

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 1 di 25	Rev. 0

PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

TERRE E ROCCE DA SCAVO

PIANO DI CAMPIONAMENTO PER LA DETERMINAZIONE DEL VALORE DI FONDO NATURALE DEGLI ELEMENTI NICHEL, CROMO, COBALTO, ARSENICO, E ZINCO



0	Emissione per Informazione	V.VACCARO	G. VECCHIO	M.BEGINI	26/06/2024
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 2 di 25	Rev. 0

INDICE

1	GENERALITA'	3
1.1	Introduzione	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
3.1	Descrizione geologica dei tracciati	6
4	CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE PREGRESSA (FINO A MAGGIO 2024) ...	11
4.1	Parametri analizzati	12
4.2	Risultati anali di laboratorio	13
5	SOVRAPPOSIZIONE PUNTI CON SUPERAMENTI CSC CON L'ATLANTE GEOCHIMICO DELLA REGIONE LIGURIA	15
6	CONSIDERAZIONI SUGLI ELEMENTI CHE SUPERANO LE CSC	16
7	PROPOSTA DI CAMPIONAMENTO INTEGRATIVO	21
7.1	Punti di campionamento	21
7.2	Metodologia di campionamento	23
7.3	Parametri analizzati	24
8	CONCLUSIONI	25
9	ANNESI	25

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 3 di 25	Rev. 0

1 GENERALITA'

1.1 Introduzione

Nell'ambito dell'opera FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti, per il tratto a terra, è stata effettuata una campagna di caratterizzazione ambientale delle Terre e Rocce da Scavo in accordo alla normativa vigente (D. Lgs. 152/06 e D.P.R. n. 120 del 13/06/2017).

In base ai risultati dei campionamenti sono stati trovati dei superi di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) (Rif. colonna A e B della tabella 1 dell'allegato 5 relativo alla Parte IV – titolo V del D. Lgs. 152/06) in alcune zone del tracciato della condotta. A conclusione della caratterizzazione ambientale, Snam ha comunicato i superi registrati ai sensi dell'art.245 del D.Lgs 152/2006 (Rif. prot. FSRU/38/2024 del 08.05.2024 trasmesso con pec in data 13.05.2024) e con il presente documento intende richiedere l'attivazione della procedura per la determinazione dei valori di fondo Naturale per alcuni dei analiti individuati ai sensi dell'art.11 del DPR 120/2017.

Riguardo la procedura relativa all'art.11 del DPR 120/2017, la presente relazione intende proporre un piano di indagini integrative per investigare la possibilità di ricondurre i superi registrati relativi ai seguenti analiti: **Nichel, Cromo tot., Cobalto, Arsenico e Zinco** ai Valori di Fondo Naturale dei terreni attraversati.

La proposta di indagini integrative elaborata in questo documento si basa sia sulla bibliografia consultata nonché sui sopralluoghi specialistici condotti, che sembrano ricondurre alcuni dei superi registrati delle CSC non a fattori antropici di inquinamento quanto piuttosto a cause naturali tipiche dei suoli stessi. Infatti, nell'area di Progetto esistono diverse associazioni mineralogiche con elementi che contengono metalli pesanti ed anche i processi pedogenetici, legati all'evoluzione dei suoli, possono favorire la formazione di elementi naturali i cui valori sono superiori alle soglie prefissate dalla normativa.

La proposta prevede un allargamento della maglia di indagine ad aree più estese di quelle già investigate proprio per poter mostrare come i superi siano diffusi nel territorio e quindi mostrare la loro riconducibilità a cause naturali (geologia, idrogeologia, ecc. ecc), ovvero, ad elementi intrinseci alla conformazione geolitologica dell'area.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto FSRU Alto Tirreno è ubicato interamente in provincia di Savona e interessa i comuni di:

- Vado Ligure
- Quiliano
- Altare
- Carcare
- Cairo Montenotte.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 4 di 25	Rev. 0

L'opera prevede la realizzazione di un terminale di rigassificazione offshore, di una condotta di trasporto a terra e di un impianto di regolazione e misura del gas.

Per la parte onshore sono previste:

- Allacciamento FSRU Alto Tirreno DN 650 (26"), DP 100 bar - da linea di costa all'impianto PDE di Quiliano compreso;
- Impianto PDE di Quiliano e impianto di regolazione DP 100/75;
- Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30") DP 75 bar presso località Chinelli (Cairo Montenotte) - da Impianto PDE;
- Nella figura sottostante si riporta il tragitto a terra del metanodotto in progetto (linea rossa) ed in verde la linea in dismissione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 5 di 25	Rev. 0



Figura 2.A. – Inquadramento territoriale dell'opera in progetto e dismissione

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 6 di 25	Rev. 0

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio interessato dall'opera in progetto è compreso nei Fogli della Carta Geologica Italiana in scala 1:25000:

- Carta Geologica Regionale con elementi di Geomorfologia (CGR), tav. 229.3 Liguria;
- Carta Geologica Regionale con elementi di Geomorfologia (CGR), tav. 229.4 e nei Fogli della Carta Geologica Italiana in scala 1:50000:
- CARG - Foglio 228 Cairo Montenotte;
- CARG - Foglio 211 Dego.

L'inquadramento geologico è stato elaborato utilizzando le informazioni presenti nelle note illustrative della cartografia indicata ed i paragrafi successivi riassumono le caratteristiche principali di ciascun tracciato di progetto.

In generale, il territorio dell'area su cui è posizionato il tracciato di progetto è interessato dalla presenza prevalente del Permo-Carbonifero brianzonese epimetamorfico a cui corrisponde una morfologia dominante differente, più dolce, localmente caratterizzata dalla presenza di masse triassiche rilevate, soprattutto di dolomie che sono sovrapposte al Permo e dalle masse di cristallino (graniti, pegmatiti, gneiss, anfiboliti) associate: queste ultime si estendono anche limitatamente nella fascia dei terreni mesozoici brianzonesi prevalenti.

Nella parte settentrionale dell'area affiorano lembi isolati della serie di Montenotte. Tutte le unità del substrato pre-terziario sono state interessate da una storia deformativa polifasica alpina e pre-alpina complessa che si riflette nei complicati rapporti tettonici fra le varie serie distinte. Nell'insieme prevalgono linee strutturali a direzione EW, con carattere prevalente di accavallamenti; subordinatamente si osservano linee trasversali NNW-SSE, con carattere di faglie; un terzo, meno sviluppato, sistema di faglie, ha direzione SW-NE.

L'area rilevata inoltre, è caratterizzata da una tettonica disgiuntiva sviluppatasi durante le fasi tardive dell'evoluzione strutturale della catena con faglie sub-verticali che interessano sia il substrato che i depositi post-orogeni.

3.1 Descrizione geologica dei tracciati

Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a Terra) DN 650 (26"), DP 100 bar

Il tracciato di progetto in oggetto ha inizio dalla linea di costa e termina al PDE di Quiliano (compreso), loc. Casina, per una lunghezza complessiva di km 2,655.

È interamente ubicato nella piana costiera del torrente Quiliano che sfocia sul Mar Ligure, al confine tra la periferia occidentale della città di Savona e quella orientale di Vado Ligure.

La cartografia ufficiale riporta in questo tratto la presenza di depositi del quaternario così descritti:

- **al** - Depositi fluviali attuali e recenti; depositi di spiaggia (Olocene): comprendono i depositi di spiaggia e le alluvioni attuali, potenti e medio potenti, che ricadono nella zona costiera e nel tratto terminale dei fondivalle. Generalmente costituiti da depositi stratificati con passaggi laterali tra strati a diversa granulometria, anche di forma lenticolare in funzione delle variazioni del regime idrologico nel tempo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 7 di 25	Rev. 0

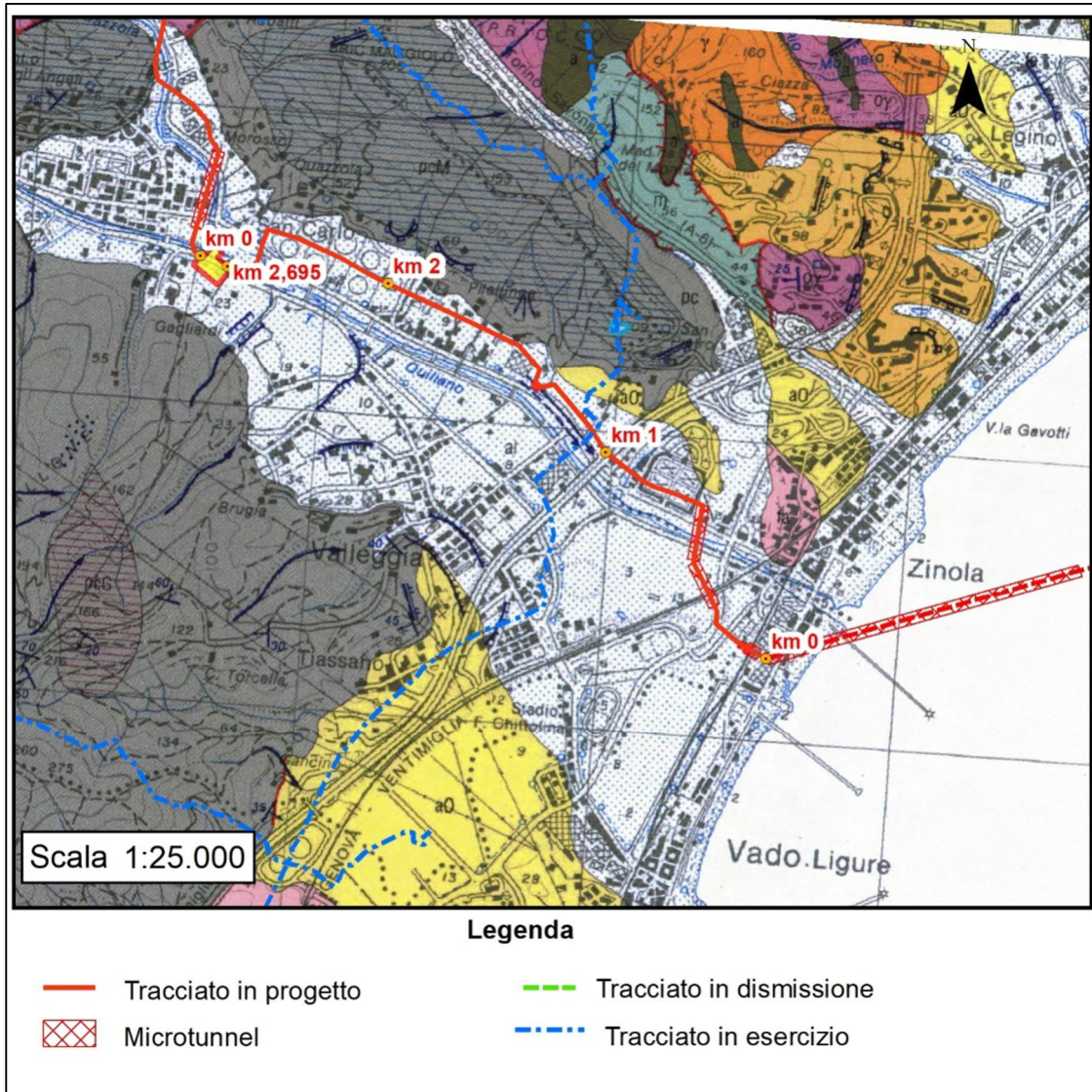


Figura 3.1.A. – Geologia del tracciato di progetto, tratto a terra, da linea di costa all’impianto PDE.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 8 di 25	Rev. 0

Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti

Il tracciato in oggetto ha inizio dall'impianto PDE di Quiliano e termina all'interconnessione con i Metanodotti Ponti-Cosseria e Cairo Montenotte per una lunghezza complessiva di km 23,800 (quadro geologico d'insieme).

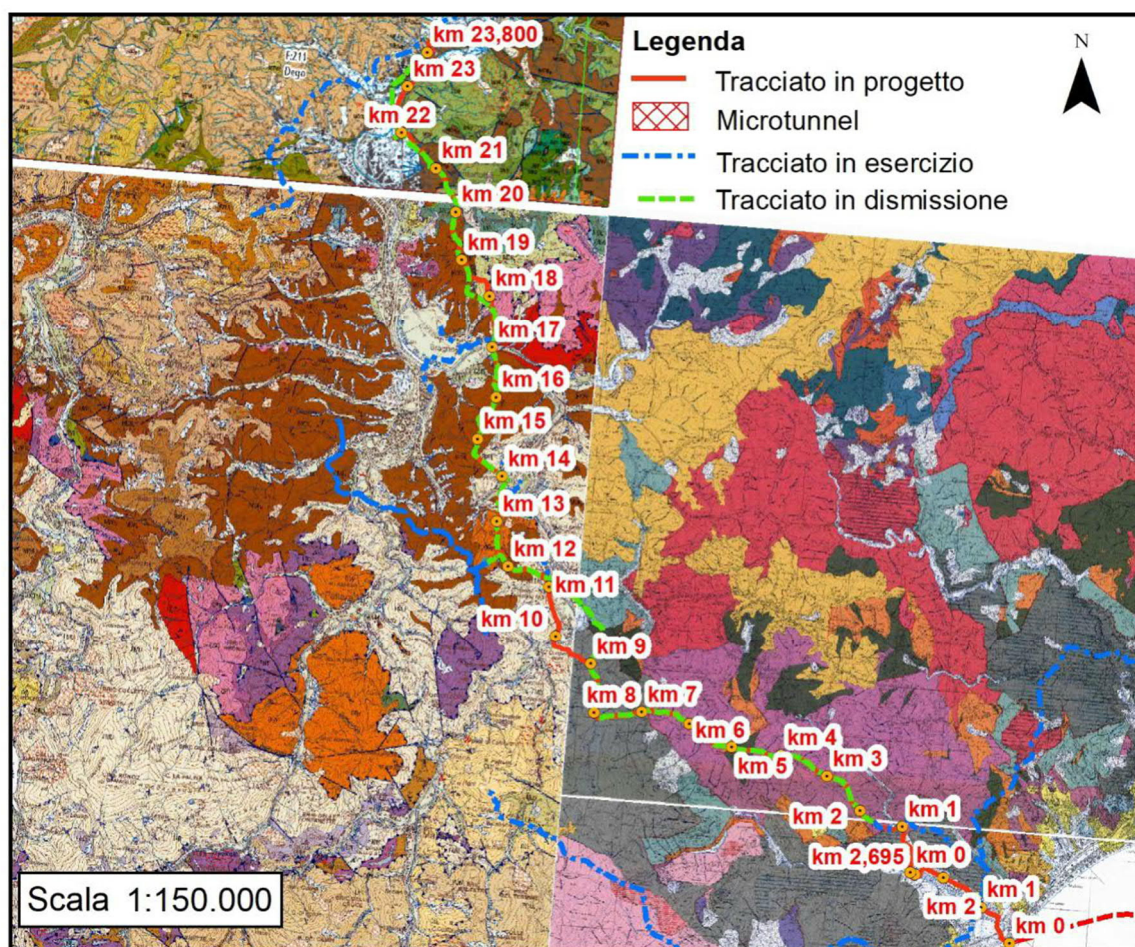


Figura 3.1.B. – Geologia del tracciato di progetto dall'impianto PDE di Quiliano all'allacciamento alla Rete Nazionale Gasdotti.

In particolare, da kp 0 a kp 1,035 circa il tracciato di progetto si trova sui depositi alluvionali precedentemente descritti (a) rappresentati da depositi fluviali attuali e recenti e da depositi di spiaggia.

Da kp 1,035 a kp 1,555 il tracciato di progetto insiste su sedimenti appartenenti al periodo del Carbonifero medio e superiore. Si tratta di depositi provenienti da protoliti sedimentari appartenenti al Dominio Brianzonese così classificati:

- **pc e pcM** – Formazione di Murialdo (Carbonifero superiore)

Filladi e micascisti carboniosi con caratteristiche lenti e vene di quarzo contorte. Spesso i sedimenti permiani risultano commisti a lembi della formazione di Eze rappresentati per lo più da metabasiti scistose di colore verdastro i cui affioramenti non risultano cartografabili alla scala del rilievo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 9 di 25	Rev. 0

Da kp 1,555 a kp 6,880 il tracciato di progetto interessa i terreni del Basamento Prevarisico appartenenti all'Unità Savona-Calizzano.

- **Oγ** - Ortogneiss (Cambriano – Ordoviciano – Siluriano)

ortogneiss con sovraimpronta polimetamorfica in facies anfibolitica prealpina; metagranitoidi a grana grossolana con megacristalli di K-feldspato (fino a 4 cm) con strutture magmatiche relitte; ortogneiss con biotite e muscovite fortemente scistososi;

- **γ** - Paragneiss micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica (Ordoviciano – Siluriano)

Paragneiss e micascisti a grana fine, a biotite e muscovite; micascisti a grana da media fine a grande.

- **a** - Anfiboliti (Ordoviciano – Siluriano)

Metabasiti massicce, polimetamorfiche, in facies anfibolitica, localmente granatifere, metabasiti polimetamorfiche a grana generalmente da fine a media, con relitti di paragenesi eclogitiche e granato

Dal kp 6,880 il tracciato di progetto continua, sia con modalità costruttiva a cielo aperto che in sotterraneo (MT Swaami Gitananda), ad insistere quasi esclusivamente con i terreni rappresentati dalla Formazione di Murialdo (**pc/FMU**) fino al kp 11,510 circa; l'unica eccezione è rappresentata dall'attraversamento del fondovalle del Fiume Bormida di Mallare in cui il tracciato interferisce con i depositi olocenici del Subsistema di Rocchetta Cairo.

Dal kp 11,510 al kp 12,565 il tracciato si trova nei depositi del bacino ligure-piemontese, all'interno del membro inferiore della formazione di Molare (Oligocene) così descritti:

- **MORb** – Formazione di Molare (membro inferiore –Ordoviciano inf.-sup)

Conglomerati mal selezionati con dimensioni molto varie (blocchi fino a 2 metri) in rozze bancate, con clasti poligenici e matrice arenacea grossolana. Si osservano alternanze di arenarie medie e grossolane in strati da centimetrici a metrici. Spessore molto variabile (da pochi metri fino a 80 - 100 metri).

Dal kp 12,565 fino a kp 13,420 circa il tracciato attraversa i terreni ascrivibili all'unità tettonostratigrafica Calizzano - Savona per quanto riguarda la formazione degli ortogneiss di Vetria:

- **OGV** – Ortogneiss di Vetria (Ordoviciano medio)

Ortogneiss granitoidi con associazione pre-alpina a K-feldspato, oligoclasio, quarzo, muscovite e biotite subordinata, paragenesi metamorfica alpina, granati.

Il tracciato di progetto continua nei depositi della Formazione di Murialdo sino al kp 14,405 per poi rientrare nuovamente nel membro inferiore della Formazione di Molare sino al kp 16,885 circa quando si incontrano i depositi essenzialmente ghiaiosi olocenici del subsistema di Cairo Montenotte:

- **CMT3** – Subsistema di Rocchetta Cairo (Olocene–Attuale)

Depositi essenzialmente ghiaiosi, solitamente a tessitura clasto -sostenuta, localmente contenenti rilevanti quantità di matrice sabbiosa e clasti di dimensioni anche pluridecimetriche. Alterazione pressoché nulla. Costituiscono l'attuale fascia di esondazione della Bormida e dei loro principali affluenti nonché le basse superfici terrazzate sospese a non più di 6 -8 metri dall'alveo, esondabili in caso di piene eccezionali (depositi fluviali).

Il tracciato di progetto continua ad insistere all'interno dei depositi fluviali del sistema Fiume Bormida di Mallare fino a circa il kp 17,075 dove incontra i terreni del Dominio Brianzone che appartengono all'Unità tettonostratigrafica di Pamparato -Murialdo così descritte:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 10 di 25	Rev. 0

- **NUC** – Ortogneiss di Nucetto (Ordoviciano sup.)

Ortogneiss granitoidi a grossi fenocristalli (1-5 cm) di k-feldspato, quarzo, muscovite e biotite. Associazione metamorfica alpina rappresentata da aggregati di albite, tengite, epidoto e clorite.

Dopo un breve passaggio nei depositi della Formazione di Molare (MORb), al kp 17,675 si osservano i terreni dell'unità tettonostratigrafica del Bormida così descritti fino al kp 18,050 circa:

- **DSO** – Dolomie di Monte Rossotta (Anisico –Norico)

Dolomie grigio chiare e scure a patina bianca in banchi da decimetrici a sub - metrici, con intercalazioni di calcari, calcari dolomitici, brecce intraformazionali, calcari marnosi e brecce dolomitiche vacuolari. Localmente presenti facies arenaceo -argillose nerastre del Carnico a cui seguono talora dolomie grigio-scure a patina bianca in strati e banchi.

Lo spessore della formazione si aggira sui 250 metri.

Il tracciato prosegue, dal kp 18,050 al kp 18,570 circa, nei depositi di Montenotte così definiti:

- **SFD** – Scisti filladici (Cretacico sup.)

Scisti filladici grigi e nerastri, molto micacei, argilloscisti di colore grigio chiaro e calcescisti scuri, molto alterati, con patine rosso-brunastre.

Dopo un altro passaggio nella Formazione di Molare (MORb), al kp 19,880 si incontra un'altra formazione dell'unità tettonostratigrafica di Montenotte fino al kp 20,575 circa:

- **MEG** – Metagabbri (Dogger)

Metagabbri a ossidi di Fe e Ti, a grana grossa, a relitti di clinopirosseno, con paragenesi metamorfica alpina ad anfibolo sodico, pirosseno sodico, ecc, localmente retrocesse in facies di Scisti Verdi.

Il tracciato di progetto, dopo un passaggio di nuovo nei terreni della Formazione di Molare (MORb), al kp 22,275, attraversa per un breve tratto (kp 22,275 - kp 22,475 circa) i terreni appartenenti all'Unità di Veltri dei Calcescisti del Turchino (TUR), prima di interessare nuovamente la Formazione di Molare (MORd) fino al kp 23,760 circa:

- **TUR** – Calcescisti del Turchino (Cretacico superiore)

Calcemicascisti, micascisti e quarzomicascisti.

- **MORd** – Formazione di Molare (Oligocene inf.)

Arenarie di varie granulometrie, localmente con laminazioni parallele od oblique a basso angolo, spesso fossilifere e bioturbate, in strati e banchi amalgamati, con locali subordinate intercalazioni conglomeratiche, spessore fino a 80 metri.

Al kp 23,760 il tracciato insiste nuovamente sui depositi essenzialmente ghiaiosi olocenici del subsistema di Cairo Montenotte (CMT3) descritti precedentemente, fino al termine, kp 23,800.

Si osservano, contestualmente, brevissimi passaggi rispettivamente nei Calcescisti del Turchino (TUR), Formazione di Molare (MORd) e i terreni appartenenti all'Unità di Voltri delle Serpentiniti antigoritici del Bric del Dente (SNV):

- **SNV** –Serpentiniti Antigoritici del Bric del Dente (Dogger?-Malm?)

Serpentiniti massicce e serpentinoscisti ad antigorite più magnetite, clorite, tremolite. Rare brecce serpentinitiche a cemento carbonatico (oficalci).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 11 di 25	Rev. 0

4 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE PREGRESSA (FINO A MAGGIO 2024)

In ottemperanza al D.P.R. n. 120/2017, sono stati posizionati n. 172 punti di campionamento distribuiti ogni 500 m circa lungo il corridoio e le piazzole di stoccaggio tubazioni.

I campioni prelevati sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio e confrontati con i limiti normativi (colonne A e B, tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del D.Lg. n. 152/06), in relazione alla destinazione d'uso del suolo in cui ricadono i punti di campionamento. Di seguito vengono riportate le profondità di prelievo a seconda della finalità dello scavo.

Tratti di Linea: considerando per la linea una normale profondità di posa del metanodotto intorno ai 2.7 metri per ciascun punto d'indagine sono stati prelevati tre campioni di terreno:

- campione 1: da 0.00 metri a 1.00 metro dal piano campagna;
- campione 2: da 1.00 metro a 2.00 metri dal piano campagna;
- campione 3: da 2.00 metri a 3.00 metri (fondo scavo)

Piazzole Stoccaggio: In corrispondenza delle piazzole di stoccaggio è stato prelevato un solo campione, per ogni verticale di campionamento, alla profondità compresa tra il piano campagna e 0,30 m

- Nel caso di ritrovamento del bedrock a profondità inferiori rispetto a quelle previste è stato prelevato un solo campione

Tratti Trenchless: sono stati eseguiti:

- Un punto di campionamento, ove possibile, in corrispondenza delle postazioni di spinta e di arrivo delle trenchless, in ciascuno dei quali sono stati prelevati n.3 campioni di terreno
- Campione 1 da 0 a 1m;
- Campione 2 da 2 a 3m;
- Campione 3 da 4 a 5m;

Tratti con percorrenza in alveo dei torrenti Quiliano e Quazzola la profondità di prelievo è stata prevista a 4 metri:

- Campione 1 da 0 a 1;
- Campione 2 da 1,5 a 2,5;
- Campione 3 da 3 a 4;

Tratti con roccia subaffiorante:

Nel caso di ritrovamento del bedrock ad una profondità compresa tra 0 e 3 m dal p.c. (in particolare in zone impervie e difficilmente raggiungibili con sonde di perforazione) è stato previsto:

- Bedrock entro il primo metro dal piano campagna, campionamento del solo campione superficiale;
- Bedrock a profondità superiore ad un metro dal piano campagna, campionamento del campione superficiale e del campione intermedio.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con la situazione dei campionamenti effettuati e quelli ancora da effettuare aggiornati a giugno 2024. Si precisa che i prelievi non ancora eseguiti sono ubicati in punti in cui non è stato possibile effettuare i campionamenti per la mancanza di permessi ad accedere ai fondi o si è ancora in attesa di stipula di accordi bonari con i proprietari dei fondi stessi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 12 di 25	Rev. 0

Metanodotto	N° Campionamenti previsti	N° Campionamenti eseguiti	Da eseguire
Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26"), DP 100 bar	4	3	1
Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar	55	52	3
Nuovo stacco per Comune di Cairo Montenotte DN 100 (4"), DP 75 bar	1	1	0
Ricoll. ad Impianto di Regolazione di Carcare DN 500 (20"), DP 75 bar	1	1	0
Tratti in alveo (Torrenti Quiliano e Quazzola)	6	6	0
Piazzole	93	90	3
PDE	12	12	0
TOTALE	172	165	7

Tabella 4.A. – Tabella riassuntiva dei campionamenti ambientali eseguiti e da eseguire.

4.1 Parametri analizzati

Secondo la normativa vigente il rispetto dei requisiti di qualità ambientale dei materiali da scavo è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno del materiale stesso sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla Tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del Decreto Legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

I valori limite delle CSC da considerare sono quelli più restrittivi previsti dal D. Lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Colonna A della Tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV).

In base alle attività antropiche e di uso del suolo dell'area interessata dal passaggio del metanodotto, sui campioni prelevati sono stati determinati i set di parametri analitici riportati di seguito, (in accordo all'Allegato 4 del D.P.R. 120/2017, *Tab. 4.1 – Set analitico minimale*). Inoltre le analisi chimico-fisiche sono state eseguite adottando metodiche ufficialmente riconosciute.

I parametri analitici indagati su ciascun campione di terreno prelevato sono quelli qui sotto riportati:

- Arsenico;
- Cadmio;
- Cobalto;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 13 di 25	Rev. 0

- Nichel;
- Piombo;
- Rame;
- Zinco;
- Mercurio;
- Idrocarburi C>12;
- Cromo totale;
- Cromo VI;
- Amianto.

Per i tratti di metanodotto collocati in vicinanza ad infrastrutture viarie di grande comunicazione e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera, su alcuni punti di campionamento, sono state eseguite le analisi di IPA e BTEX.

Vista la presenza di Amianto già identificata nell'area delle Pietre Verdi e riportata anche in studi bibliografici specifici, si è deciso di analizzare tale parametro in ogni campione con limiti di rilevabilità strumentale spinti a 100 mg/Kg (10 volte inferiore ai limiti delle CSC).

4.2 Risultati anali di laboratorio

Nella tabella sottostante si riportano i risultati della campagna ambientale aggiornata a marzo 2024. Non sono ancora disponibili i risultati della campagna di campionamento effettuata a maggio 2024.

SUPERAMENTI DELLE CSC (Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV, D. Lgs. 152/06) Limiti Colonna A								
	Arsenico [20 mg/kg]	Cobalto [20 mg/kg]	Mercurio [1 mg/kg]	Cromo tot [150 mg/kg]	Nichel [120 mg/kg]	Piombo [100 mg/kg]	Rame [120 mg/kg]	Zinco [150 mg/kg]
Linea e impianti (PIL-PIDI)	10	13	-	27	23	2	1	1
Piazzole Allargamenti	7	8	-	23	21	-	-	-
PDE/Impianto di Interconnessione	3	3	2	1	-	5		3

Tabella 4.2.A. – Tabella riassuntiva del numero superamenti (Colonna A) delle analisi di laboratorio eseguite fino a marzo 2024. La tabella non tiene conto delle analisi di laboratorio dei campionamenti eseguiti nei mesi di maggio e giugno 2024.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 14 di 25	Rev. 0

Nello specifico di seguito si riportano il numero e le verticali di campionamento con superamento.

Linea ed impianti (PIL e PIDI)

- Totale campioni con superamento CSC (col. A) n° 77
- Totali verticali di campionamento interessate dai superamenti delle CSC n° 33

Piazzole stoccaggio e Allargamenti

- Totale campioni con superamento CSC (col. A) n° 59
- Totali verticali di campionamento interessate dai superamenti delle CSC n° 32

PDE e Impianto Interconnessione

- PDE: Totale campioni con superamento CSC (col. A) n° 10
- PDE Totali verticali di campionamento interessate dai superamenti delle CSC n° 9
- Interconnessione: 2 verticali di campionamento (PI01 e PI02 a 3m), entrambe con superamenti alle CSC (Cobalto, Cromo totale).

SUPERAMENTI DELLE CSC (Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV, D. Lgs. 152/06) Limiti Colonna B								
	Arsenico [50 mg/kg]	Cobalto [250 mg/kg]	Mercurio [5 mg/kg]	Cromo tot [800 mg/kg]	Nichel [500 mg/kg]	Piombo [1000 mg/kg]	Rame [600 mg/kg]	Zinco [1500 mg/kg]
Linea e impianti (PIL-PIDI)	1			1	1			
Piazzole Allargamenti	1	-	-	-	-	-	-	-
PDE/Impianto di Interconnessione	1		1					

Tabella 4.2.B. – Tabella riassuntiva del numero superamenti (Colonna b) delle analisi di laboratorio eseguite fino a marzo 2024. La tabella non tiene conto delle analisi di laboratorio dei campionamenti eseguiti nei mesi di maggio e giugno 2024.

I superamenti dei valori di colonna B si riscontrano in pochi campioni analizzati distribuiti lungo la linea e gli allargamenti.

Nell'Impianto PDE, rispetto ai limiti previsti da colonna B, ritroviamo un superamento di Arsenico (109 mg/Kg campione PQ09-CA04) e uno di Mercurio (15,2 mg/kg campione PQ05-CA01).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 15 di 25	Rev. 0

5 SOVRAPPOSIZIONE PUNTI CON SUPERAMENTI CSC CON L'ATLANTE GEOCHIMICO DELLA REGIONE LIGURIA

Dalla sovrapposizione dei punti di indagine con i valori statistici di Q2 (mediana – mg/Kg) della carta geochimica della Regione Liguria emerge che per gran parte del territorio esiste una buona correlazione tra i superamenti rilevati e la varie classi riportate dall'Atlante Geochimico relativamente agli analiti: Arsenico, Cobalto, Cromo totale, Nichel, Zinco.

Da evidenziare che esiste anche una discreta correlazione tra le concentrazioni del piombo, mentre per il mercurio e il rame le concentrazioni rilevate risultano nettamente maggiori rispetto alle classi geochimiche degli areali in cui sono state riscontrate.

Inoltre, la scarsa diffusione lungo il corridoio analizzato, fa ipotizzare che tali concentrazioni siano riconducibili a fattori antropici, piuttosto che a fenomeni naturali.

In particolar modo il mercurio risulta superiore ai limiti delle CSC soltanto in tre verticali di campionamento ubicate nel comune di Quiliano. Il superamento delle CSC è stato registrato soltanto nel campione superficiale (0 – 1 m) con valori di CSC di 1,3 - 15,2 e 2,6 mg/kg

Le CSC del rame vengono superate in una sola verticale nella parte finale del tracciato con una concentrazione pari a 160 ppm, comunque inferiore ai limiti di colonna B ma più elevata rispetto alla classe dell'atlante geochimico, dove il valore cella in cui ricade la verticale di campionamento presenta una concentrazione di 43 ppm.

Le CSC del piombo vengono superate in tre areali, di cui uno in prossimità della costa, uno nella parte centrale e uno nella parte terminale del tracciato. Complessivamente le verticali interessate dai superamenti sono 7 ed i valori massimi riscontrati sono compresi tra 110 e 180 ppm, sempre inferiori ai limiti imposti dalla colonna B.

Dalla sovrapposizione dei punti di campionamento nei quali sono stati riscontrati dei superamenti delle CSC con la carta geologica si evince anche una buona correlazione tra i valori e le litologie affioranti, come è evidente la correlazione con le classi geochimiche riportate nell'Atlante Geochimico della Regione Liguria.

Per tale motivo si ritiene che i superamenti di Arsenico, Cobalto, Cromo totale, Nichel, Zinco possano essere riconducibili al contesto geologico dell'area attraversata dal tracciato ed in particolare all'origine dei sedimenti e del parent material, derivante da rocce metamorfiche e vulcaniche, che ha originato le terre e i suoli oggetti di indagine.

Al contrario i superamenti di Mercurio, rame e piombo, con ogni probabilità, sono dovuti a fattori antropici o alla sovrapposizione delle attività dell'uomo con i processi naturali .

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 16 di 25	Rev. 0

6 CONSIDERAZIONI SUGLI ELEMENTI CHE SUPERANO LE CSC

Di seguito per gli elementi con superamento delle CSC, viene riportata una breve descrizione sulle principali caratteristiche fisiche e chimiche con particolare riferimento alle litologie ed agli aggregati minerali che li contengono.

Cobalto

Il cobalto è, generalmente, poco presente allo stato nativo, mentre può risultare abbondante nei minerali quali la smaltite e la cobaltite, che si rinvencono in associazione con minerali solforati e arsenicali di ferro, rame e nichel.

Inoltre, i sali e gli ossidi di cobalto venivano utilizzati per colorare il vetro e gli smalti ceramici; il cobalto metallico può essere impiegato per la produzione di leghe speciali in quanto la sua aggiunta agli acciai inossidabili al cromo-nichel ne migliora la resistenza alla corrosione e le proprietà.

È abbondante nei minerali ferro-magnesi come l'olivina, i pirosseni, gli anfiboli e la biotite, minerali comuni nelle rocce magmatiche basiche e ultrabasiche; al contrario è molto scarso nelle rocce magmatiche acide come le trachiti e i graniti, mentre nelle rocce sedimentarie il contenuto di cobalto è in relazione ai materiali di origine (Alloway, 1995).

Le rocce sedimentarie che hanno maggior concentrazione di metalli pesanti, sono quelle terrigene a grana fine (peliti), poiché possono generare suoli e sedimenti ad alto contenuto di metalli pesanti, a causa della carica negativa che si concentra sulla superficie dei minerali argillosi, che tende ad attrarre i metalli pesanti a valenza positiva, a differenza delle rocce sedimentarie a granulometria maggiore, ad esempio arenarie e conglomerati, che tendono ad avere una concentrazione in metalli pesanti notevolmente minore.

Il valore medio per i suoli a scala mondiale è pari a 8.00 mg/kg, con un intervallo di variazione molto ampio, da 1.00 a 40.00 mg/kg, a seconda del materiale da cui si è originato il suolo (Kabata-Pendias e Pendias, 2001).

In genere, nei suoli si concentra negli orizzonti ricchi in sostanza organica ed evidenzia una grande affinità con gli ossidi di ferro e manganese, ai quali si lega in forme praticamente insolubili.

Forme di inquinamento da cobalto, sebbene poco comuni, sono legate alla presenza di fonderie di metalli non ferrosi, mentre minore importanza rivestono la combustione di carbone e il traffico stradale sebbene si siano rilevati valori più elevati nei suoli posti lungo arterie stradali ad alto traffico (Kabata-Pendias e Pendias, 2001).

Nichel

Altro elemento che ha mostrato superamenti in diversi punti di campionamento è rappresentato dal nichel.

È un elemento essenziale per piante, animali e uomo, sebbene in quest'ultimo ne sia ancora sconosciuto il ruolo preciso, probabilmente legato agli enzimi coinvolti nel metabolismo dell'urea (De Vivo et al., 2004). Per quanto riguarda i vegetali la concentrazione nei suoli è tale da non rendere necessari apporti specifici. Come altri elementi in traccia, se presente in alte concentrazioni, il nichel è tossico per piante e animali e potenzialmente cancerogeno per l'apparato respiratorio (ANPA, 1999).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 17 di 25	Rev. 0

Si trova in alte concentrazioni nelle rocce ignee ultramafiche e mafiche, mentre quelle ignee acide e le rocce sedimentarie presentano concentrazioni basse (Alloway, 1995). La concentrazione media del nichel nei suoli del mondo è pari a 40 mg/kg (Alloway, 1995).

Gli apporti antropogenici principali sono dovuti alla combustione di combustibili fossili, in particolare i motori diesel e la combustione di carbone (Alloway, 1995).

Gli apporti nei suoli agricoli sono principalmente dati dai fertilizzanti (per lo più fosfatici), mentre liquami e letami contengono basse concentrazioni dell'elemento (Alloway, 1995). Un apporto significativo può derivare dall'uso di fanghi di depurazione di origine civile o industriale (ERSAF, 2007).

La solubilità del nichel aumenta al diminuire del pH, in particolare con valori inferiori a 6, e della CSC (Alloway, 1995).

Cromo

Il Cromo a basse concentrazioni è un elemento essenziale per la vita delle piante e degli animali, ma allo stesso tempo è tossico e cancerogeno nella forma esavalente (Cr6+). Esiste in diversi stati di ossidazione, ma i più stabili sono quelli trivalente (Cr3+), più comune in natura, ed esavalente (Cr6+), di maggior interesse industriale (Alloway, 1995).

Il Cromo è abbondante nelle rocce magmatiche mafiche e ultramafiche, in quanto nei primi stadi della cristallizzazione frazionata del magma entra a far parte di minerali come spinelli e pirosseni (De Vivo et alii, 2004), mentre nelle rocce magmatiche acide e nelle rocce sedimentarie ha una concentrazione molto più bassa (Alloway, 1995).

Il Cromo trivalente è considerato un elemento stabile nel suolo poiché la sua solubilità decresce all'aumentare del pH e precipita con valori superiori a 5,5; questo determina una bassa concentrazione nelle piante, in particolar modo nella porzione foliare. Il Cromo esavalente, invece, risulta molto instabile nel suolo ed è facilmente mobilizzato, sia in suoli acidi che alcalini (Kabata-Pendias e Pendias, 2001).

La presenza di sostanza organica è fondamentale nel favorire la riduzione da Cromo esavalente a Cromo trivalente, rendendolo indisponibile per le piante. Una possibilità di mobilizzazione del Cromo lungo il profilo del suolo è rappresentata dalla lisciviazione (traslocazione meccanica) delle argille, che possono trasportare in profondità l'elemento a loro associato (Baize, 1997). Nel suolo il Cromo trivalente si trova prevalentemente in forma insolubile all'interno degli ossidi e idrossidi di Ferro e Manganese (Alloway, 1995).

Il valore medio di Cromo nei suoli del mondo è pari a 65 mg/kg, con un range di concentrazione che oscilla tra 20 e 80 mg/kg. Il contenuto nel suolo può aumentare a causa di inquinamenti provenienti da diverse fonti, quali l'emissione in acqua e in atmosfera da impianti industriali per la produzione di pitture, da concerie e da industrie ferriere, oltre che a seguito dell'applicazione al terreno di fanghi di depurazione (Canali et alii, 1997) o dall'impiego di fertilizzanti organici o fosfatici minerali con elevato contenuto di Cromo.

Arsenico

L'arsenico nei suoli può essere presente sia in forma organica e sia inorganica e la sua concentrazione varia in funzione della natura della roccia madre, dei processi pedogenetici e delle caratteristiche idrogeologiche dell'area. La concentrazione di arsenico dovuta a tali fattori è nota come valori di fondo naturale che in molti areali italiani è superiore a valori soglia fissati dalla normativa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 18 di 25	Rev. 0

Inoltre, la presenza di arsenico nei suoli e nelle acque, oltre che da fonti naturali può derivare anche da un'elevata attività antropica, industriale o agricola, in quanto vi è un notevole impiego di acido arsenico e di arseniati di calcio e di sodio negli insetticidi erbicidi e fertilizzanti. Solitamente, l'arsenico introdotto dalle attività antropiche va ad aggiungersi a quello prodotto da fenomeni naturali, come la degradazione del substrato litologico o da altri fenomeni naturali come le eruzioni vulcaniche e i processi pedogenetici.

In particolare, la principale sorgente di arsenico nel suolo è rappresentata dai minerali alluminio-silicati nei quali l'arsenico può sostituire isomorficamente il silicio (Si), l'alluminio (Al) e il ferro (Fe). Altro contenitore importante di arsenico sono sicuramente le falde acquifere dove in alcuni casi può raggiungere concentrazione molto elevate.

Nonostante la coltre pedogenetica abbia la capacità di immagazzinare un elevato contenuto di metalli pesanti e, pertanto, anche di arsenico, la loro mobilità dipende comunque da un elevato numero di fattori (la capacità di scambio cationico, il pH e il potenziale ossido-riduttivo, la granulometria e il contenuto di fosfati e di sostanza organica, etc.).

Nei suoli, in genere, la sua concentrazione oscilla tra 1.00 e 70.00 mg/kg (Kabata-Pendias e Pendias, 2001), con una media pari a 10.00 mg/kg (Alloway, 1995), dove si trova soprattutto sotto forma di solfuro. L'ossidazione porta alla formazione dell'ossido di Arsenico (III e V) che è moderatamente solubile in acqua e, quindi, trasforma quest'ultima in acqua "arsenicale".

La mobilità dell'elemento è fortemente favorita dall'acidità del terreno, in quanto all'aumentare del pH aumenta la dissoluzione degli arseniati di Ferro e Alluminio, frequentemente presenti in abbondanza nei suoli). Anche il potenziale Redox influenza la mobilità dell'arsenico, in quanto in ambienti riducenti esso passa dallo stato di ossidazione V a quello III, molto più solubile e, pertanto, più soggetto a fenomeni di lisciviazione (Kabata-Pendias e Pendias, 2001).

Concentrazioni elevate, comprese tra 100.00 e 2500.00 mg/kg, sono presenti nei suoli in prossimità di fonderie di rame e altri metalli e valori di 700.00 mg/kg sono stati riscontrati anche in suoli agricoli in cui si impiegavano pesticidi ed erbicidi contenenti arsenico. In suoli trattati con pesticidi arsenicali, la persistenza di questi composti è notevole, con un tempo di emivita di 15 anni (Kabata-Pendias e Pendias, 2001).

Zinco

Altro elemento che ha mostrato superamento è rappresentato dallo zinco, il quale è un microelemento essenziale per la vita dell'uomo, degli animali e delle piante superiori, essendo indispensabile nella formazione di diversi enzimi.

Le piante lo assorbono principalmente come catione bivalente (Zn^{2+}) e, per questo motivo, se ne osserva un relativo arricchimento in superficie, a causa del processo noto come plantpumping (Steinnes, 2009); le radici delle piante lo assorbono da uno strato di terreno dello spessore di alcune decine di centimetri, posto a profondità variabile a seconda della tipologia della pianta e lo riconsegnano sulla superficie del suolo a causa della ricaduta di parte o della totalità della pianta stessa al termine del ciclo vitale o produttivo. I successivi processi di redistribuzione lungo il profilo del suolo sono molto lenti e dipendono dalla solubilità dell'elemento, dal trasporto fisico operato dalla fauna presente nel terreno e dal dilavamento delle particelle minerali.

Le colture più sensibili alla carenza di zinco sono il mais, il sorgo, i legumi, la vite e gli alberi da frutto, soprattutto il pesco. Pur non essendo considerato particolarmente fitotossico, tale condizione si raggiunge in un range di concentrazione compreso tra 100.00 e 500.00 mg/kg (Kabata - Pendias e Pendias, 2001), comunemente rilevato in molti suoli.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 19 di 25	Rev. 0

Nelle rocce vulcaniche il contenuto varia da 40.00 mg/kg nei graniti, a 100.00 mg/kg nei basalti; nelle rocce sedimentarie si rilevano valori molto diversi tra loro in funzione della tipologia di sedimento: nei sedimenti argillosi e nelle marne si riscontrano valori compresi tra 80.00 e 120.00 mg/kg mentre le arenarie, i calcari e le dolomie hanno valori nettamente inferiori, compresi tra 10.00 e 30.00 mg/kg (Alloway, 1995).

Nei suoli i valori più comuni variano tra 17.00 e 125.00 mg/kg (Kabata - Pendias e Pendias, 2001) e il contenuto totale dell'elemento è spesso legato al materiale di partenza, sebbene concentrazioni molto elevate (superiori a 150.00 mg/kg) siano spesso dovute ad apporti antropici (Alloway, 1995).

Le principali fonti di apporto di zinco al suolo sono le miniere per l'estrazione di metalli, le industrie che li trattano (galvaniche, fonderie, produzione di batterie, ecc.) e le emissioni gassose generate dal traffico stradale.

Per i suoli agricoli le fonti più importanti sono le deiezioni zootecniche, in quanto lo zinco è usato come integratore alimentare per il bestiame, i fanghi di depurazione, il compost, i fertilizzanti e i pesticidi. Tutti i fertilizzanti, minerali e organici, e gli ammendanti contengono zinco, spesso come impurezza, così come alcuni fungicidi comunemente usati per la lotta fitosanitaria.

Inoltre, lo zinco è considerato abbastanza mobile nel suolo, sebbene, rispetto al contenuto totale, la concentrazione dell'elemento nella soluzione circolante all'interno del terreno sia molto bassa (Alloway, 1995).

Piombo

Il piombo non svolge funzioni biologiche essenziali per gli esseri viventi ed è tossico per le piante e per l'uomo; per quest'ultimo le principali vie di assorbimento sono il tratto gastrointestinale e il sistema respiratorio: una volta assorbito si lega all'emoglobina ed è eliminato con difficoltà (De Vivo et al., 2004). Presenta lunghi tempi di permanenza nel suolo, a confronto con la maggior parte degli inquinanti, a causa della bassa solubilità e del basso tasso di degradazione da parte dei microrganismi; rimane pertanto accessibile alla catena alimentare e al metabolismo umano per lungo tempo (Alloway, 1995).

Prima della messa al bando del Piombo come additivo nella benzina, gli apporti atmosferici erano consistenti e spaziavano da valori annui compresi tra 3 e 31 mg/m² in ambiente rurale e tra 27 e 140 mg/m² in zone industriali e suburbane (Alloway, 1995). I principali apporti antropici al suolo derivano da 5 gruppi di attività:

- utilizzo in passato di composti organo-metallici come antidetonanti nei motori a scoppio; si stima che in passato il 95% del piombo che ricadeva al suolo da deposizioni atmosferiche fosse legato al traffico stradale;
- sorgenti industriali;
- scarti di miniera;
- fanghi di depurazione;
- uso, principalmente nel passato, di pesticidi a base di piombo (arseniati di piombo) in frutticoltura, viticoltura e orticoltura.

A causa del diffuso inquinamento da piombo i suoli ne risultano spesso arricchiti, specialmente in superficie, rispetto alla dotazione naturale. Il contenuto nei suoli non contaminati è compreso nell'intervallo di 10-30 mg/kg (Alloway, 1995), mentre nei suoli in prossimità dei centri urbani e industriali il contenuto varia da 30 a 100 mg/kg; valori superiori indicano delle sorgenti inquinanti prossime al suolo. La mobilità, la solubilità e anche la

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 20 di 25	Rev. 0

biodisponibilità nel suolo sono molto basse in quanto il piombo si lega fortemente alla sostanza organica accumulandosi negli orizzonti di superficie (Baize, 1997).

Rame

È un elemento essenziale per piante e animali, essendo componente di numerose sostanze enzimatiche coinvolte in importanti processi biologici (De Vivo et alii, 2004) ed è per questo usato come integratore alimentare negli allevamenti intensivi assieme allo Zinco (Alloway, 1995). Nell'uomo un elevato accumulo di Rame può avere effetti negativi sul sistema nervoso, sul fegato e sui reni.

È più abbondante nelle rocce ignee mafiche e intermedie, ricche in minerali ferro-manganesiferi, mentre è presente in concentrazioni molto basse nelle rocce carbonatiche. Gli apporti antropici sono dovuti principalmente agli apporti derivanti dall'agricoltura (fitofarmaci, trattamenti fungicidi sulle viti e utilizzo agronomico di liquami zootecnici, fanghi di depurazione e compost) e agli apporti di origine industriale (attività metallurgiche legate alla produzione di composti di Zinco, Piombo e Cadmio). Nel mondo il valore medio nel suolo è di circa 30 mg/kg (Alloway, 1995), con, in linea generale, valori più bassi nei suoli sabbiosi e maggiori nei suoli argillosi. Valori superiori a 100 mg/kg sono da considerare anomali (ERSAF, 2007). Nel suolo si trova legato ai complessi organici, adsorbito alle argille o sugli ossidi e idrossidi di Ferro, Manganese e Alluminio o contenuto nel reticolo cristallino dei minerali (ERSAF, 2007). È considerato un metallo poco mobile se non in condizioni di estrema acidità (Baize, 1997).

Mercurio

È un elemento altamente tossico per l'uomo e gli animali superiori in tutti i suoi composti chimici (Alloway, 1995), i vapori di Mercurio sono assorbiti dai polmoni e provocano danni a livello del sistema nervoso centrale poiché attraversano rapidamente le membrane cellulari; i sali inorganici e i composti organici sono invece assorbiti dal tratto gastrointestinale e si distribuiscono ai vari tessuti attraverso il sangue e hanno, inoltre, effetti teratogeni (De Vivo et alii, 2004).

Tra le forme organiche è importante il metilmercurio, composto prodotto da alcuni microrganismi in presenza dello ione Hg^{2+} , che ha effetti teratogeni, cancerogeni e mutageni. Fortunatamente la biodisponibilità per le piante di questo elemento nel suolo è bassa, grazie all'effetto barriera esercitato dalle radici, in conseguenza del quale il Mercurio risulta scarsamente fitotossico (Alloway, 1995). È il più volatile tra i metalli/metalloidi e quindi maggiormente coinvolto nei processi di trasporto in atmosfera.

Il contenuto di Mercurio nelle rocce è abbastanza ridotto e non si osservano notevoli variazioni tra le diverse tipologie, se non quelle legate all'eventuale contenuto di sostanza organica. Valori di fondo naturale nei suoli sono di difficile determinazione a causa dei fenomeni di inquinamento, ma in genere la concentrazione del Mercurio in superficie non eccede 0,4 mg/kg (Kabata-Pendias e Pendias, 2001). Le fonti antropogeniche principali sono legate ai processi per l'estrazione del Rame e dello Zinco, alla combustione di combustibili fossili, ai processi di produzione industriale, in particolare del Cloro e della soda caustica e alla combustione dei rifiuti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 21 di 25	Rev. 0

Per i suoli agricoli il ricorso ai fertilizzanti commerciali, in particolar modo quelli fosfatici, al letame, ai liquami e ai fanghi di depurazione, così come alle calcinazioni e all'utilizzo di fungicidi e concianti per i semi contenenti Mercurio, pratica in uso qualche decennio fa, potrebbero aver incrementato sensibilmente il contenuto nel terreno di questo elemento (Alloway, 1995). L'accumulo di Mercurio nel suolo è controllato principalmente dalla formazione e dalla precipitazione di complessi organici, di conseguenza la mobilità dipende dai processi di dissoluzione e degradazione della sostanza organica (Kabata-Pendias e Pendias, 2001).

7 PROPOSTA DI CAMPIONAMENTO INTEGRATIVO

7.1 Punti di campionamento

Nei tratti di metanodotto in progetto in cui sono stati riscontrati i superamenti delle CSC per i metalli sopra menzionati, ad eccezione degli areali/punti con superamenti del piombo, del mercurio e del rame, verrà eseguito un campionamento integrativo mirato alla definizione dei valori di fondo naturale.

I punti di campionamento scelti sono ritenuti rappresentativi del contesto litologico, affiorante nei bacini di drenaggio e nei sottesi corsi d'acqua. I punti integrativi sono distribuiti sia lungo il metanodotto in progetto e la cui posizione non si sovrappone ai punti di prelievo già effettuati nelle campagne precedenti, sia sui versanti circostanti e nei relativi corsi d'acqua più importanti, al fine di caratterizzare e verificare possibili correlazioni tra la roccia madre e i sedimenti prodotti.

La maggiore concentrazione dei metalli all'interno nei punti campionati, può essere dovuta ad un apporto di sedimenti derivanti dalla disgregazione chimico-fisica delle rocce affioranti all'interno del bacino di drenaggio, oppure alla presenza di un substrato litologico con caratteristiche geochemiche e mineralogiche tali per cui gli elementi analizzati possono essere presenti all'interno del reticoli cristallino o come fondo geochemico.

Inoltre, in base ai dati ottenuti si vuole verificare una possibile correlazione tra l'origine dei sedimenti e la concentrazione dei metalli sopra menzionati, attraverso una ricerca bibliografica sulla natura geochemica delle litologie affioranti all'interno dei bacini di drenaggio.

Di seguito verranno indicati i punti di campionamento integrativi con indicata la litologia.

Campioni ambientali integrativi	Profondità campione	Coordinata Nord WGS 84 32N	Coordinata Est WGS 84 32N	Descrizione Litologica
VNF1	Superficiale (0,00-0,50)	4903739,46	454779,09	Depositi fluviali attuali e recenti
VNF2	Superficiale (0,00-0,50)	4903966,77	454461,99	
VNF3	Superficiale (0,00-0,50)	4904174,92	453949,43	
VNF4	Superficiale (0,00-0,50)	4904289,03	453531,34	
VNF5	Superficiale (0,00-0,50)	4904391,49	453043,26	
VNF6	Superficiale (0,00-0,50)	4904707,29	453354,48	
VNF7	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4904040,58	453246,97	Formazione di Murialdo: Filladi scure grafitiche, con frequenti lenti di quarzo, locali intercalazioni di metabasiti della formazione di Eze.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 22 di 25	Rev. 0

VNF8	Profondo (0.00 – 1.00, 1.00-2.00 e 2.00-3.00)	4909439,38	445373,06	Subsistema di Dego: Depositi costituiti da ghiaie grossolane arrotondate, con clasti di dimensioni pluricentriche, fino a decimetriche.
VNF9	Profondo (0.00 – 1.00, 1.00-2.00 e 2.00-3.00)	4909780,31	445208,99	
VNF10	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4910138,23	445147,26	Ortogneiss di Vetria
VNF11	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4910606,84	445159,93	
VNF12	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4911020,79	445246,19	Formazione di Murialdo: Metasedimenti fini, che raggruppano rocce di diversa natura
VNF13	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4911379,41	444708,67	Formazione di Molare: Conglomerati mal selezionati con dimensioni molto varie (blocchi fino a 2 metri) in rozze bancate.
VNF14	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4911938,26	444593,65	
VNF15	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4913170,02	444938,86	
VNF16	Profondo (0.00 – 1.00, 1.00-2.00 e 2.00-3.00)	4913672,46	445118,05	Subsistema di Dego: Depositi costituiti da ghiaie grossolane arrotondate, con clasti di dimensioni pluricentriche, fino a decimetriche.
VNF17	Profondo (0.00 – 1.00, 1.00-2.00 e 2.00-3.00)	4913707,20	444653,84	
VNF18	Profondo (0.00 – 1.00, 1.00-2.00 e 2.00-3.00)	4914639,79	444743,64	
VNF19	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4914668,01	444137,03	Formazione di Molare: Conglomerati mal selezionati con dimensioni molto varie (blocchi fino a 2 metri) in rozze bancate.
VNF20	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4915221,29	444168,12	
VNF21	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4916554,14	443710,87	
VNF22	Superficiale (Coltre di ricoprimento + Roccia)	4916671,76	443853,37	
VNF23	Superficiale (0,00-0,50)	4917574,48	442747,64	Subsistema di Rocchetta Cairo: Depositi ghiaiosi e ghiaiosi-sabbiosi
VNF24	Profondo (0.00 – 1.00, 1.00-2.00 e 2.00-3.00)	4918522,87	442813,25	Subsistema di Dego: Depositi costituiti da ghiaie grossolane arrotondate, con clasti di dimensioni pluricentriche, fino a decimetriche.
VNF25	Profondo (0.00 – 1.00, 1.00-2.00 e 2.00-3.00)	4918864,79	443272,36	

Tabella 7.1.A. – Campioni integrativi per la caratterizzazione delle terre e rocce

Per quanto riguarda i superamenti del **Mercurio** (localizzato soltanto nell'area in cui verrà realizzato il PDE nel comune di Quiliano), del **Rame** (localizzato soltanto sul punto PN03 del comune di Cairo Montenotte) e del **Piombo** (localizzato nei punti PN03 e PN24 del comune di Cairo Montenotte, e nell'area del PDE nel comune di Quiliano), verranno proposti ulteriori punti di campionamenti limitrofi a tali aree al fine di verificare i superamenti ed eventualmente a circoscrivere l'area o il tratto lungo la linea in cui tali superamenti non sono più presenti.

Nel caso che tali superamenti sono confermati, ai sensi dell'Art. 242-bis D.Lgs. 152/06 e s.m.i. sarà presentato alla Provincia un "PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA CON PROCEDURA SEMPLIFICATA" al fine di bonificare le aree.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 23 di 25	Rev. 0

7.2 Metodologia di campionamento

Il campionamento sarà eseguito direttamente dal personale della Techfem S.p.A. utilizzando un campionatore a percussione (Fig. 7.2.B), costruito dalla Eijkelkamp per il prelievo di campioni indisturbati e la rapida valutazione della stratigrafia, senza dover ricorrere a trincee onerose da scavare e pesantemente disturbanti. Le carote estratte hanno un diametro di 93 o di 55 mm, a secondo del carotiere utilizzato, per circa 100 cm di lunghezza (Fig. 7.2.A). Il metodo di penetrazione avviene per mezzo di un martello a percussione con motore a benzina. Tra le altre caratteristiche, il cilindro ha un lato aperto, per consentire una prima valutazione del campione o per permettere un sub campionamento del materiale raccolto. Tale sistema garantisce un campionamento di elevata qualità, in quanto non avviene: rimaneggiamento, dilavamento o riscaldamento del terreno, durante la perforazione. Inoltre la lunghezza del carotiere pari a 100 cm circa consente di prelevare campioni composti per orizzonti litologici omogenei.

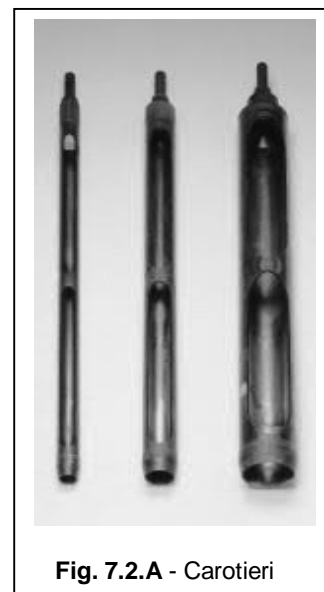


Fig. 7.2.A - Carotieri

Tale attrezzatura di perforazione è facilmente trasportabile e permette di eseguire i carotaggi anche in zone difficilmente accessibili, o coltivate senza danneggiare la coltura in atto.

Per ogni carota estratta della lunghezza di circa 100 cm, è stata rilevata la successione stratigrafica con una attenta valutazione delle caratteristiche fisico-chimiche macroscopiche dei terreni.



Fig. 7.2.B - Campionatore utilizzato per l'esecuzione del sondaggio ambientale per la caratterizzazione i terre e rocce da scavo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 24 di 25	Rev. 0

Per i punti di prelievo superficiale, sarà effettuato un campionamento tramite trivella manuale da pedologia, oppure tramite lo scavo manuale di una piccola buca e successivo campionamento.

I campioni prelevati saranno riposti in appositi contenitori in vetro da 500 ml ed opportunamente etichettati e consegnati al laboratorio.

Per ciascuno dei campioni prelevati saranno confezionate n.3 aliquote, secondo quanto segue:

- Un' aliquota (A) per le analisi presso il laboratorio di parte;
- Una seconda aliquota (B) consegnata ad A.R.P.A Liguria, per le analisi di controllo presso il proprio laboratorio;
- Una terza aliquota (C) per eventuali successivi controlli.

Nelle fasi di campionamento non saranno utilizzate sostanze che possano compromettere la qualità del campione prelevato e la rappresentatività dal punto di vista chimico.

Gli strumenti e le attrezzature utilizzate sono costruiti con materiali idonei a non modificare le caratteristiche delle matrici ambientali e la concentrazione dei vari elementi da analizzare.

In particolare, non saranno utilizzati oli, grassi e corone verniciate.

Sarà verificata la messa a punto ed il corretto funzionamento degli utensili, prima dell'uso effettivo sul sito, in modo da evitare perdite di carburanti, lubrificanti e altre sostanze durante le fasi di perforazione e campionamento.

Alla fine di ogni perforazione tutti gli attrezzi e gli utensili utilizzati saranno decontaminati.

Prima di operare il prelievo sarà garantita la pulizia di strumenti, attrezzi e utensili per evitare potenziali inquinamenti tra i diversi campioni.

In fase di formazione del campione si provvederà, dapprima, ad eliminare in campo la frazione granulometrica superiore ai 2 cm, poi all'omogeneizzazione, su telo impermeabile monouso, mediante quartatura, affinché ciascuna delle aliquote prelevate, sia rappresentativa della medesima porzione di sottosuolo.

7.3 Parametri analizzati

In base alle attività antropiche e di uso del suolo dell'area interessata dal passaggio del metanodotto, sui campioni prelevati sarà determinato il set di parametri analitici riportati di seguito, e che nella campagna di campionamento ambientale presentavano superamenti.

- Arsenico;
- Cobalto;
- Nichel;
- Zinco;
- Cromo totale;

Inoltre in laboratorio, l'espressione dei risultati delle concentrazioni avverrà "in riferimento al passante al 2 mm, non riportando i valori al totale comprensivo dello scheletro", in modo da eliminare l'influenza dello scheletro sui risultati, e ottenere, così, il valore effettivo e reale delle concentrazioni dei metalli ricercati, ai fini della valutazione dei fondi naturali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' --
	LOCALITA' VADO LIGURE (LIGURIA)	REL-VFN-0001	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 25 di 25	Rev. 0

8 CONCLUSIONI

Nelle indagini ambientali preliminari effettuate per le opere in progetto è stato rilevato il superamento delle CSC di alcuni elementi ed in particolare dei metalli **Nichel, Cromo totale, Cobalto, Arsenico e Zinco**.

Per tale motivo, ai sensi dell'art. 11 del D.P.R. 120/2017, si propone di effettuare un ulteriore campionamento allo scopo di verificare se tali superamenti possano essere ricondotti a cause naturali e, di conseguenza, ridefinire dei valori di fondo con valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione superiori a quelli stabilite dalla normativa vigente.

Infatti, dalla bibliografia consultata e dalla consultazione dell'atlante geochimico della Regione Liguria emerge che vi sono alcuni litotipi contenenti concentrazioni di metalli i tra cui nichel, cromo e cobalto superiori a quelli fissati dalla normativa.

La nuova campagna avrà anche lo scopo di verificare possibili correlazioni tra il fondo geochimico dei substrati rocciosi, affioranti sui versanti e nelle zone di cresta ed i sedimenti accumulati nei bassi morfologici e lungo le aste fluviali, al fine di dimostrare che le maggiori concentrazioni degli elementi indicati sono riconducibili al contesto litologico locale e non dipendono da fattori antropici legati ad insediamenti urbani, attività industriali o pratiche agricole.

Nello specifico si propone di effettuare ulteriori **25 verticali punti di campionamento**, come riportato nel file KMZ allegato, con profondità di prelievo variabile in funzione del contesto geologico e della profondità del substrato roccioso.

9 ANNESSI

Annexo 1: KMZ con ubicazione punti di campionamento integrativo