione 2143228 - Sito di produzione sondaggi orizzontali

Analita	U.d.m.	03/05/2021	04/05/2021	04/05/2021	04/05/2021	06/05/2021	06/05/2021	06/05/2021	06/05/2021	07/05/2021	07/05/2021	27/04/2021	28/04/2021	30/04/2021	06/05/2021	06/05/2021	06/05/2021
		2143228-001	2143228-002	2143228-003	2143228-004	2143228-005	2143228-006	2143228-007	2143228-008	2143228-009	2143228-010	2143228-013	2143228-014	2143228-015	2143228-018	2143228-019	2143228-020
		SO2-GN06-Fin S. AMBR.-C1	SO2-GN06-Fin S. AMBR.-C2	SO2-GN06-Fin S. AMBR.-C3	SO2-GN06-Fin S. AMBR.-C4	SO2-GN06-Fin S. AMBR.-C5	SO4-GN05-ME-C1	SO4-GN05-ME-C2	SO4-GN05-ME-C3	SO4-GN05-ME-C4	SO4-GN05-ME-C5	SO1-GI05-ME-C3	SO1-GI05-ME-C4	SO1-GI05-ME-C5	SO3-GN05-PA-C3	SO3-GN05-PA-C4	SO3-GN05-PA-C5
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	< 0,1	0,68	1,5	1,4	0,75	0,88	1,5	1,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,4	0,45	< 0,1	1,7	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	181	190	150	155	166	120	91	144	106	62	38	46	123	192	110	76



8 GESTIONE DEI RISULTATI

La gestione dei risultati è uno degli aspetti più articolati dell'indagine, in quanto, la complessa distribuzione dei valori ascrivibili al fondo naturale deve essere rappresentata da un unico valore che comprende ragionevolmente tutti i valori trovati. Questo approccio ha il vantaggio di essere agevolmente gestibile quando il VF sostituisce la CSC, come per il caso di specie, quindi deve essere confrontato con i materiali del sito di produzione nell'ambito della gestione di TRS.

Il trattamento statistico "classico" che prevede l'assunzione dell'indipendenza, 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).

I dati analitici sono stati valutati inizialmente con il metodo statistico classico e successivamente è stata valutata la 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.

In quest'ambito è stato possibile determinare, a partire dal campione statistico e geostatistico, degli indicatori rappresentativi della popolazione "naturale" e giungere alla ragionevole definizione di un valore di fondo (VF) unico per tutte le aree di indagine.

8.1 Analisi statistica descrittiva

La statistica descrittiva ha avuto come scopo l'analisi e la sintesi dei dati raccolti durante tutte le fasi di indagine in tutti i siti oggetto di studio. I dati di ciascuna popolazione statistica rispettivamente riferiti a ciascuna area di indagine sono stati trattati separatamente e, solo alla fine, confrontati e messi in relazione per valutarne le similitudini ed effettuare un'analisi



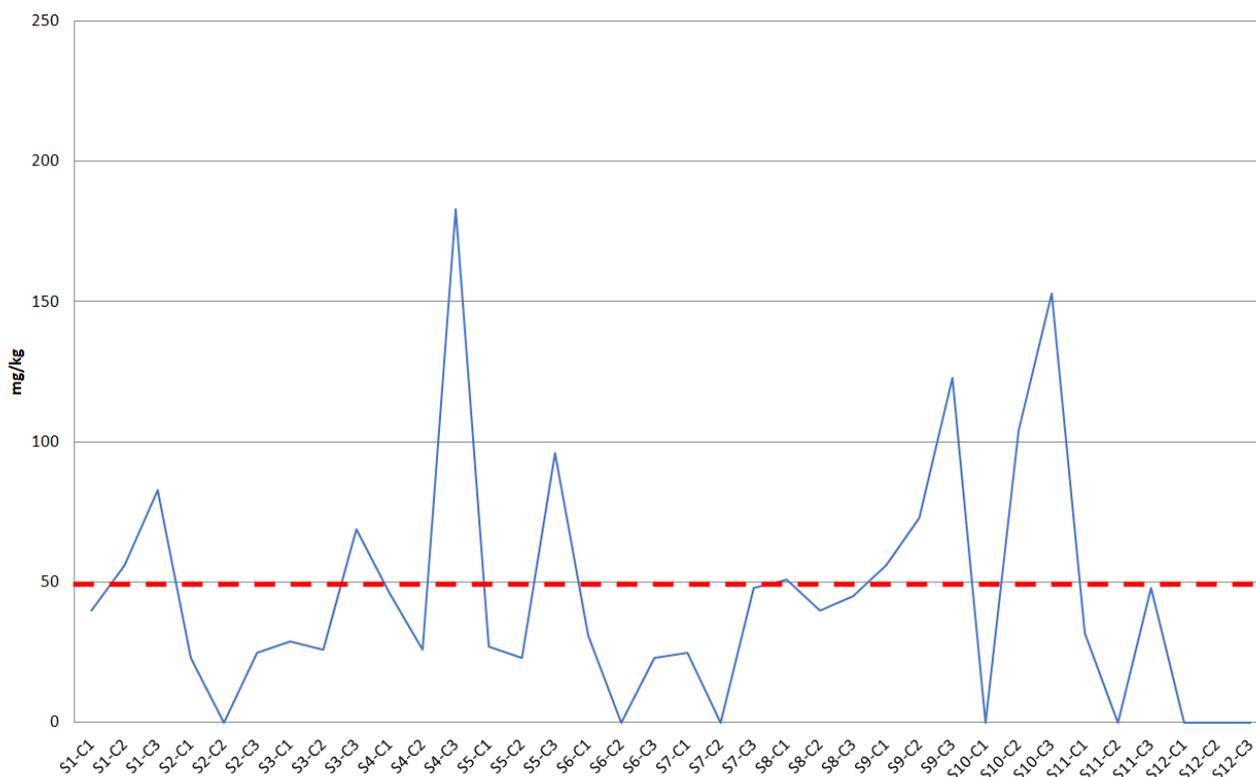
Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

di tipo comparativo tra insiemi di dati. Il valore utilizzato per le elaborazioni statistiche è stato il valore analitico nominale con esclusione dell'incertezza di misura.

8.1.1 Cava Roccalupa

Parametro statistico	Popolazione 1	Popolazione 2	Popolazione 3	Tutti gli strati
	Strato superficiale	Strato intermedio	Strato profondo	
Numero campionario	12	12	12	36
Minimo	23,00	23,00	23,00	23,00
Massimo	56,00	104,00	183,00	183,00
Media	36,00	49,71	81,45	57,29
Mediana	31,50	40,00	69,00	45,50
Deviazione Standard	11,56	30,17	52,63	41,15
95° Percentile	53,75	94,70	168,00	142,50
98° Percentile	55,10	100,28	177,00	166,80

Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40) - Cava Roccalupa

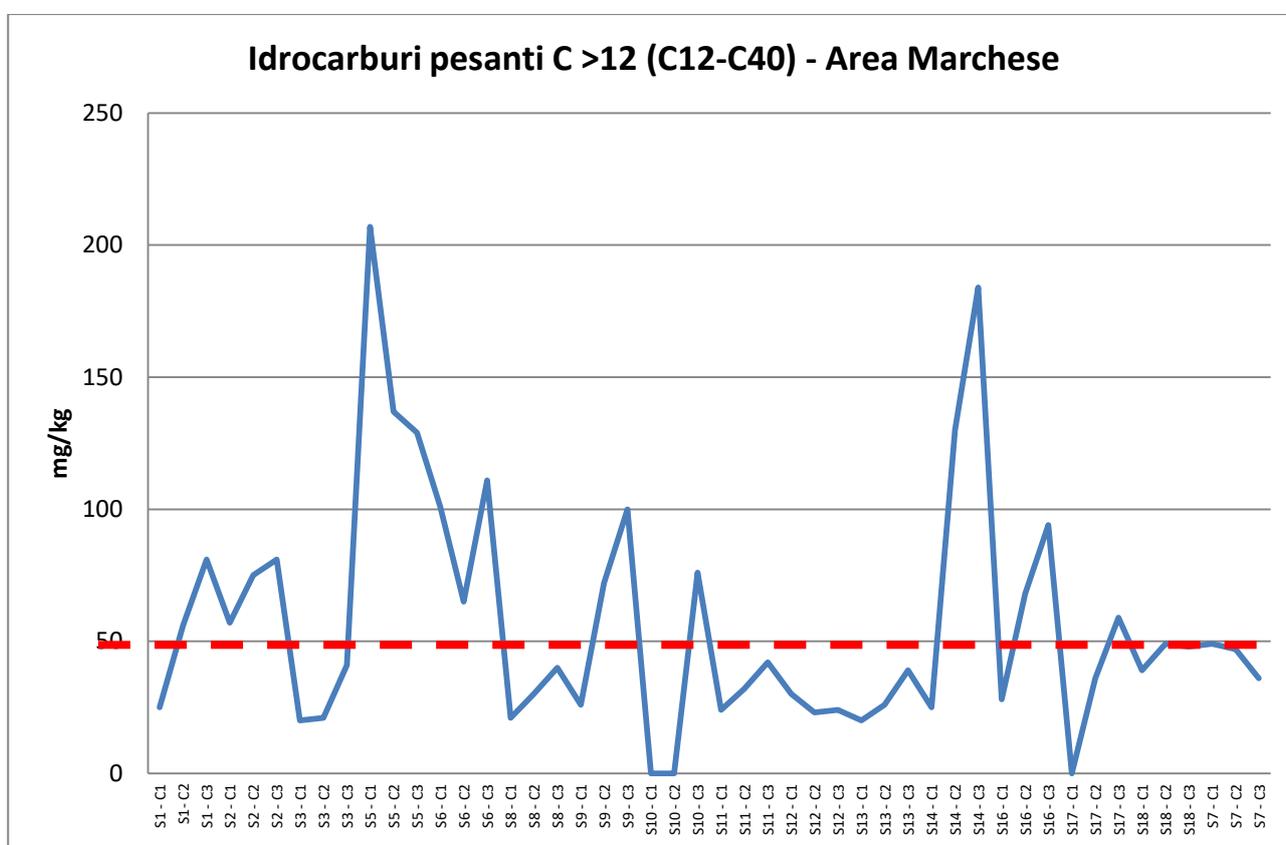




Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

8.1.2 Luogo Marchese

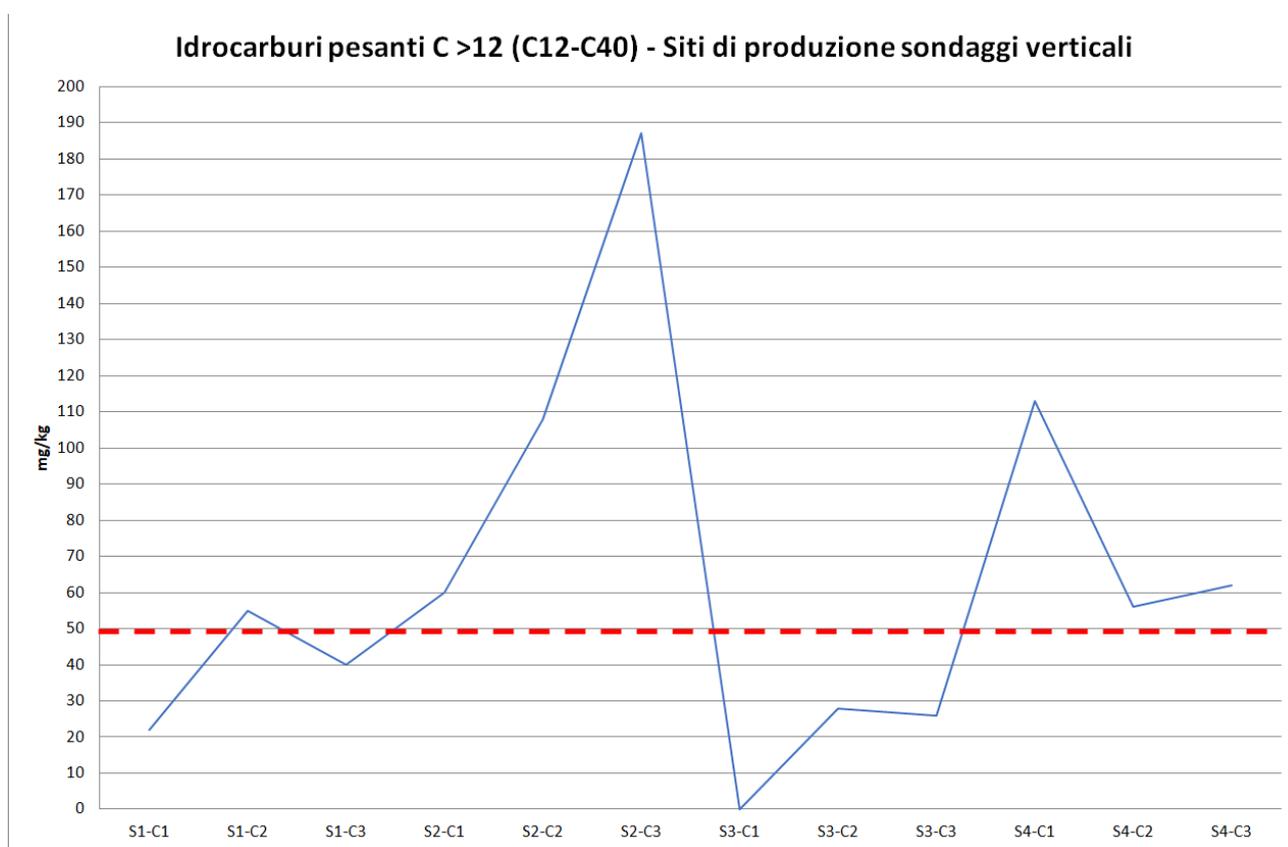
Parametro statistico	Popolazione 1	Popolazione 2	Popolazione 3	Tutti gli strati
	Strato superficiale	Strato intermedio	Strato profondo	
Numero campionario	16	16	16	48
Minimo	20,00	21,00	24,00	20,00
Massimo	207,00	137,00	184,00	207,00
Media	48,00	57,80	74,06	60,53
Mediana	27,00	49,00	67,50	47,00
Deviazione Standard	50,68	35,68	42,43	43,55
95° Percentile	138,10	132,10	142,75	135,60
98° Percentile	179,44	135,04	167,50	186,76





8.1.3 Sito di produzione sondaggi verticali

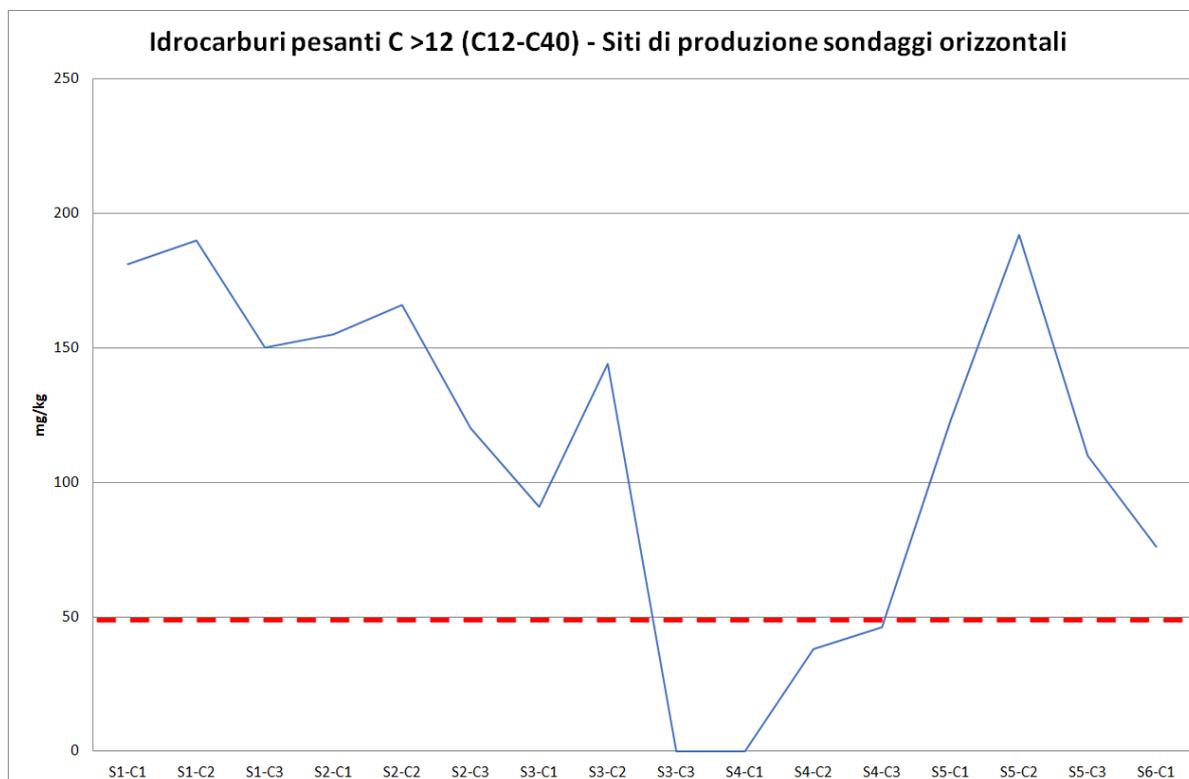
Parametro statistico	Popolazione 1	Popolazione 2	Popolazione 3	Tutti gli strati
	Strato superficiale	Strato intermedio	Strato profondo	
Numero campionario	4	4	4	12
Minimo	22,00	28,00	26,00	22,00
Massimo	113,00	108,00	187,00	187,00
Media	48,75	61,75	91,50	63,08
Mediana	41,00	55,50	76,50	55,50
Deviazione Standard	49,49	33,45	74,22	51,17
95° Percentile	105,05	100,20	175,90	146,30
98° Percentile	109,82	104,88	182,56	170,72





8.1.4 Sito di produzione sondaggi orizzontali

Statistica descrittiva complessiva	
Numero campionario	16
Minimo	38,00
Massimo	192,00
media	127,29
Mediana	133,50
Deviazione Standard	50,36
95° Percentile	190,70
98° Percentile	191,48





8.2 Test di confronto fra le distribuzioni delle popolazioni del sito di produzione e le popolazioni rappresentative del fondo

Il test statistico è lo strumento per verificare in maniera quantitativa la validità di una ipotesi. In statistica, l'ipotesi da verificare si chiama "ipotesi nulla" o "ipotesi di nullità", cui si associa in modo complementare una ipotesi alternativa. Nell'ipotesi nulla deve sempre comparire un segno di uguaglianza ($=, \leq$ o \geq), es. fra un parametro di una popolazione (es. la media) e un numero determinato, oppure fra i parametri di due popolazioni.

Usualmente, nell'ambito di indagini ambientali che comportino l'applicazione di test statistici, nelle verifiche delle ipotesi basate su due set di dati numerici vengono formulate solo ipotesi di nullità (es. i due dataset appartengono alla stessa popolazione di dati) che viene accettata o rifiutata senza formulare ipotesi alternative. Nella tabella XXXVI estrapolata dalle *Linea guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee delibera del consiglio snpa. seduta del 14.11.2017. doc. n. 20/17* sono indicati alcuni dei test più comunemente usati per il confronto di popolazioni.

TEST	OBIETTIVI/ASSUNZIONI	VANTAGGI	SVANTAGGI
Test t-student	L'obiettivo è valutare la differenza tra le medie di due popolazioni (es. sito e fondo); Entrambe le distribuzioni devono presentare una distribuzione non troppo diversa dalla normale; I valori ND non devono avere un impatto significativo sul calcolo della media (meno del 15% dei dati sono ND); La distribuzione di concentrazioni del sito e di fondo non devono avere dispersioni (varianze) diverse. Ciò si assume a priori se il numero di osservazioni è inferiore a 30 per entrambe i dataset.	È il test che possiede la maggiore potenza nella verifica dello scostamento dei valori medi di due popolazioni che presentano una distribuzione normale.	Il test richiede una valutazione statistica della assunzione di uguaglianza tra la varianza della distribuzione del sito e quella del fondo; in genere la potenza è inferiore al WRS test, nel caso in cui le popolazioni non presentassero una distribuzione normale; L'assunzione di "normalità" viene spesso trascurata; il risultato del test può essere influenzato dalla presenza di outlier; non si adatta a set di dati che presentano numerosi n.d.
Test t-Satterthwaite	L'obiettivo è valutare la differenza tra le medie di due popolazioni (es. sito e fondo); Entrambe le distribuzioni devono presentare una distribuzione non troppo diversa dalla normale; non devono essere presenti valori n.d.; Si presume che la distribuzione di	Il test può essere applicato quando la distribuzione dei valori del sito e quella dei valori del fondo hanno varianze differenti	Il calcolo manuale può risultare relativamente complesso; presenta gli stessi svantaggi del t-Test



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

	concentrazioni del sito e di fondo non presentino la stessa forma (varianza) per cui servono almeno 30 dati per entrambe.		
Wilcoxon Rank Sum Test (WRS test)	L'obiettivo è valutare la differenza tra le mediane di due popolazioni (sito e fondo); Un solo DL (tutti i n.d. devono avere lo stesso valore) che deve essere minore del più piccolo valore di concentrazione rilevato; Non sono richieste assunzioni riguardanti la forma della distribuzione di concentrazioni del sito e di fondo ma si assume che sia la medesima.	Non sono necessarie assunzioni circa il tipo di distribuzione; Di solito, il test ha più potenza per determinare uno scostamento della mediana, rispetto a altri test parametrici, quando le distribuzioni dei valori del sito e quelle del fondo sono asimmetriche; Può essere applicato parallelamente all'applicazione di test che mirano a valutare la differenza tra la coda destra di due distribuzioni (Slippage test e Quantile test).	Relativamente più complicato da applicare; la presenza di numerosi ND. pregiudica l'applicabilità del test.
Slippage Test Rif. US EPA 2006.	L'obiettivo è valutare la differenza nella coda di destra di una distribuzione di concentrazioni (valori più alti) di due popolazioni (sito e fondo); Si può applicare anche in presenza di un numero elevato di ND; È stato determinato almeno un valore del fondo diverso da ND; Non sono richieste assunzioni riguardanti la forma della distribuzione di concentrazioni del sito e di fondo.	Semplice da applicare; Non sono necessarie assunzioni circa il tipo di distribuzione; Si può applicare anche in presenza di numerosi ND; Può essere applicato parallelamente all'applicazione di test che mirano al confronto tra medie (o mediane).	Può richiedere un gran numero di dati affinché si abbia una potenza sufficiente per rilevare la differenza tra le concentrazioni di un sito e quelle di fondo
Quantile Test Rif. US EPA 2006..	L'obiettivo è valutare la differenza nella coda di destra di una distribuzione di concentrazioni (valori più alti) di due popolazioni (sito e fondo); I valori ND non devono essere tra i valori più elevati nel set di dati del sito e di fondo; Non sono richieste assunzioni riguardanti la forma della distribuzione di concentrazioni del sito e di fondo.	Abbastanza semplice da applicare Non sono necessarie assunzioni circa il tipo di distribuzione; Può avere maggiore potenza per rilevare la differenza tra distribuzioni del sito e quelle di fondo rispetto ad altri test; Si può applicare anche in presenza di numerosi ND.	Può richiedere un gran numero di dati affinché si abbia una potenza sufficiente per rilevare la differenza tra le concentrazioni di un sito e quelle di fondo Potrebbe risultare inefficace nel caso in cui fossero presenti ND. tra i valori più elevati.
Gehan Test Rif. US EPA 2013.	L'obiettivo è valutare la differenza tra le mediane di due popolazioni (sito e fondo); Possono essere presenti differenti valori del DL; Non sono richieste assunzioni riguardanti la forma della distribuzione di concentrazioni del sito e di fondo.	Può essere utilizzato in caso di presenza di differenti valori del detection limit; gli stessi vantaggi del WRS test	Il calcolo manuale può risultare relativamente complesso; Le performance del test non sono note quanto quelle del WRS test.

8.2.1 Test *t-student*

Per le aree oggetto della presente indagine presso atto,

- del numero campionario;
- della distribuzione dei dati;
- del numero delle osservazioni;
- della *deviazione standard* registrata per le diverse popolazioni dei dati;



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

si optato per l'impiego del *Test t-student*, l'obiettivo è stato quello di valutare la differenza tra le medie delle due popolazioni (sito di produzione e sito di utilizzo). Infatti entrambe le distribuzioni presentano una distribuzione non troppo diversa dalla normale; i valori ND non hanno un impatto significativo sul calcolo della media (meno del 15% dei dati sono ND). La distribuzione di concentrazioni del sito e di fondo non hanno dispersioni (varianze) diverse.

In questo test sono state a confronto le medie di due popolazioni rappresentate rispettivamente da due set di campioni casuali in questo caso:

- un set di m dati: x_1, x_2, \dots, x_m per la prima popolazione (che rappresenta la distribuzione dei valori di background/valori di fondo naturale);
- un set di n dati: y_1, y_2, \dots, y_n per la seconda (che rappresenta la distribuzione dei valori nel sito di produzione).

L'ipotesi nulla è che le medie delle due popolazioni non siano diverse: $H_0: \mu_1 = \mu_2$.

Dopo avere calcolato per ogni campione le medie \bar{x} e \bar{y} e le varianze S_x^2 e S_y^2 è stata calcolata la varianza congiunta (*pooled*) SE data da:

$$S_E = \sqrt{\frac{(m-1)S_x^2 + (n-1)S_y^2}{(m-1) + (n-1)}}$$

Quindi è stato calcolato il parametro t dato da:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_E \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}}$$

Il parametro t è stato calcolato prima in modo "disaggregato" ovvero mettendo a confronto la popolazione costituita dai dati ottenuti nel sito di produzione con i due siti di utilizzo trattati in maniera separata (cava Roccalupa e luogo Marchese) e successivamente in modo "aggregato" ovvero mettendo a confronto la popolazione nel sito di produzione con i due siti di utilizzo trattati in modo aggregato.



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

I risultati ottenuti e di seguito riportati in tabella sono molto simili tra loro confermando l'ipotesi nulla per tutti i criteri utilizzati e, quindi, che le popolazioni oggetto del test possono essere considerate simili.

Popolazione 1	Popolazione 2	Test <i>t-student</i>
Sito di produzione	Sito di utilizzo cava Roccalupa	0.0012
Sito di produzione	Sito di utilizzo luogo Marchese	0.0019
Sito di produzione	Siti di utilizzo aggregati	0.00016

8.3 Analisi geostatistica

L'analisi geostatistica si occupa di valutare l'autocorrelazione spaziale dei dati, cercando di verificare se osservazioni effettuate in punti vicini presentano effettivamente una maggiore correlazione rispetto ad osservazioni poste in punti distanti. L'obiettivo è quindi valutare come tale autocorrelazione vari in funzione del vettore separazione considerato (quindi distanza e direzione).

Lo studio della continuità spaziale e il necessario studio esplorativo dei dati consentono di analizzare in estremo dettaglio i fenomeni analizzati, permettendo di comprendere la struttura statistico-spaziale dei dati in termini dei processi fisico-chimici coinvolti. Lo studio ed inferenza del variogramma sono anche necessari per utilizzare gli algoritmi di interpolazione della famiglia del kriging. L'oggettività del metodo geostatistico risiede nel fatto che il criterio di pesatura che tiene conto della geometria di campionamento è basato sulla struttura stessa di continuità spaziale (variogramma ed in ultima funzione covarianza) e quindi sulle stesse caratteristiche di variabilità spaziale dei dati.

Nella sua complessità il progetto ha visto la gestione di una mole significativa di dati numerici, analitici da determinare su diverse tipologie di campione nonché di dati ambientali di diversa natura. Tutti i dati in questione rappresentano delle variabili regionalizzate, ovvero, delle



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

variabili che hanno nelle loro complessità anche una componente spaziale che deve essere opportunamente gestita e presa in considerazione nell'elaborazione degli stessi.

I dati dell'intero progetto sono stati gestiti mediante l'ausilio di tecnologia GIS (Geographic Information System), è una tecnologia software che permette di posizionare e analizzare oggetti ed eventi che esistono e si verificano su un determinato territorio. Il GIS è uno strumento di organizzazione dei dati terrestri, integra ricerche, analisi statistiche, analisi geostatistiche e permette la memorizzazione dei dati per la generazione di analisi geografiche corredate da tabelle, documenti e mappe, dando la possibilità di calcolare aree, distanze superfici e gestire tutte le problematiche che posseggono una componente geografica, integrando informazioni e visualizzando scenari.

Con l'utilizzo di estensioni per la simulazione sono stati quantificati i possibili fenomeni di distribuzione del parametro oggetto di indagine sul suolo superficiale e sul suolo alle diverse profondità di campionamento.

Per l'analisi geostatistica è stata seguita la procedura di seguito descritta:

1. Trattamento dei dati vettoriali, scansione, digitalizzazione, vettorializzazione, informatizzazione e validazione topologica (raster);
2. Georeferenziazione della cartografia di riferimento a diverse scale cartografiche;
3. Inserimento delle coordinate assolute nel sistema (UTM 33S Datum WGS 84 e GAUSS BOAGA), georeferenziazione e individuazione dei punti di campionamento e delle profondità, con l'attribuzione delle concentrazioni degli elementi monitorati;
4. Interpolazione dei dati per la creazione delle mappe di dispersione degli inquinanti, attraverso l'uso di un Interpolatore Esatto (l'interpolatore IDW - *Inverse Distance Weighting*). Si tratta di un interpolatore esatto basato sull'ipotesi che l'influenza di un punto noto sul valore nel punto obiettivo decresce con l'inverso della potenza della distanza tra punto noto e punto obiettivo. Ha il grande vantaggio che restituisce nel punto misurato il valore reale. Le operazioni di interpolazione sono state realizzate per tutti i parametri che hanno restituito una informazione geostatisticamente significativa in termini di distribuzione spaziale dei dati;
5. Analisi ed elaborazione statistica e geomatematica dei dati, con acquisizione delle informazioni derivate;



6. Modellizzazione tridimensionale del territorio in esame con sovrapposizione di foto aeree;
7. Produzione della cartografia di base, tematica e interpretazioni dei dati;

Per quanto concerne le profondità di campionamento nelle carte di distribuzione spaziale degli elementi, le stesse sono state standardizzate in *Profondità 1*, *Profondità 2*, *Profondità 3* in funzione della quota di prelievo del campione. Tale esigenza nasce dalle operatività di campo, in quanto, ciascun campione è stato prelevato ad una profondità indicativa che in accordo con le specifiche tecniche, suggeriva quote di campionamento suscettibili di variazione in funzione delle esigenze di campo (litologia, livello della falda ecc.).

È possibile tuttavia risalire alle profondità oggettive di ciascun campione, in quanto, le stesse sono riportate nei singoli rapporti di prova e nei report analitici contenuti nel presente elaborato.

8.3.1 Risultanze analisi geostatistica

Nelle tavole di seguito riportate sono forniti gli esiti dell'analisi spaziale condotta sui siti di destinazione finale, ex Cava Roccalupa e luogo Marchese.

Per entrambi i siti di destinazione finale l'analisi spaziale ha messo in evidenza un sostanziale *trend* in aumento delle concentrazioni di idrocarburi pesanti con l'avanzamento della profondità di campionamento (vedi tavole sotto), allo stesso modo si assiste ad una distribuzione delle concentrazioni (in riferimento ai superamenti delle CSC di cui alla tabella 1, colonna A all. 5 parte IV titolo V del D.lgs. 152/06) significativamente più omogenea a profondità maggiori rispetto a quanto emerge negli stati superficiali.

Considerata la scarsa idrosolubilità degli idrocarburi in acqua è fortemente improbabile che gli stessi possano essere stati trasportati in profondità dagli strati superiori per fenomeni di lisciviazione ad opera delle acque piovane di infiltrazione.

Quindi tale scenario suggerisce con ragionevole certezza l'origine naturale degli idrocarburi come da ipotesi iniziale.

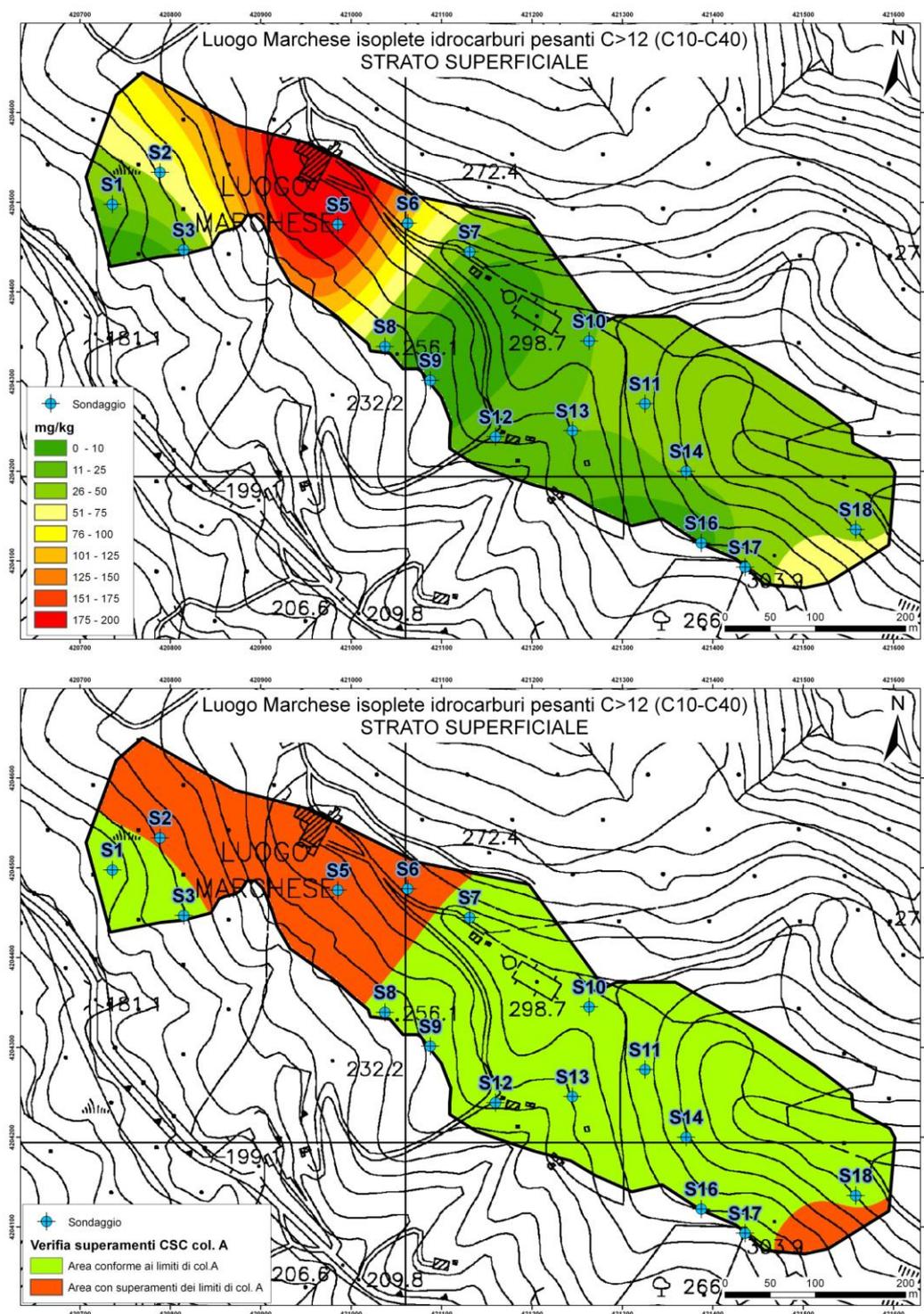


Figura 27. Distribuzione spaziale degli idrocarburi pesanti C12-C40 nello strato superficiale

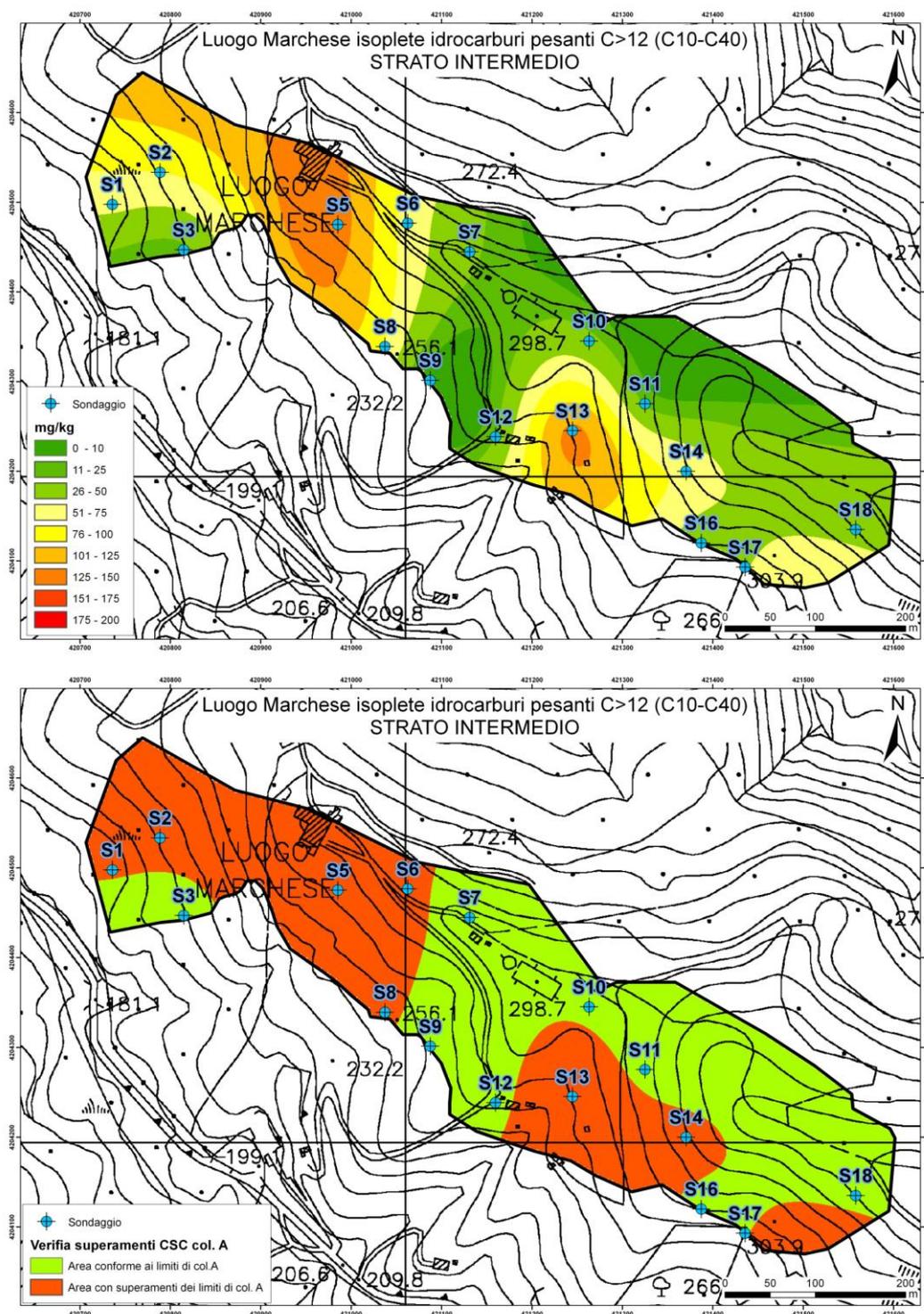


Figura 28. Distribuzione spaziale degli idrocarburi pesanti C12-C40 nello strato intermedio

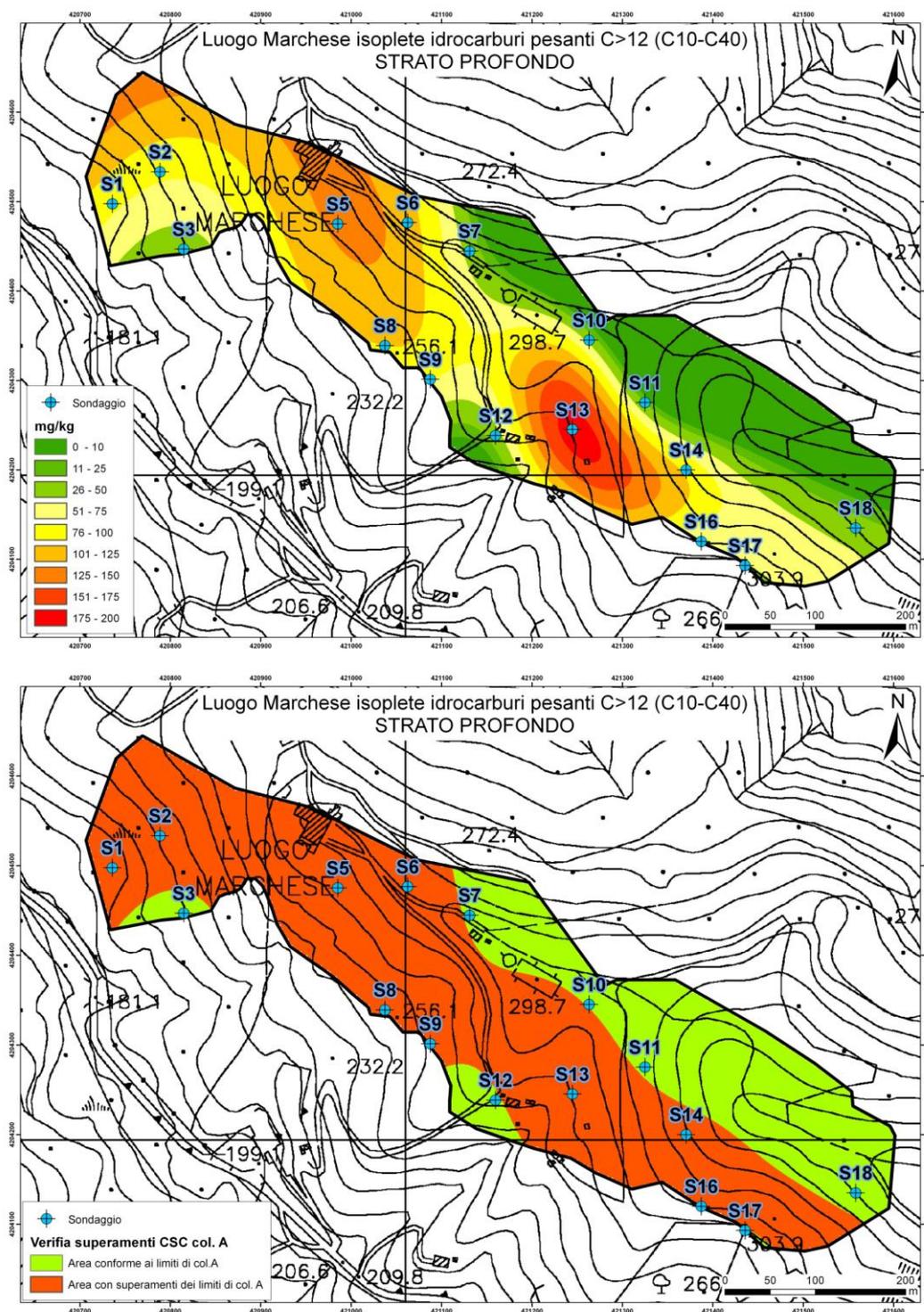


Figura 29. Distribuzione spaziale degli idrocarburi pesanti C12-C40 nello strato profondo



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

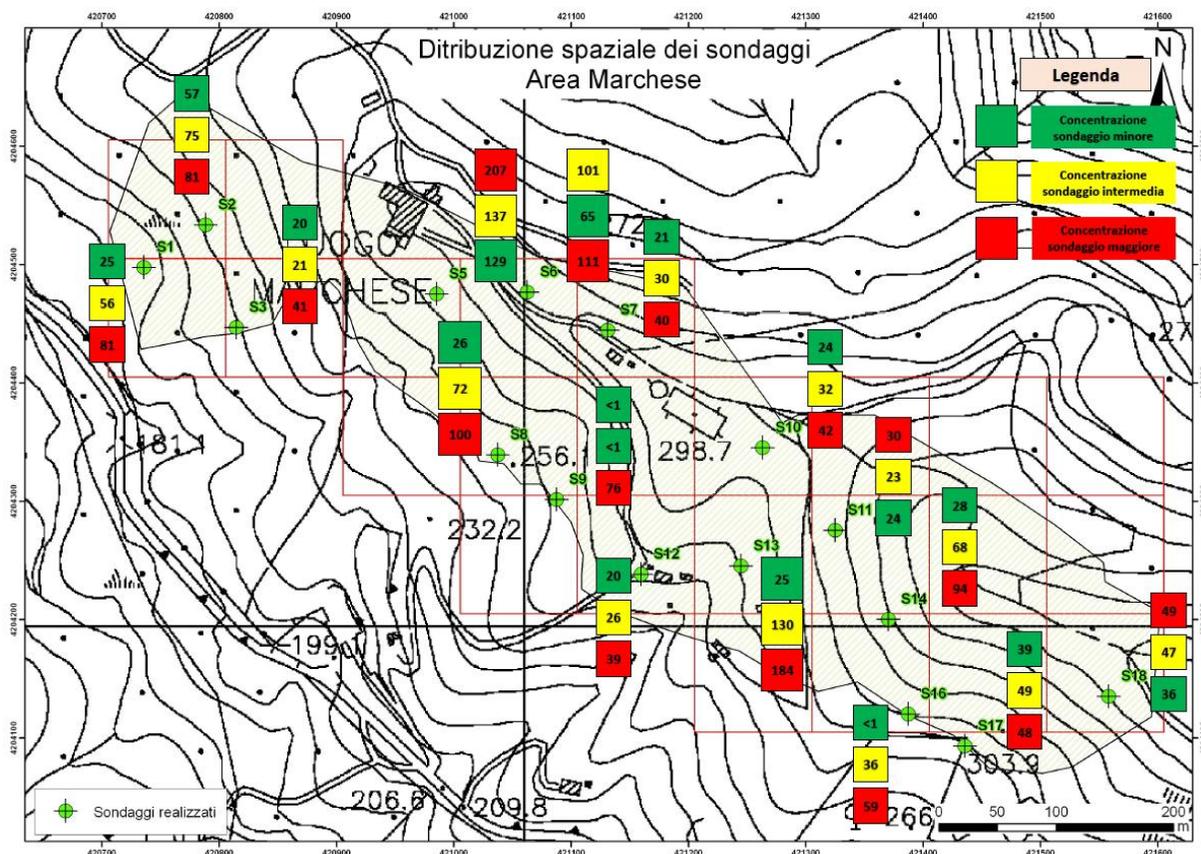


Figura 30. Andamento delle concentrazioni con l'aumento della profondità di ciascun sondaggio



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

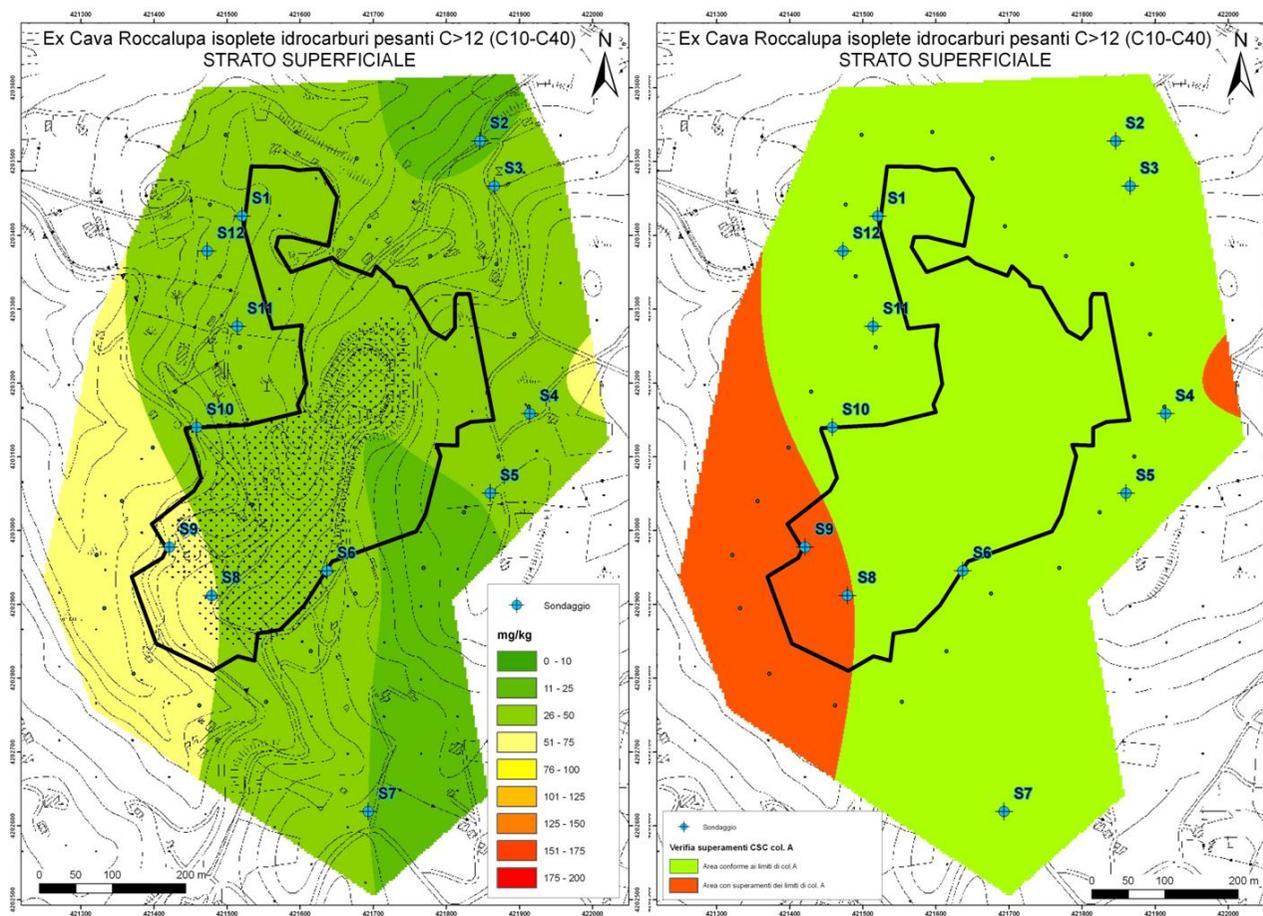


Figura 31. Distribuzione spaziale degli idrocarburi pesanti C12-C40 nello strato superficiale



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

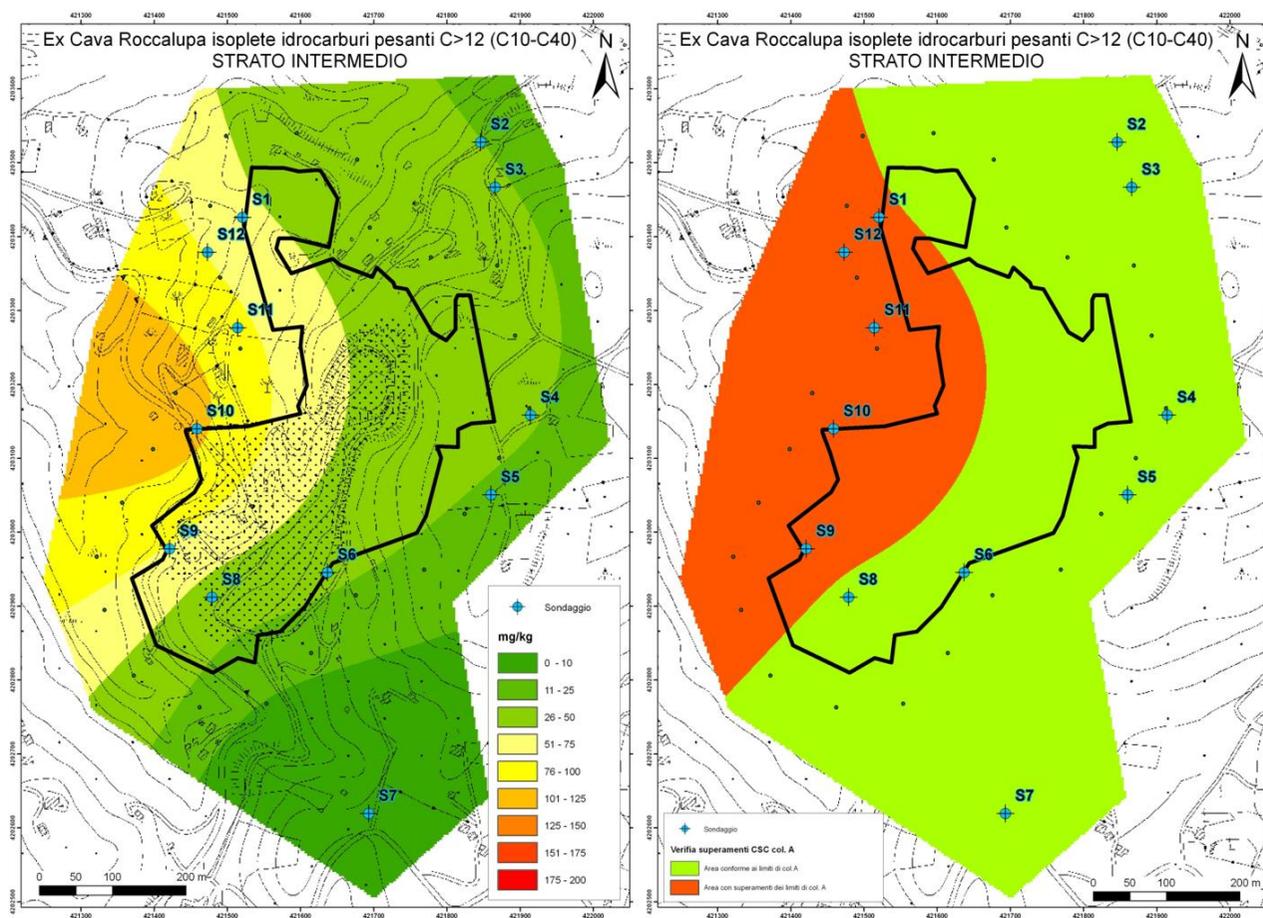


Figura 32. Distribuzione spaziale degli idrocarburi pesanti C12-C40 nello strato intermedio



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

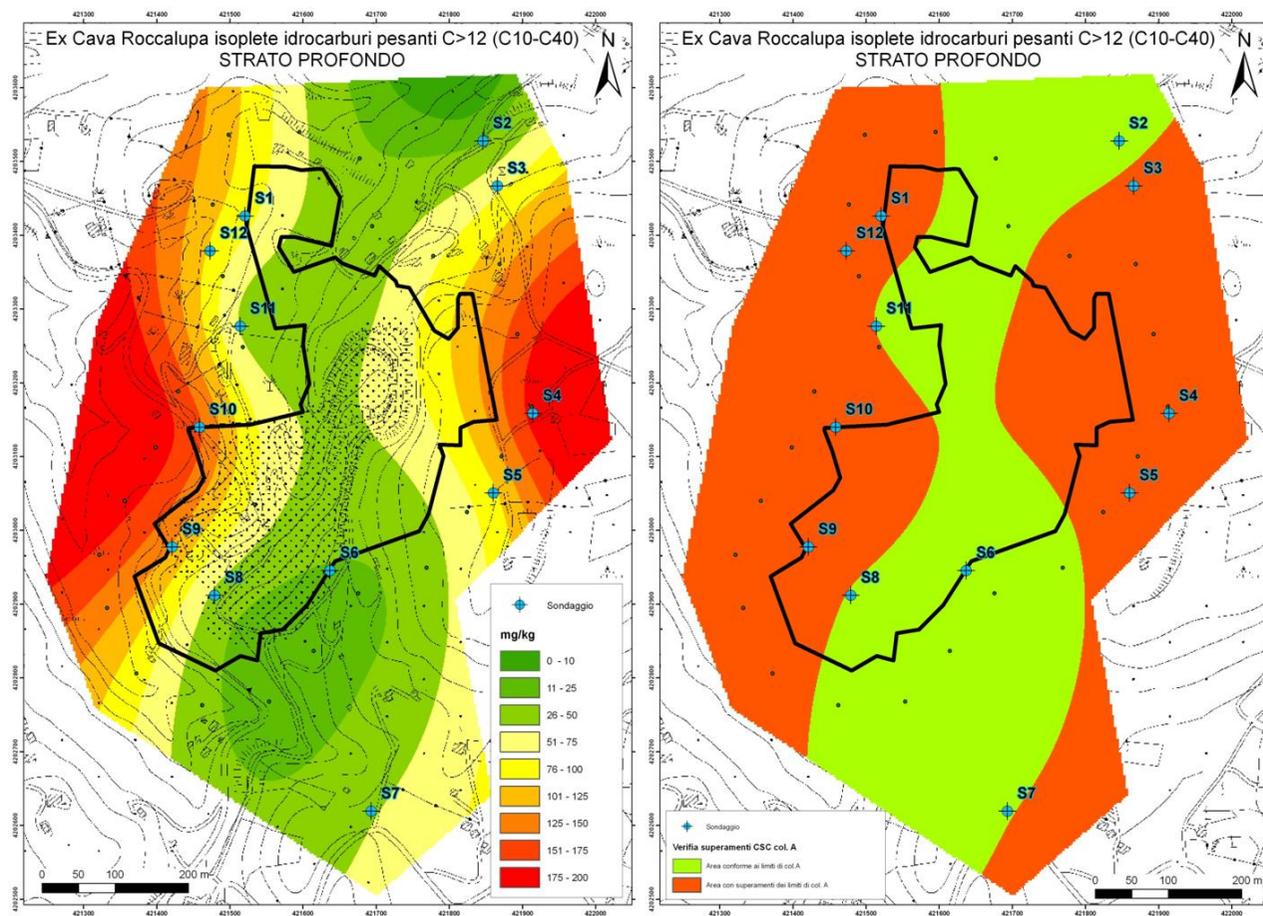


Figura 33. Distribuzione spaziale degli idrocarburi pesanti C12-C40 nello strato profondo

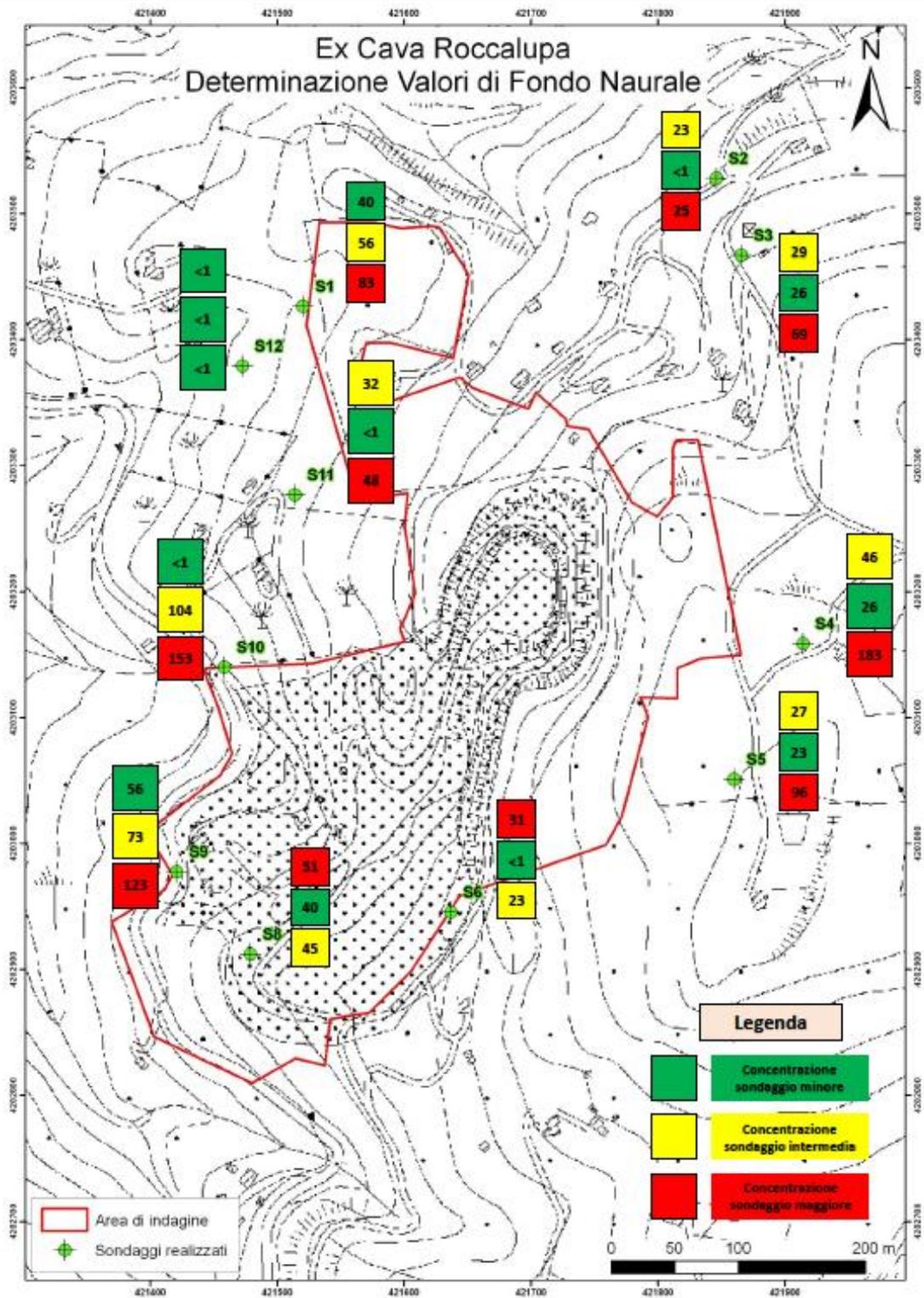


Figura 34. Andamento delle concentrazioni con l'aumento della profondità di ciascun sondaggio



8.4 SPECIAZIONE MADEP DELLE CLASSI IDROCARBURICHE

È stata verificata la speciazione in classi idrocarburiche secondo ripartizione **Madep** (**M**assachusetts **D**epartment of **E**nvironmental **P**rotection) che permette la suddivisione delle frazioni di idrocarburi alifatici ed aromatici in singole voci molto dettagliate, in tutti i campioni di terreno che hanno restituito valori di concentrazione superiore a 50 mg/kg (limite riferito alla tabella 1 colonna A, all.5 parte IV Titolo V del D.lgs. 152/06). L'obbiettivo di detta verifica è stato quello di comprendere se la natura degli idrocarburi trovata nei suoli e sottosuoli fosse somigliante, ovvero ricadente all'interno della stessa famiglia o di famiglie analoghe, oppure differente appartenendo a "specie" di idrocarburi diverse.

Nelle tabelle seguenti si riportano, per semplificare la consultazione, solo i risultati ottenuti attraverso la speciazione MADEP, dalla sintesi riportata nelle tabelle si evidenzia che:

- Gli Idrocarburi pesanti sono costituiti essenzialmente dalla componente alifatica, a catena carbonica lunga e compresi principalmente nella famiglia C19-C36 con qualche evidenza nella famiglia C9-C18 o C13-C18;
- Non è mai stato rilevato un tenore misurabile della frazione aromatica C11-C12;
- Non è mai stato rilevato un tenore misurabile della frazione aromatica C11-C22;
- Non è mai stato rilevato un tenore misurabile della frazione aromatica C13-C22;

Sulla base dei risultati conseguiti attraverso l'analisi di speciazione MADEP che attestano una sostanziale sovrapposibilità della tipologia di idrocarburi riscontrati in tutti i siti di indagine è possibile concludere che gli stessi abbiano la stessa genesi, ed è assolutamente ragionevole concludere che siano di origine naturale e non antropica, in quanto, un apporto "antropico" o comunque un origine diversa degli idrocarburi sarebbe motivato da famiglie idrocarburiche differenti per ciascuna area di indagine. Quanto affermato è corroborato dalle conclusioni contenute nella relazione geologica redatta dal dott. Geol. Gianvito Graziano allegata al presente elaborato.



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

Speciazione MADEP - Sito di produzione sondaggi orizzontali										
Accettazione	Campione	Idrocarburi leggeri C <12	Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	Idrocarburi alifatici (C9-C18)	Idrocarburi alifatici (C19-C36)	Idrocarburi Alifatici (C9-C12)	Idrocarburi Alifatici (C13-C18)	Idrocarburi Aromatici (C11-C12)	Idrocarburi Aromatici (C11-C22)	Idrocarburi Aromatici (C13-C22)
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2143228-001	SO2-GN06-Fin S. AMBR-C1	< 0,1	181	56	130	8	47	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-002	SO2-GN06-Fin S. AMBR-C2	0,68	190	69	123	14	53	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-003	SO2-GN06-Fin S. AMBR-C3	1,5	150	71	88	20	48	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-004	SO2-GN06-Fin S. AMBR-C4	1,4	155	66	93	15	49	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-005	SO2-GN06-Fin S. AMBR-C5	0,75	166	76	98	18	56	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-006	SO4-GN05-ME-C1	0,88	120	50	71	10	38	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-007	SO4-GN05-ME-C2	1,5	91	46	54	14	30	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-008	SO4-GN05-ME-C3	1,4	144	52	97	11	38	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-009	SO4-GN05-ME-C4	< 0,1	106	43	63	5	35	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-010	SO4-GN05-ME-C5	< 0,1	62	27	37	5	20	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-013	SO1-GI05-ME-C3	< 0,1	38	//	//	//	//	//	//	//
2143228-014	SO1-GI05-ME-C4	1,4	46	//	//	//	//	//	//	//
2143228-015	SO1-GI05-ME-C5	0,45	123	43	79	7	35	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-018	SO3-GN05-PA-C3	< 0,1	192	75	120	15	57	< 1	< 0,1	< 0,1



**Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione
del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione**

Speciazione MADEP - Sito di produzione sondaggi orizzontali										
Accettazione	Campione	Idrocarburi leggeri C <12	Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	Idrocarburi alifatici (C9-C18)	Idrocarburi alifatici (C19-C36)	Idrocarburi Alifatici (C9-C12)	Idrocarburi Alifatici (C13-C18)	Idrocarburi Aromatici (C11-C12)	Idrocarburi Aromatici (C11-C22)	Idrocarburi Aromatici (C13-C22)
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2143228-019	SO3-GN05-PA-C4	1,7	110	58	63	16	38	< 1	< 0,1	< 0,1
2143228-020	SO3-GN05-PA-C5	< 0,1	76	37	44	6	26	< 1	< 0,1	< 0,1



**Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione
del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione**

Speciazione MADEP - Sito di produzione sondaggi verticali										
Accettazione	Campione	Idrocarburi leggeri C <12	Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	Idrocarburi alifatici (C9- C18)	Idrocarburi alifatici (C19- C36)	Idrocarburi Alifatici (C9- C12)	Idrocarburi Alifatici (C13- C18)	Idrocarburi Aromatici (C11-C12)	Idrocarburi Aromatici (C11-C22)	Idrocarburi Aromatici (C13-C22)
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2142583-001	S1-GN05-PA-C1	< 0,1	22	//	//	//	//	//	//	//
2142583-002	S1-GN05-PA-C2	< 0,1	55	21	45	< 0,05	20	< 1	< 0,1	< 0,1
2142583-003	S1-GN05-PA-C3	< 0,1	40	//	//	//	//	//	//	//
2142583-004	S2-GN05-ME-C1	< 0,1	60	20	53	< 0,05	19	< 1	< 0,1	< 0,1
2142583-005	S2-GN05-ME-C2	0,33	108	48	87	0,16	38	< 1	< 0,1	< 0,1
2142583-006	S2-GN05-ME-C3	0,41	187	98	130	0,15	65	< 1	< 0,1	< 0,1
2142583-007	S3-GI01-PA-C1	< 0,1	< 1	//	//	//	//	//	//	//
2142583-010	S3-GI01-PA-C2	< 0,1	28	//	//	//	//	//	//	//
2142583-011	S3-GI01-PA-C3	< 0,1	26	//	//	//	//	//	//	//
2142583-012	S4-GN06-Fin. S. AMBR.-C1	< 0,1	113	22	82	< 0,05	20	< 1	< 0,1	< 0,1
2142583-013	S4-GN06-Fin. S. AMBR.-C2	< 0,1	56	12	41	< 0,05	10	< 1	< 0,1	< 0,1
2142583-014	S4-GN06-Fin. S. AMBR.-C3	< 0,1	62	16	45	< 0,05	13	< 1	< 0,1	< 0,1



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

Speciazione MADEP - Sito di utilizzo ex cava Roccalupa										
Accettazione	Campione	Idrocarburi leggeri C <12	Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	Idrocarburi alifatici (C9-C18)	Idrocarburi alifatici (C19-C36)	Idrocarburi Alifatici (C9-C12)	Idrocarburi Alifatici (C13-C18)	Idrocarburi Aromatici (C11-C12)	Idrocarburi Aromatici (C11-C22)	Idrocarburi Aromatici (C13-C22)
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2142348-001	S1-C1	< 0,1	40	//	//	//	//	//	//	//
2142348-002	S1-C2	< 0,1	56	3	44	< 1	3	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-003	S1-C3	< 0,1	83	51	44	15	30	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-004	S2-C1	< 0,1	23	//	//	//	//	//	//	//
2142348-005	S2-C2	< 0,1	< 1	//	//	//	//	//	//	//
2142348-006	S2-C3	< 0,1	25	//	//	//	//	//	//	//
2142348-007	S3-C1	< 0,1	29	//	//	//	//	//	//	//
2142348-008	S3-C2	< 0,1	26	//	//	//	//	//	//	//
2142348-009	S3-C3	< 0,1	69	50	58	10	37	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-010	S4-C1	< 0,1	46	//	//	//	//	//	//	//
2142348-011	S4-C2	< 0,1	26	//	//	//	//	//	//	//
2142348-012	S4-C3	< 0,1	183	32	134	5	28	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-013	S5-C1	< 0,1	27	//	//	//	//	//	//	//
2142348-014	S5-C2	< 0,1	23	//	//	//	//	//	//	//
2142348-015	S5-C3	< 0,1	96	30	75	< 1	27	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-016	S6-C1	< 0,1	31	//	//	//	//	//	//	//
2142348-017	S6-C2	< 0,1	< 1	//	//	//	//	//	//	//
2142348-018	S6-C3	< 0,1	23	//	//	//	//	//	//	//
2142348-019	S7-C1	< 0,1	25	//	//	//	//	//	//	//
2142348-020	S7-C2	< 0,1	< 1	//	//	//	//	//	//	//
2142348-021	S7-C3	< 0,1	48	//	//	//	//	//	//	//
2142348-022	S8-C1	< 0,1	51	25	49	5	19	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-023	S8-C2	< 0,1	40	//	//	//	//	//	//	//
2142348-024	S8-C3	< 0,1	45	//	//	//	//	//	//	//
2142348-025	S9-C1	< 0,1	56	40	37	< 1	35	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-026	S9-C2	< 0,1	73	59	37	6	46	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-027	S9-C3	< 0,1	123	82	59	15	61	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-028	S10-C1	< 0,1	< 1	//	//	//	//	//	//	//
2142348-029	S10-C2	< 0,1	104	68	50	10	51	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-030	S10-C3	< 0,1	153	106	70	12	90	< 1	< 0,1	< 0,1
2142348-031	S11-C1	< 0,1	32	//	//	//	//	//	//	//



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

Speciazione MADEP - Sito di utilizzo ex cava Roccalupa										
Accettazione	Campione	Idrocarburi leggeri C <12	Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	Idrocarburi alifatici (C9-C18)	Idrocarburi alifatici (C19-C36)	Idrocarburi Alifatici (C9-C12)	Idrocarburi Alifatici (C13-C18)	Idrocarburi Aromatici (C11-C12)	Idrocarburi Aromatici (C11-C22)	Idrocarburi Aromatici (C13-C22)
2142348-032	S11-C2	< 0,1	< 1	//	//	//	//	//	//	//
2142348-033	S11-C3	< 0,1	48	//	//	//	//	//	//	//
2142348-034	S12-C1	< 0,1	< 1	//	//	//	//	//	//	//
2142348-035	S12-C2	< 0,1	< 1	//	//	//	//	//	//	//
2142348-036	S12-C3	< 0,1	< 1	//	//	//	//	//	//	//

Speciazione MADEP - Sito di utilizzo Luogo Marchese										
Accettazione	Campione	Idrocarburi leggeri C <12	Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	Idrocarburi alifatici (C9-C18)	Idrocarburi alifatici (C19-C36)	Idrocarburi Alifatici (C9-C12)	Idrocarburi Alifatici (C13-C18)	Idrocarburi Aromatici (C11-C12)	Idrocarburi Aromatici (C11-C22)	Idrocarburi Aromatici (C13-C22)
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2142347-001	S1 - C1	< 0,1	25	//	//	//	//	//	//	//
2142347-002	S1- C2	< 0,1	56	15	44	< 1	11	< 1	< 0,1	< 0,1
2142347-003	S1 - C3	< 0	81	38	53	11	24	< 1	< 0,1	< 0,1
2142347-004	S2 - C1	< 0	57	6	49	< 1	6	< 1	< 0,1	< 0,1
2142347-005	S2 - C2	< 0	75	7	57	< 1	7	< 1	< 0,1	< 0,1
2142347-006	S2 - C3	< 0	81	36	54	7	24	< 1	< 0,1	< 0,1
2142347-007	S3 - C1	< 0	20	//	//	//	//	//	//	//
2142347-008	S3 - C2	< 0	21	//	//	//	//	//	//	//
2142347-009	S3 - C3	< 0	41	//	//	//	//	//	//	//
2142347-013	S5 - C1	< 0	207	10	176	< 1	10	< 1	< 0,1	< 0,1
2142347-014	S5 - C2	< 0	137	66	85	10	50	< 1	< 0,1	< 0,1
2142347-015	S5 - C3	< 0	129	58	81	15	36	< 1	< 0,1	< 0,1
2142347-016	S6 - C1	< 0	101	63	60	20	38	< 1	< 0,1	< 0,1
2142347-017	S6 - C2	< 0	65	15	47	< 1	13	< 1	< 0,1	< 0,1



**Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione
del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione**

2142347-018	S6 - C3	<0	111	60	71	18	39	<1	<0,1	<0,1
2142347-019	S8 - C1	<0	26	//	//	//	//	//	//	//
2142347-020	S8 - C2	<0	72	16	51	<1	14	<1	<0,1	<0,1
2142347-021	S8 - C3	<0	100	31	70	9	24	<1	<0,1	<0,1
2142347-022	S9 - C1	<0	<1	//	//	//	//	//	//	//
2142347-023	S9 - C2	<0	<1	//	//	//	//	//	//	//
2142347-024	S9 - C3	<0	76	54	38	<0,05	41	<1	<0,1	<0,1
2142347-025	S10 - C1	<0	24	//	//	//	//	//	//	//
2142347-026	S10 - C2	<0	32	//	//	//	//	//	//	//
2142347-027	S10 - C3	<0	42	//	//	//	//	//	//	//
2142347-028	S11 - C1	<0	30	//	//	//	//	//	//	//
2142347-029	S11 - C2	<0	23	//	//	//	//	//	//	//
2142347-030	S11 - C3	<0	24	//	//	//	//	//	//	//
2142347-031	S12 - C1	<0	20	//	//	//	//	//	//	//
2142347-032	S12 - C2	<0	26	//	//	//	//	//	//	//
2142347-033	S12 - C3	<0	39	//	//	//	//	//	//	//
2142347-034	S13 - C1	<0	25	//	//	//	//	//	//	//
2142347-035	S13 - C2	<0	130	58	76	10	46	<1	<0,1	<0,1
2142347-036	S13 - C3	<0	184	84	98	11	71	<1	<0,1	<0,1
2142347-037	S14 - C1	<0	28	//	//	//	//	//	//	//
2142347-038	S14 - C2	<0	68	44	42	<0,05	30	<1	<0,1	<0,1
2142347-039	S14 - C3	<0	94	52	63	11	33	<1	<0,1	<0,1
2142347-040	S16 - C1	<0	<1	//	//	//	//	//	//	//
2142347-041	S16 - C2	<0	36	//	//	//	//	//	//	//
2142347-042	S16 - C3	<0	59	27	59	<0,05	24	<1	<0,1	<0,1
2142347-043	S17 - C1	<0	39	//	//	//	//	//	//	//
2142347-044	S17 - C2	<0	49	//	//	//	//	//	//	//
2142347-045	S17 - C3	<0	48	//	//	//	//	//	//	//



**Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione
del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione**

2142347-046	S18 - C1	<0	49	//	//	//	//	//	//	//
2142347-047	S18 - C2	<0	47	//	//	//	//	//	//	//
2142347-048	S18 - C3	<0	36	//	//	//	//	//	//	//
2142347-049	S7 - C1	<0	21	//	//	//	//	//	//	//
2142347-050	S7 - C2	<0	30	//	//	//	//	//	//	//
2142347-051	S7 - C3	<0	40	//	//	//	//	//	//	//



9 DEFINIZIONE DEL VALORE DI FONDO NATURALE PER GLI IDROCARBURI PESANTI C12-C40

In riferimento dell'attività di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo,

- A. **Premesso** che nelle valutazioni si è omesso di considerare i valori rilevati nelle indagini svolte precedentemente all'attuazione dei Piani di Accertamento nei quali erano stati rilevati valori di concentrazione di Idrocarburi Pesanti C12-C40 anche superiori a quanto riscontrato nelle campagne dei Piani di Accertamento;
- B. Acclarato, così come riportato *STUDIO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL COMPENSORIO INTERESSATO DALLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE DI RADDOPPIO DEL TRACCIATO FERROVIARIO DELLA TRATTA CEFALU' OGLIASTRILLO - CASTELBUONO E DEI SITI DI DESTINAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DI SCAVO* redatta dal dott. geol. Gianvito Graziano, che l'"ambito territoriale con fondo naturale", inteso come *"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"*, sia da riferire alla vasta area di affioramento dell'unità appartenente alla formazione del *Flysch Numidico* denominata *Membro di Geraci Siculo*.
- C. **Valutata** la naturalità degli *Idrocarburi pesanti C12-C40* attraverso
- Una mirata analisi statistica condotta su tutte le popolazioni di dati provenienti sia dal sito di produzione che dai siti di destinazione finale;
 - L'analisi geostatistica condotta sulle aree da utilizzarsi quali siti di destinazione finale;
 - La speciazione MADEP condotta a carico di tutti i campioni con concentrazioni di *Idrocarburi pesanti C12-C40* superiore a 50 mg/kg (limite riferito alla tabella



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

1 colonna A, all.5 parte IV Titolo V del D.Lgs 152/06) che ha evidenziato una significativa sovrapposibilità delle famiglie provenienti da tutte le aree di indagine;

- I contenuti dello *STUDIO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL COMPENSORIO INTERESSATO DALLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE DI RADDOPPIO DEL TRACCIATO FERROVIARIO DELLA TRATTA CEFALU' OGLIASTRILLO - CASTELBUONO E DEI SITI DI DESTINAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DI SCAVO* redatta dal dott. geol. Gianvito Graziano

D. **Preso atto** degli esiti analitici riportati nelle accettazioni

- n. 2142347 (luogo Marchese);
- n. 2142348 (ex cava Roccalupa);
- n. 2142583 (sito di produzione sondaggi verticali);
- n. 2143228 (sito di produzione sondaggi orizzontali).

E. **Accertati** i superamenti del limite di 50 mg/kg (limite riferito alla tabella 1 colonna A, all.5 parte IV Titolo V del D.Lgs 152/06)

- Luogo Marchese → 20 superamenti su un totale di 48 campioni
- Ex cava Roccalupa → 12 superamenti su un totale di 36 campioni
- Sito di produzione
 - sondaggi verticali → 7 superamenti su un totale di 12 campioni
 - sondaggi orizzontali → 14 superamenti su un totale di 16 campioni

F. **Calcolati** per l'intera popolazione statistica il 25°, 50°, 75°, 95° e il 98° percentile ottenendo i valori riportati in tabella

Percentile	mg/kg
25° percentile	30
50° percentile	50
75° percentile	98
95° percentile	183,05
98° percentile	190



**Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione
del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione**

È possibile proporre quale nuovo **valore di fondo naturale** per gli *Idrocarburi pesanti C12-C40* il valore di **183 mg/kg** pari al 95° percentile dell'intera popolazione statistica arrotondato per difetto.



10 CONCLUSIONI

Il presente elaborato descrive in dettaglio i criteri adottati e le attività poste in essere per la determinazione dei **valori di fondo naturale (VDF)** per i siti denominati “*Luogo Marchese*” e “*Cava Roccalupa*” come siti di destinazione finale dei materiali da scavo, quest’ultimo in ottemperanza alla prescrizione **n)** contenuta nel provvedimento di Valutazione di Impatto Ambientale DEC/VIA/2003/0724 relativo al progetto dell’opera infrastrutturale da cui provengono le terre e rocce da scavo destinate al recupero ambientale dei siti e del *sito di produzione*, individuati nel vigente Piano di Utilizzo.

L’esigenza della definizione dei valori di fondo naturale nasce dai peculiari risultati ottenuti in fase di caratterizzazione preliminare 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 C12-C40*”) con concentrazioni superiori ai limiti tabellari, fenomeno quest’ultimo riscontrato su diverse porzioni di territorio e a profondità diverse. Nel rispetto delle Linee guida citate e tenendo conto della normativa di riferimento più volte richiamata nel testo del presente documento è stato possibile giungere alla proposta di un nuovo **valore di fondo naturale** per gli *Idrocarburi pesanti C12-C40* da utilizzare per l’ottimale e conforme gestione dei terreni oggetto delle lavorazioni, nell’ambito dell’aggiornamento del Piano di Utilizzo dei Materiali da Scavo (oggi “*terre e rocce da scavo*”) relativo ai lavori di costruzione del *Raddoppio ferroviario della Tratta Ogliastrillo-Castelbuono della Linea Palermo-Messina*, 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 nuovo **valore di fondo naturale** proposto per gli *Idrocarburi pesanti C12-C40* è pari **183 mg/kg** in ragione del valore del 95° percentile calcolato sull’intera popolazione statistica



Risultanze Piano di indagine ambientale per la definizione del valore di fondo dei siti di utilizzo e di produzione

arrotondato per difetto. Il valore proposto risulta superiore al limite di tabella 1 colonna A (verde pubblico e residenziale) ma significativamente inferiore al limite di colonna B (siti industriali), all.5 parte IV Titolo V del D.Lgs 152/06 come da diagramma di seguito riportato.



Nelle valutazioni complessive si è omesso di considerare i valori rilevati nelle indagini svolte antecedentemente all'attuazione dei Piani di Accertamento nei quali erano stati rilevati valori di concentrazione di Idrocarburi Pesanti C12-C40 anche superiori a quanto riscontrato nelle campagne dei Piani di Accertamento oggetto della presente indagine ambientale.

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

14 Giugno 2021

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