

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 1 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

**Rifacimento metanodotto Livorno – Piombino**  
**DN 750 (30"), DP 75 bar**  
**ed opere connesse**

**Progetto di fattibilità tecnica ed economica**

**RELAZIONE GEOLOGICA**



0	Emissione	Onori	Nisii	Santi	Feb. '22
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 2 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Documenti di Riferimento</b>	<b>4</b>
<b>2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Lineamenti geologico strutturali</b>	<b>5</b>
<b>3 RAPPRESENTAZIONE DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Depositi Superficiali</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Formazioni di Base</b>	<b>9</b>
<b>3.3 Caratterizzazione della scavabilità dei terreni</b>	<b>12</b>
<b>4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b>	<b>15</b>
<b>5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</b>	<b>16</b>
<b>6 INTERFERENZE CON PIANO DI GESTIONE DELLE ALLUVIONI (PGRA) E PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)</b>	<b>18</b>
<b>6.1 Interferenze con il Piano di Gestione delle Alluvioni (PRGA)</b>	<b>19</b>
<b>6.2 Interferenze con il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico</b>	<b>22</b>
<b>6.3 Interferenze con le aree in dissesto censite nel database geomorfologico della Regione Toscana e nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI)</b>	<b>23</b>
<b>7 OPERE DI MITIGAZIONE E RIPRISTINO MORFOLOGICO</b>	<b>26</b>
<b>8 CONSIDERAZIONI FINALI</b>	<b>31</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/20049	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 3 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

## 1. PREMESSA

Il progetto denominato "Rifacimento Met. Livorno-Piombino DN 750 (30"), DP 75 bar e opere connesse" prevede, come intervento principale, la messa in opera di una nuova condotta DN 750 (30") di lunghezza pari a 84,240 km, che fiancheggerà l'attuale metanodotto "Livorno-Piombino DN 400 (16"), MOP 70 bar" in esercizio.

La nuova infrastruttura, in generale, incrementerà l'affidabilità e la flessibilità di trasporto della rete esistente, consentendo, inoltre, il futuro declassamento a MOP 24 bar del gasdotto in esercizio "Livorno-Piombino" citato.

Fanno parte del progetto in esame anche la messa in opera di 7 linee secondarie (Tab. 1/A) e la rimozione di 4 linee secondarie esistenti (Tab. 1/B).

**Tab. 1/A - Linea principale e linee secondarie in progetto**

Denominazione metanodotto	DN (mm)	DP (bar)	Lunghezza (km)
<b>Linea principale</b>			
Rifacimento met. Livorno-Piombino	750	75	84,240
<b>Linee secondarie</b>			
Ricollegamento All.to 4160603 Rosen Rosignano	400	75	0,785
Variante per inserimento PIDI su met. 4160603 Rosen Rosignano	400	75	0,080
Nuova Derivazione dal gasdotto 4160603 Rosen Rosignano	250	75	0,820
Rifacimento All.to Solvay Rosignano	150	75	0,065
Rifacimento All.to Solvay Chimica	150	75	0,055
Rifacimento All.to Comune di Rosignano	100	75	0,025
Rifacimento All.to Tirrenomet	100	75	0,770

**Tab. 1/B - Linee secondarie in dismissione**

Denominazione metanodotto	DN	MOP (bar)	Lunghezza (km)
<b>Linee secondarie</b>			
All.to Solvay di Rosignano	250	70	3,290
Dismissione associata a variante per inserimento PIDI su met. 4160603 Rosen Rosignano	400	75	0,080
Met. All.to TirrenoMet	100	75	0,675
All.to Comune di Rosignano	100	75	0,015

In particolare, il tracciato di progetto si sviluppa nei territori dei comuni di Collesalveti, Rosignano Marittimo, Cecina, Bibbona, Castagneto Carducci, San Vincenzo, Campiglia Marittima e Piombino in Provincia di Livorno e Fauglia, Santa Luce, Castellina Marittima e Riparbella in Provincia di Pisa.

Lo scopo di questa relazione è di fornire una descrizione delle caratteristiche geologiche del territorio interessato dai lavori per la realizzazione del Metanodotto in esame. La caratterizzazione si basa sullo studio dei dati presenti nella letteratura specifica, sui rilievi eseguiti nel corso dei sopralluoghi e sui risultati delle indagini geognostiche completate

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 4 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

in passato all'interno del medesimo corridoio, aggiornate con quelle pianificate ed eseguite nell'ambito dell'attuale fase progettuale.

Si precisa che alcuni aspetti geologici di dettaglio (analisi geomorfologica, studio idrogeologico, analisi della sismicità e dei fenomeni sismo-indotti, studi idraulici) saranno affrontati all'interno di specifiche relazioni, alle quali si rimanda per analisi più approfondite.

## 1.1 Documenti di Riferimento

- [1] REL-CI-E-03027 Relazione Idrogeologica e censimento pozzi e sorgenti
- [2] REL-SIS-E-03023 Analisi areale della stabilità dei versanti
- [3] REL-GEO-E-03022 Relazione geotecnica
- [4] REL-SIS-E-03024 Relazione sismica
- [5] PG-CGD-D-03207 Carta Geologia e Geomorfologica
- [6] PG-DRIF-D-03206 Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), IFFI e SIT Toscana
- [7] REL-GEO-E-03025 Verifica tecnica di compatibilità delle interferenze dell'opera con aree PAI
- [8] REL-GEO-E-03026 Interferenze dell'opera con aree individuate nel catalogo dei fenomeni franosi (IFFI) e nel sistema informativo territoriale e ambientale della regione Toscana.
- [9] REL-IDRO-E-03020 Relazione Idrografico-Idrologica

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> <b>RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO</b> <b>DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 5 di 32</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

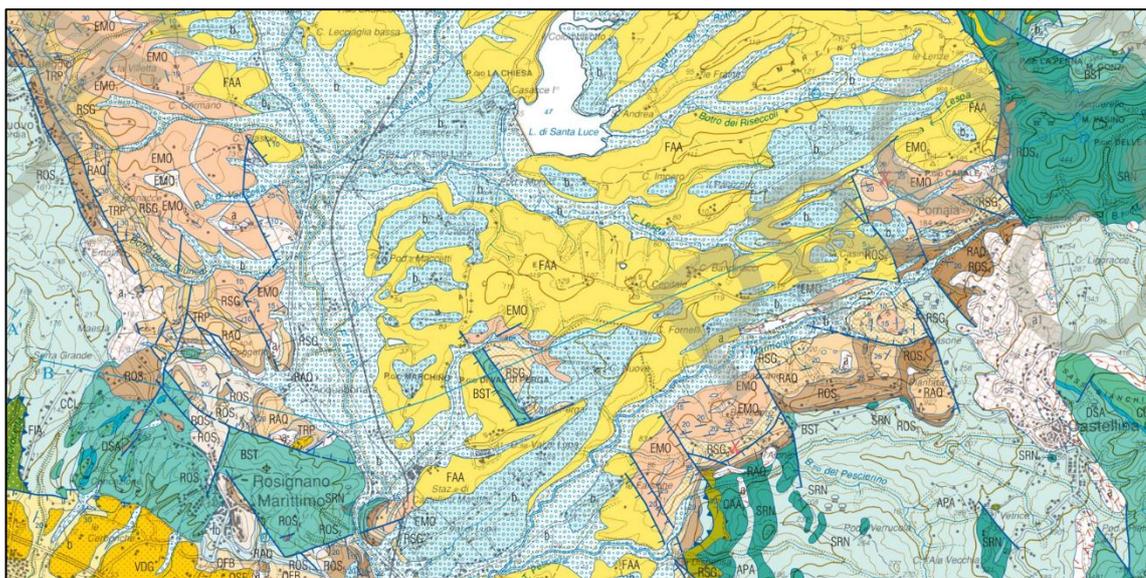
## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il tracciato in progetto si sviluppa per circa 84,240 km, in direzione N-S, dall'esistente impianto di Collesalveti sito in località Mortaiolo, all'Impianto di Piombino.

Il territorio interessato dalla realizzazione del met. Livorno – Piombino DN 750 (30"), DP 75 bar, appartiene alle province di Pisa e Livorno ed è compreso nei Fogli della Carta Geologica Italiana in scala 1:100000 n. 111 "Livorno", n. 112 "Volterra", n. 119 "Massa Marittima" e 127 "Piombino".

La caratterizzazione geologica è stata elaborata utilizzando le informazioni presenti nelle note illustrative della cartografia indicata e in quelle della Carta geologica in scala 1:50000 che tuttavia non è stata ancora resa disponibile per l'intero territorio in esame. Al momento, sono disponibili i fogli n. 273 "Pisa" e n. 284 "Rosignano Marittimo" (Fig. 2/A).

Ulteriori elementi conoscitivi sono stati reperiti consultando la cartografia geologica e geomorfologica disponibile nel Database Geologico della Regione Toscana. Infine, sono stati presi in esame tutti i dati raccolti attraverso le campagne geognostiche condotte e le analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati in campo (REL-GEO-E-03022).



**Fig. 2/A: Estratto della Carta geologica (Foglio 284 – "Rosignano Marittimo") in scala 1:50.000**

### 2.1 Lineamenti geologico strutturali

Il territorio attraversato dall'opera in progetto appartiene al settore centro-occidentale della regione Toscana interessando un'area che si estende dalla parte meridionale della valle del Fiume Arno alla parte settentrionale della Maremma.

Questo settore appartiene ad un tratto di catena appenninica soggetto a deformazioni strutturali verificatesi a partire dal Cretacico inferiore con effetti che possono essere riconosciuti nella configurazione geomorfologica attuale. I movimenti hanno contribuito alla costruzione di un edificio a falde costituito da Unità Autoctone e da una successione di unità Alloctone.

All'interno di tale sistema, nell'Oligocene, si sono sviluppati fenomeni di sedimentazione prevalentemente clastica e torbida dovuti alla presenza di bacini di avanfossa

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 6 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

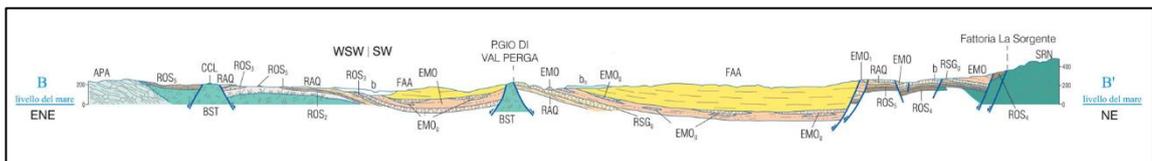
Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

caratterizzati da una forte subsidenza. Il successivo sviluppo sedimentario, Neogenico e Quaternario, è stato ampiamente condizionato da movimenti verticali della crosta con conseguenti variazioni relative del livello del mare.

L'evoluzione tettonica di quest'area è caratterizzata da due fasi successive e distinte.

La prima fase, riferibile al cretaceo superiore, è documentata dalla giacitura discordante delle formazioni paleoceniche ed eoceniche sul complesso ofiolitifero ed è quindi anteriore alla messa in posto dei gruppi alloctoni. In questa fase si verifica la deposizione del Macigno della serie toscana, interrotta dal successivo arrivo dei terreni autoctoni (Alberese, Flysch cretaceo, argille scagliose ofiolitifere).

La seconda fase, più tardiva, interessa i terreni di copertura sovrastanti le formazioni evaporitiche ed è caratterizzata da movimenti prevalentemente rigidi dei vari blocchi delimitati da faglie dirette che determinano una configurazione a gradinate (Fig. 2.1/A).



**Fig. 2.1/A: Sezione geologica rappresentativa dell'area di interesse (Foglio 284 – “Rosignano Marittimo”)**

Lo stile tettonico dei terreni di copertura è ovunque riconoscibile, in particolare nel gruppo montuoso di Campiglia Marittima, che rappresenta l'area dove la serie toscana appartenente ai terreni di copertura si è conservata più integra.

L'assetto strutturale del settore settentrionale dell'area di studio è connesso alla presenza di quattro complessi principali affioranti (note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000 – F.284 “Rosignano Marittimo”):

- il complesso delle formazioni di tipo toscano;
- il complesso delle formazioni del gruppo dell'Alberese;
- il complesso del gruppo delle formazioni del Flysch cretaceo;
- il complesso del gruppo delle formazioni delle Argille Scagliose Ofiolitifere.

Il complesso della serie toscana è caratterizzato da affioramenti che emergono come finestre tettoniche all'interno dei complessi alloctoni che li circondano e risultano parzialmente mascherati dalle formazioni di copertura. Il nucleo della struttura è ubicato nell'area di Casciana Terme-Chianni.

Il complesso del gruppo dell'Alberese ricopre tettonicamente le altre formazioni riferibili al complesso della serie toscana; nell'insieme si presenta come una grande struttura priva di assi ben definiti.

I terreni appartenenti al complesso del Flysch cretaceo ricoprono la formazione dell'Alberese e sono interessati da ampi fenomeni di sovrascorrimento che ha portato interi pacchi di strati a trovarsi in posizione rovesciata.

Il complesso delle Argille scagliose ofiolitifere si trova al di sopra dei flysch ed è tettonicamente caratterizzato da due grosse pieghe con assi in direzione appenninica rovesciate verso NE. La più evidente è ubicata nell'area di Castellina Marittima in prossimità di monte Vitalba e la successiva in prossimità di monte Vasino e monte Vaso. I terreni di copertura (complesso Neoautoctono) occupano un'ampia zona di questo settore e giacciono in trasgressione su tutti i terreni dei complessi precedenti. I terreni di copertura sono stati interessati essenzialmente da movimenti di tipo verticale evidenziati da sistemi di faglie a gradini.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 7 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

L'assetto strutturale del settore meridionale è caratterizzato da un basamento costituito dalle formazioni della Serie Toscana e da quelle evaporitiche del Norico-Retico. Tali successioni sono state interessate da movimenti tangenziali che hanno determinato una configurazione complessa della struttura tettonica.

Le formazioni della serie di copertura (neoautoctone), invece, sono state interessate da movimenti tettonici essenzialmente verticali avvenuti in epoca più tardiva e che hanno determinato una configurazione decisamente più semplice.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 8 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

### 3 RAPPRESENTAZIONE DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE

Lo studio dei caratteri geologici lungo le aree di interesse è stato realizzato a partire dai dati disponibili in letteratura

Sulla base delle cartografie tematiche regionali è stata realizzata una carta geologica in ambiente GIS che ha consentito di determinare le interferenze dei tracciati con le varie formazioni geologiche.

I paragrafi successivi descrivono in maniera sintetica le unità litostratigrafiche rappresentate nella cartografia di riferimento (PG-CGD-D-03207).

#### 3.1 Depositi Superficiali

a1: Frane per le quali non è possibile determinare lo stato di attività

a1a: Frane con indizi di movimento in atto o recenti. Lo stato di attività si basa sull'esame delle immagini da remoto e/o su evidenze geomorfologiche

a1q: Frane con indizi di movimenti antichi, non recenti o relativamente recenti. L'area in frana presenza evidenze geomorfologiche e non si esclude una potenziale riattivazione del processo

a1s: Frane stabilizzate da interventi antropici che ne hanno eliminato le cause predisponenti o scatenanti.

Aa: Deposito di versante massivo o stratificato, caratterizzato da clasti angolosi o sub-angolosi eterometrici, con contenuto variabile di matrice sabbiosa o limosa.

Da: Deposito eolico costituito da sabbie fini e silt di trasporto e deposizione eolica accumulate in dune e cordoni dunali, per lo più in aree costiere

b: Deposito alluvionale attivo e inattivo costituito da sedimenti fluviali all'interno degli alvei di piena ordinaria o da depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati

b2a: Deposito eluvio colluviale costituito da sedimenti a granulometria prevalentemente fine con clasti grossolani. Il meccanismo di deposizione è misto, per gravità e ruscellamento, ai piedi dei versanti e delle scarpate

b4a: Deposito di origine mista. Accumulo caotico di materiale eterogeneo poco o per nulla selezionato all'interno di alvei confinati ad elevata pendenza o al loro sbocco in aree pianeggianti, derivanti da flussi massivi incanalati di origine prevalentemente gravitativa (colate di detrito e di fango)

ea: Deposito lacustre, palustre, lagunare o di colmata

e1a: Deposito lagunare prevalentemente argilloso-siltoso con forte componente organica e possibili sottili alternanze più grossolane, di ambiente lagunare

e3a: Deposito palustre prevalentemente argilloso-siltoso, con abbondante materia organica spesso caratterizzato dalla presenza di paleosuoli o tracce di apparati radicali di vegetazione sia sommersa sia emersa

g2a: Depositi generalmente sciolti, messi in posto ad opera del moto ondoso in ambiente di spiaggia emersa e sommersa la cui tessitura varia a seconda della morfologia del litorale

h1: Discarica di rifiuti

h2: Discarica di miniera

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 9 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

h3: Discarica di cava

h5: Riporto antropico (terrapieno, rilevato stradale o ferroviario, ecc.)

tr: Sedimenti carbonatici generalmente compatti, ben stratificati e fittamente laminati di origine idrotermale (Travertini).

### 3.2 Formazioni di Base

#### Depositi continentali, marini e lacustri

VIL: Depositi continentali Villafranchiani (Pleistocene). La Formazione è caratterizzata da litologie prevalentemente sabbiose ma nella quale si distinguono anche livelli molto variegati; dai conglomeratici agli argillosi. Affiora diffusamente nei rilievi collinari del bacino del Torrente Tora, nei comuni di Collesalveti e Fauglia e nella zona di Rosignano Marittimo.

PLE: Depositi marini Pleistocenici. La Formazione è costituita da un'alternanza tra conglomerati, sabbie e argille. Nell'area di studio prevalgono le litologie sabbiose che affiorano nei rilievi collinari presenti nel comune di Cecina.

PLI: Depositi marini Pliocenici. La Formazione è costituita prevalentemente da sabbie e arenarie giallastre, intercalate a livelli calcarenitici. Affiora alla base dei depositi continentali Villafranchiani e della Formazione delle Argille Azzurre.

FAA: Formazione delle Argille Azzurre. Si tratta di una Formazione prevalentemente argillosa, di colore grigio-azzurro con intercalazioni di livelli sabbiosi, calcarei e calcareo-marnosi. Affiora diffusamente nei rilievi collinari che caratterizzano il primo tratto del tracciato, fino al comune di Castellina Marittima.

EMO: Depositi lacustri post-evaporitici. La Formazione è costituita da argille e argille marnose con livelli di gessi. Affiora alla base della Formazione delle Argille Azzurre, soprattutto nel comune di Collesalveti.

MES: Depositi lacustri post-evaporitici costituiti da conglomerati poligenici. Affiora esclusivamente sui rilievi collinari nel comune di Castagneto Carducci.

SLE: Depositi lacustri del Turoniano. La Formazione è caratterizzata da un'alternanza di conglomerati eterometrici, marne e banchi di gesso. All'interno dell'area di studio, affiora in zone limitate, alla base dei depositi post evaporitici.

ROS: Depositi marini pre-evaporitici. La Formazione è costituita da conglomerati, calcari e calciruditi. All'interno dell'area di studio, affiora in zone limitate, alla base dei depositi post evaporitici.

TRP: Tripoli. Marne e marne sabbiose con affioramenti sporadici e poco estesi.

RAQ: Depositi marini pre-evaporitici. La Formazione è costituita da argille e argille sabbiose con intercalazioni di conglomerati, marne e lenti di gessi. All'interno dell'area di studio, affiora in zone limitate, alla base dei depositi post evaporitici.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 10 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

### Dominio Ligure

APA: Argille a Palombini. La formazione è caratterizzata dagli strati di calcilutiti silicei grigio-ferro (i "Palombini") e da alternanze di strati di argilliti e, in percentuale assai minore, calcilutiti marnose. Affiora nei monti Livornesi e di Castellina Marittima. (*Cretacico*)

CCL: Calcari a Calpionelle. La formazione è costituita da calcilutiti grigio chiare con intercalazioni di argilliti e marne. (*Cretacico*)

DSA: Diaspri. Radiolariti con interstrati argillitici. All'interno dell'area di studio, affiora in zone limitate, nelle zone interne del comune di Campiglia Marittima. (*Malm*)

BRG: Basalti con struttura a Pillow Lava. All'interno dell'area di studio, affiora in zone limitate, nelle zone interne del comune di Rosignano Marittimo. (*Giurassico*)

GBB: Gabbri con filoni basici. All'interno dell'area di studio, affiora in zone limitate, nelle zone interne del comune di Rosignano Marittimo. (*Giurassico*)

PRN: Peridotiti serpentizzate con filoni gabbri e basaltici. All'interno dell'area di studio, affiora in zone limitate, nelle zone interne del comune di Castellina Marittima. (*Giurassico*)

### Dominio Ligure esterno

CAA: Formazione di Lanciaia. La formazione è costituita da argilliti e siltiti con brecce ed elementi ofiolitici e diasprigni. All'interno dell'area di studio, affiora in zone limitate, nelle zone interne del comune di Castellina Marittima. (*Eocene*)

OMT: Flysch di Ottone-Monteverdi. La formazione è costituita da calcari, calcari marnosi, marne e argilliti calcaree torbiditiche con intercalazioni di arenarie e siltiti. All'interno dell'area di studio, affiora nelle zone collinari dei comuni di Collesalveti Castagneto Carducci e San Vincenzo. (*Cretacico - Paleogene*)

RCH: Argilliti e Calcari di Poggio Rocchino. Si tratta di una formazione costituita da argilliti varicolori manganesifere con marne, calcari marnosi e calcareniti. All'interno dell'area di studio, affiora alla base del Flysch di Ottone-Monteverdi. (*Albiano - Campaniano*)

### Dominio Subligure

ACC: Argille e Calcari di Canetolo. Si tratta di torbiditi calcareo marnose in strati da spessi a molto spessi. Affiorano esclusivamente nel comune di San Vincenzo. (*Paleocene - Eocene*)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 11 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

### Dominio Toscano

**MAC:** Macigno. La formazione è costituita da arenarie quarzose in strati di spessore variabile, intercalate da livelli di siltiti. Affiora nelle zone di montagna presenti all'interno del comune di San Vincenzo. (*Oligocene - Miocene*)

**STO:** Scaglia Toscana. La formazione è costituita da argilliti e argilliti siltose di colore rossastro, verdastro e grigio, con intercalazioni di calcilutiti e calcareniti. Affiora nelle zone di montagna presenti all'interno del comune di San Vincenzo. (*Cretacico - Paleogene*)

**DSD:** Diaspri. Radiolariti con interstrati argillitici. All'interno dell'area di studio, affiora in zone limitate, nelle zone interne del comune di Rosignano Marittimo. (*Malm*)

**LIM:** Calcari di Limano. Calcilutiti talvolta marnose, grigio - chiare, ben stratificate, con noduli e liste di selce grigio-chiara e sottili interstrati marnosi. All'interno dell'area di studio, affiora solamente nelle zone interne del comune di San Vincenzo. (*Lias*)

**RSA:** Rosso Ammonitico. Calcari nodulari rosati, rossi o giallastri e calcari stratificati rosa, talvolta con sottili interstrati di marne rosse e rare selci rosse. All'interno dell'area di studio, affiora solamente nelle zone interne del comune di San Vincenzo. (*Lias*)

**MAS:** Calcarea Massiccio. Calcari e calcari dolomitici grossolanamente stratificati e massicci. All'interno dell'area di studio, affiora solamente nelle zone interne del comune di San Vincenzo. (*Lias*)

**RET:** Calcari a Rhaetavicula Contorta. Calcari, calcari dolomitici e dolomie con sottili intercalazioni di marne. All'interno dell'area di studio, affiora solamente nelle zone interne del comune di San Vincenzo. (*Retico*)

### Rocce Metamorfiche

**SKA:** Skarn. Gli skarn sono rocce che si formano a causa di un metamorfismo di contatto tra una roccia carbonatica e un fuso magmatico. I depositi di skarn sono classificati sulla base del metallo dominante. All'interno dell'area di studio, affiora solamente nelle zone interne del comune di San Vincenzo.

### Altre Rocce Magmatiche

**RIO:** Riolite. La riolite è una roccia magmatica ricche di silicio che, dal punto di vista petrografico, è l'equivalente effusivo del granito. Le rocce riolitiche costituiscono la formazione di base dei rilievi più importanti all'interno dell'area di studio e sono presenti in maniera piuttosto diffusa nei comuni di Castagneto Carducci e San Vincenzo.

**GRA:** Granito. Il granito è una roccia magmatica intrusiva formata da feldspati, quarzo e miche. All'interno dell'area di studio, affiora solamente in alcune limitate zone nel comune di San Vincenzo.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

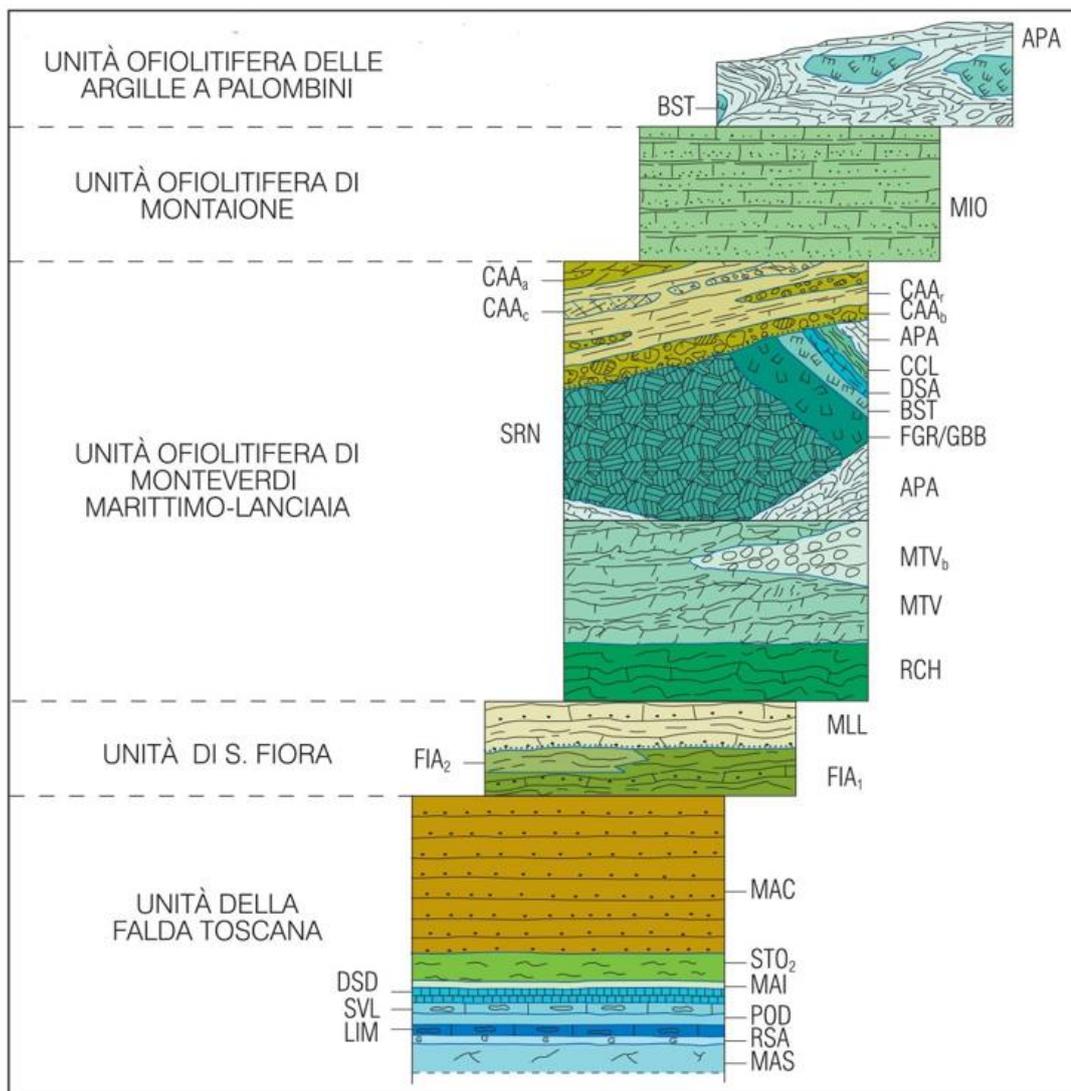


Fig. 3.2/A: Rapporti tra le Unità liguri e toscane

### 3.3 Caratterizzazione della scavabilità dei terreni

Al fine di determinare le caratteristiche dei terreni effettivamente interessati dai lavori di scavo della trincea, si sono verificate le interferenze con la linea di progetto.

Sulla base di quanto precedentemente descritto, i terreni interessati dagli scavi per la posa in opera delle condotte in progetto, possono essere raggruppati nelle seguenti classi di scavabilità (PG-CGD-D-03207):

- **Terre (T)**
  - Depositi superficiali (depositi di frana, depositi alluvionali, depositi di versante ed eluvio-colluviali, depositi lacustri e lagunari, depositi di spiaggia ed antropici)
  - Depositi continentali Villafranchiani
  - Depositi marini pliocenici
  - Formazione delle Argille Azzurre
  - Depositi lacustri post-evaporitici

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 13 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

Si tratta quindi di unità costituite da terre incoerenti a granulometria variabile e da formazioni con un elevato contenuto argilloso e/o marnoso.

- **Rocce tenere (RT)**
  - Rioliti fortemente alterate

In alcuni tratti, le rocce riolitiche mostrano un elevato grado di alterazione, specialmente nelle porzioni più superficiali, e assumono una resistenza equiparabile a quello delle rocce tenere.

- **Rocce dure (RD)**
  - Rioliti compatte

La Tabella successiva (Tabella 3/A), mostra i valori di scavabilità misurati lungo la linea principale di progetto e gli allacciamenti:

**Tab. 3/A: Scavabilità dei terreni**

<b>Met. Livorno-Piombino DN750 (30")</b>		
<b>Litologia</b>	<b>Lunghezza (km)</b>	<b>%</b>
Terre sciolte	82,530	98
Rocce tenere	0,66	0,8
Rocce dure	1,05	1,2
<b>Totale</b>	84,240	100
<b>Ric. All. 4160603 Rosen Rosignano DN 400 (16")</b>		
<b>Litologia</b>	<b>Lunghezza (km)</b>	<b>%</b>
Terre sciolte	0,785	100
Rocce tenere	0	0
Rocce dure	0	0
<b>Totale</b>	0,785	100
<b>Nuova derivazione dal gasdotto 4160603 Rosen Rosignano DN 250 (10")</b>		
<b>Litologia</b>	<b>Lunghezza (km)</b>	<b>%</b>
Terre sciolte	0,820	100
Rocce tenere	0	0
Rocce dure	0	0
<b>Totale</b>	0,820	100

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 14 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

Rif. All. Tirrenomet DN 100 (4")		
Terre sciolte	0,770	100
Rocce tenere	0	0
Rocce dure	0	0
<b>Totale</b>	0,770	100

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 15 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

#### 4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia dell'area in esame deve i suoi lineamenti fondamentali agli intensi movimenti tettonici che si sono sviluppati in tempi relativamente recenti come conseguenza dell'assetto strutturale della regione.

Infatti, nelle aree di affioramento dei complessi calcareo-marnosi e dei complessi marnoso-arenacei, la morfologia è caratterizzata da forme collinari relativamente aspre che rappresentano le aree topograficamente più elevate. Le aree di affioramento delle formazioni costituenti il complesso di copertura, invece, presentano forme pianeggianti variamente terrazzate, o blande forme collinari tipiche dei terreni argilloso-sabbiosi. Localmente sono presenti anche strutture erosive (anche in forma di calanchi) che contrastano morfologicamente con i frequenti blandi versanti argillosi. Questi ultimi si raccordano tramite cospicui corpi eluviali con i piatti fondovalle tutti caratterizzati da abbondanti depositi alluvionali.

Gli elementi morfologici prevalenti nel settore meridionale sono legati allo schema idrografico dell'area costituito da una vasta fascia costiera modellata da una serie di bacini minori posti fra il bacino del Cecina a Nord e del Cornia a Sud.

La fascia dei bacini minori è caratterizzata dalla presenza di una pianura costiera orlata di dune nella quale la parte più bassa è di recente alluvionamento mentre verso Est, dove affiorano depositi quaternari marini, le quote topografiche si elevano. In quest'area le valli si presentano incise e con andamento sub-parallelo. Negli altri bacini, la rete idrografica presenta invece il caratteristico andamento ramificato, legato alla presenza di terreni caratterizzati da scarsa coesione e forte propensione all'erosione. In questo ambiente il trasporto solido assume valori importanti favorendo l'accumulo dei depositi alluvionali di fondovalle che, nei corsi d'acqua principali, assumono una notevole estensione.

I maggiori rilievi sono dovuti all'evoluzione strutturale di questo settore appenninico; il gruppo dei Monti di Campiglia, culminante con il monte Calvi (m 646) si presenta come una struttura emergente in un paesaggio collinare e corrisponde ad una elevazione tettonica (horst), delimitata da faglie dirette, che si accompagna alla presenza del plutone granodioritico.

Anche nelle parti più occidentali, i rilievi più alti corrispondono a blocchi tettonici nei quali la serie toscana emerge dai terreni alloctoni che ne fasciano la base.

Ad esclusione degli affioramenti della serie toscana a prevalente morfologia calcarea con pareti ripide e nude, l'assetto morfologico è caratterizzato da versanti poco ripidi e da quelle forme irregolari che sono la conseguenza di una grande eterogeneità di terreni caratterizzati principalmente da scarsa coesione.

Le analisi di versante sono state sviluppate anche attraverso le informazioni topografiche ottenute partendo da un DTM (Digital Terrain Model) avente una risoluzione di 10m e determinando i profili e le pendenze in tutta l'area d'interesse.

Le metodologie utilizzate e i risultati ottenuti sono descritti nell'elaborato "Analisi areale della stabilità dei versanti" (REL-SIS-E-03023), al quale si rimanda per maggiori dettagli.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 16 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

## 5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'elemento più appariscente del settore settentrionale è rappresentato dalla Val d'Era che si sviluppa approssimativamente in direzione appenninica, lungo l'asse di una depressione tettonica recente. Le valli dell'Arno a Nord e della Cecina a Sud, invece, corrono con direzione sostanzialmente trasversale rispetto agli assi strutturali, sebbene la prima sia impostata su una depressione tettonica, mentre la seconda abbia una genesi erosiva.

Il reticolo secondario è sostanzialmente impostato lungo linee strutturali con direzione appenninica con forme morfologiche che risentono fortemente delle litologie locali.

Gli elementi morfologici prevalenti nel settore meridionale sono legati allo schema idrografico dell'area costituito da una vasta fascia costiera modellata da una serie di bacini minori posti fra il bacino del Cecina a Nord e del Cornia a Sud.

La fascia dei bacini minori è caratterizzata dalla presenza di una pianura costiera orlata di dune nella quale la parte più bassa è di recente alluvionamento mentre verso Est, dove affiorano depositi quaternari marini, le quote topografiche si elevano. In quest'area le valli si presentano incise e con andamento sub-parallelo. Negli altri bacini, la rete idrografica presenta invece il caratteristico andamento ramificato, legato alla presenza di terreni caratterizzati da scarsa coesione e forte propensione all'erosione. In questo ambiente il trasporto solido assume valori importanti favorendo l'accumulo dei depositi alluvionali di fondovalle che, nei corsi d'acqua principali, assumono una notevole estensione.

L'assetto idrogeologico del settore settentrionale è caratterizzato dalla presenza di spessi depositi quaternari della piana meridionale dell'Arno. Tali depositi sono costituiti sostanzialmente da argille e argille limose, porose, ma a permeabilità molto bassa ( $K = 10^{-6} - 10^{-8}$  m/sec) con conseguente "risposta idraulica molto lenta".

La circolazione di tipo "freatico" è piuttosto scarsa ma si osserva una saturazione e sovrasaturazione molto elevata che alimenta i pozzi utilizzati per uso domestico – agricolo. Una modesta circolazione sembra essere presente a profondità inferiori di 5 m dall'attuale p.c. È nota però anche una circolazione di tipo artesiano, più profonda e più importante.

Procedendo verso sud, si entra nel Comune di Rosignano Marittimo, nel quale gli studi bibliografici hanno permesso di ricostruire la seguente idrostratigrafia (dall'alto verso il basso):

- 1) acquicludo superficiale costituito da limo – argilloso ed argilla fluviale, con spessore medio di circa 5 metri;
- 2) acquifero superficiale costituito da livelli di ghiaie fluviali di medie dimensioni; questo orizzonte (con un certo grado di artesianità) non è continuo, può raggiungere lo spessore di 2,5 m, con produttività piuttosto modesta;
- 3) acquicludo intermedio, costituito da argille e limi di origine alluvionale e fluvio – lacustre, continuo, con uno spessore medio di 13 m;
- 4) acquifero basale, formato da ghiaie ben assortite, da centimetriche a decimetriche; costituisce l'acquifero principale della pianura alluvionale del Fine.

Il Comune di Cecina è caratterizzato, dal punto di vista idrogeologico, dalla presenza di un sistema multistrato con il comportamento di una monofalda.

All'interno di tale sistema, i depositi superficiali, con spessori complessivi dell'ordine di 15-18 metri non costituiscono acquiferi sfruttabili; l'acquifero sfruttato, soprattutto per

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 17 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

scopi idropotabili, è localizzato all'interno degli strati calcareo – sabbiosi presenti tra la profondità di 20 e 90 metri.

Nelle zone di pianura del Comune di Bibbona, dove più diffusamente affiorano le sabbie continentali, questi sedimenti non sono sede di falde freatiche e/o semiconfinate. I pozzi hanno profondità variabili da un minimo di 60 metri ad un massimo di 100 metri tali da attingere alla falda contenuta nei sottostanti calcari.

L'unità idrogeologica della pianura costiera di Castagneto Carducci presenta, invece, una piezometria non particolarmente depressa e nel complesso il livello statico della falda idrica profonda si attesta, in condizioni dinamiche, a profondità anche inferiori a 5 m dal piano campagna. Il comportamento della falda in pressione è legato all'andamento delle precipitazioni nel corso dell'anno.

In corrispondenza del limite amministrativo tra il Comune di Castagneto Carducci e San Vincenzo, si trova l'unità delle vulcaniti (RIO – rioliti), all'interno della quale si sviluppa una limitata circolazione idrica secondaria; pertanto, il suo interesse è limitato ad un possibile contributo di ricarica alle falde del terrazzo pleistocenico di San Vincenzo.

A sud di San Vincenzo, è presente un'unità idrogeologica che si sviluppa sul terrazzo costiero, si sovrappone e passa lateralmente all'unità della Pianura del Cornia ed è caratterizzata dalla presenza di un acquifero freatico.

L'unità idrogeologica dell'acquifero multistrato della Pianura del Cornia occupa praticamente tutta l'area di pianura del territorio comunale di Campiglia Marittima.

L'unità presenta caratteristiche diverse all'interno del territorio comunale. Nell'area attraversata dall'opera in progetto, l'acquifero diviene multistrato con frequenti strutture lentiformi di canale nei subalvei.

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto sono descritte nella "Relazione Idrogeologica e censimento pozzi e sorgenti" (REL-CI-E-03027), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 18 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

## 6 INTERFERENZE CON PIANO DI GESTIONE DELLE ALLUVIONI (PGRA) E PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Per quanto riguarda l'analisi della pericolosità idraulica si farà riferimento Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale approvato con DPCM del 26 Ottobre 2016 e pubblicato con Gazzetta Ufficiale n. 28 del 3 Febbraio 2017: Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA) delle Units of Management (U.O.M) Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone.

Con l'adozione del PGRA, il Piano stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) ha visto modificato i propri contenuti per quanto riguarda la pericolosità idraulica.

Per quanto riguarda le UoM Arno e UoM Toscana Costa, i temi relativi alla pericolosità e rischio idraulico, con lo scopo di semplificarli e aggiornarli secondo quanto previsto dalla normativa europea, direttiva "alluvioni" 2007/60/CE e DLgs 49/2010) sono trattati nel PGRA e nella relativa disciplina di piano.

Nel PGRA le classi di pericolosità fluviale sono state riviste seguendo le indicazioni della direttiva europea, pertanto, la rappresentazione della pericolosità avviene attraverso tre classi in funzione della frequenza di accadimento dell'evento (quindi con pericolosità elevata si indica una maggiore frequenza di accadimento):

- P1 Pericolosità Bassa
- P2 Pericolosità Media
- P3 Pericolosità Elevata

La norma principale su cui è impostata tutta la disciplina del PGRA è che, sia nelle aree a pericolosità elevata che media, qualsiasi intervento edificatorio deve eventualmente essere realizzato in maniera tale da non provocare dei rischi per i beni esistenti e in condizioni tali da poter gestire il rischio a cui è soggetto. Nelle norme si parla di "gestione" del rischio e non di "annullamento": eventuali nuove realizzazioni non devono portare rischio agli altri e devono gestire il proprio.

In conseguenza dell'adozione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del bacino del fiume Arno, la cartografia del PAI è relativa esclusivamente alla pericolosità da frana e da fenomeni geomorfologici di versante.

La riforma delle Autorità di bacino distrettuali, avviata con l'art. 51 della legge 28 dicembre 2015, n. 221 e attuata con il d.m. n. 294 del 25 ottobre 2016 e il successivo d.p.c.m. 4 aprile 2018, ha introdotto a scala nazionale un nuovo assetto di governance distrettuale, articolato su 7 distretti idrografici cui fanno capo altrettante Autorità.

Ai sensi del nuovo art. 64 comma 1 lettera c) del d.lgs. 152/2006 il distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale è stato ridefinito e comprende, nell'attuale configurazione, i bacini idrografici del fiume Arno, del fiume Serchio, del fiume Magra nonché i bacini regionali della Liguria e della Toscana

A partire dall'avvio operativo dell'Autorità di bacino distrettuali, e dal passaggio di competenza degli ex bacini regionali toscani al Distretto Settentrionale, è stato avviato un percorso di omogeneizzazione delle modalità e dei criteri di modifica ed integrazione del PAI che attualmente interessa l'Arno, l'Ombrone e i bacini del Toscana Costa e Toscana Nord.

Relativamente alla pericolosità geomorfologica e da dissesti di natura geomorfologica si dovrà quindi far riferimento alla "Variante generale ai vigenti Piani stralcio Assetto Idrogeologico dei bacini del fiume Arno e del fiume Serchio e dei bacini regionali toscani", avente ad oggetto la revisione dei quadri normativi e delle classi di pericolosità degli stessi ai fini della loro integrazione e unificazione a scala territoriale regionale toscana nell'ambito del distretto dell'Appennino Settentrionale.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 19 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

## 6.1 Interferenze con il Piano di Gestione delle Alluvioni (PRGA)

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, dall'analisi della cartografia del PGRA si evince che l'opera oggetto del presente studio attraversa alcune aree a pericolosità idraulica elevata - P3 ed altre aree a pericolosità idraulica media - P2.

I tratti di interferenza con gli ambiti di competenza del PGRA del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, sono riportati in Tabella 6.1/A (PG-DRIF-D-03206):

**Tab. 6.1/A: Tabella riepilogativa PGRA – Pericolosità idraulica**

Da (Km)	A (Km)	Percorrenze (Km)	Comune	Tipologia Vincolo	Denominazione
<b>Metanodotto Livorno-Piombino DN 750(30") DP 75 bar</b>					
0.000	0.785	0.785	Collesalvetti	P.I. 3	Arno
0.785	0.925	0.140		P.I. 2	Arno
1.130	1.200	0.070		P.I. 2	Arno
1.200	1.225	0.025		P.I. 3	Arno
1.225	1.270	0.045		P.I. 2	Arno
2.380	2.420	0.040		P.I. 3	Arno
5.280	7.815	2.535		P.I. 2	Arno
7.815	7.825	0.010		P.I. 3	Arno
7.825	7.845	0.020		P.I. 3	Arno
7.845	7.925	0.080	Fauglia	P.I. 2	Arno
7.925	7.930	0.005		P.I. 3	Arno
7.930	7.955	0.025		P.I. 2	Arno
7.955	7.965	0.010		P.I. 3	Arno
7.965	8.385	0.420		P.I. 2	Arno
9.700	9.705	0.005		P.I. 2	Arno
18.315	21.320	3.005	Rosignano Marittimo	P.I. 2	Regionale Toscana Costa
21.320	21.870	0.550	Santa Luce	P.I. 3	Regionale Toscana Costa
21.870	22.240	0.370		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
22.240	22.270	0.030		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
22.270	22.290	0.020	Rosignano Marittimo	P.I. 3	Regionale Toscana Costa
22.290	22.965	0.675		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
22.965	22.975	0.010		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
22.975	22.980	0.005	Santa Luce	P.I. 3	Regionale Toscana Costa
22.980	23.340	0.360		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
23.570	24.200	0.630		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
24.200	24.265	0.065	Rosignano Marittimo	P.I. 3	Regionale Toscana Costa
24.265	24.275	0.010		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
24.275	25.585	1.310		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
25.950	27.490	1.540	Rosignano Marittimo	P.I. 2	Regionale Toscana Costa
27.490	27.780	0.290		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
27.780	27.810	0.030		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
27.810	27.990	0.180	Castellina Marittima	P.I. 2	Regionale Toscana Costa
29.105	29.205	0.100		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
29.205	29.255	0.050		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
29.255	29.420	0.165		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
30.460	30.510	0.050		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
30.510	30.550	0.040		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
30.550	30.800	0.250		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
30.800	30.820	0.020		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
30.820	30.920	0.100		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
32.955	32.990	0.035		P.I. 2	Regionale Toscana Costa



PROGETTISTA

COMMESSA  
NR/20049UNITA'  
000

LOCALITA'

REGIONE TOSCANA

REL-CGD-E-03021

PROGETTO / IMPIANTO

RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO  
DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 20 di 32

Rev.  
0

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

Da (Km)	A (Km)	Percorrenze (Km)	Comune	Tipologia Vincolo	Denominazione	
32.990	33.015	0.025		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
33.015	33.085	0.070		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
33.770	33.830	0.060		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
34.050	34.110	0.060		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
34.110	34.125	0.015	Cecina	P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
37.855	38.095	0.240		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
38.095	38.120	0.025		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
38.120	38.135	0.015	Riparbella	P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
38.135	38.205	0.070		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
38.205	39.010	0.805		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
39.010	39.245	0.235	Cecina	P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
39.245	39.300	0.055		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
39.305	39.320	0.015		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
39.325	39.600	0.275		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
45.280	45.285	0.005	Bibbona	P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
45.745	45.750	0.005		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
46.150	46.165	0.015		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
46.475	46.530	0.055		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
46.530	46.540	0.010		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
47.010	47.100	0.090		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
47.100	47.170	0.070		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
47.170	47.200	0.030		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
47.450	47.455	0.005		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
47.735	47.745	0.010		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
47.745	47.800	0.055		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
47.910	48.040	0.130		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
48.040	48.100	0.060		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
48.100	48.110	0.010		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
48.610	48.645	0.035		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
48.645	48.790	0.145		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
48.940	49.190	0.250		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
49.190	49.250	0.060		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
49.250	49.620	0.370		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
50.465	50.610	0.145		Castagneto Carducci	P.I. 2	Regionale Toscana Costa
50.610	50.645	0.035			P.I. 3	Regionale Toscana Costa
50.645	50.805	0.160			P.I. 2	Regionale Toscana Costa
51.215	52.995	1.780			P.I. 2	Regionale Toscana Costa
54.370	54.495	0.125			P.I. 2	Regionale Toscana Costa
54.495	54.530	0.035			P.I. 3	Regionale Toscana Costa
54.530	57.265	2.735			P.I. 2	Regionale Toscana Costa
60.140	60.195	0.055			P.I. 3	Regionale Toscana Costa
60.885	60.930	0.045			P.I. 3	Regionale Toscana Costa
65.845	65.850	0.005	P.I. 2		Regionale Toscana Costa	
65.850	65.920	0.070	San Vincenzo	P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
67.500	67.510	0.010		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
67.860	67.875	0.015		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
67.875	67.885	0.010		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
67.885	67.900	0.015		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
69.165	69.205	0.040		P.I. 3	Regionale Toscana Costa	
70.295	71.105	0.810		P.I. 2	Regionale Toscana Costa	
71.550	71.680	0.130	P.I. 2	Regionale Toscana Costa		



PROGETTISTA

COMMESSA  
NR/20049UNITA'  
000

LOCALITA'

REGIONE TOSCANA

REL-CGD-E-03021

PROGETTO / IMPIANTO

RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO  
DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 21 di 32

Rev.  
0

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

Da (Km)	A (Km)	Percorrenze (Km)	Comune	Tipologia Vincolo	Denominazione
71.680	71.705	0.025	Campiglia Marittima	P.I. 3	Regionale Toscana Costa
71.705	72.005	0.300		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
72.005	72.015	0.010		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
72.015	72.130	0.115		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
73.350	74.100	0.750		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
74.100	74.430	0.330		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
76.365	76.385	0.020		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
76.385	76.740	0.355		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
76.740	78.130	1.390		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
78.130	78.220	0.090		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
78.220	78.470	0.250		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
78.470	78.630	0.160		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
78.630	79.755	1.125		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
79.755	80.885	1.130		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
80.885	81.705	0.820		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
81.705	84.240	2.535		Piombino	P.I. 2
<b>Ricollegamento All.4160603 Rosen Rosignano DN 400 (16"), DP 75 bar</b>					
0.720	0.785	0.065	Castellina Marittima	P.I. 2	Regionale Toscana Costa
<b>Nuova Derivazione dal gasdotto 4160603 Rosen Rosignano DN 250(10"), DP 75 bar</b>					
0.000	0.885	0.885	Rosignano Marittimo	P.I. 3	Regionale Toscana Costa
<b>Rif.All.Tirrenomet DN 100 (4"), DP 75 bar</b>					
0.000	0.465	0.465	Rosignano Marittimo	P.I. 3	Regionale Toscana Costa
0.465	0.490	0.025		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
<b>Dismissioni</b>					
<b>All.to Solvay di Rosignano DN 250 (10") MOP 70 bar</b>					
0.000	0.475	0.475	Castellina Marittima	P.I. 2	Regionale Toscana Costa
0.475	1.275	0.800	Rosignano Marittimo	P.I. 2	Regionale Toscana Costa
1.275	1.295	0.020		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
1.295	1.655	0.360		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
1.655	2.110	0.455		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
2.110	2.185	0.075		P.I. 2	Regionale Toscana Costa
2.185	3.230	1.045		P.I. 3	Regionale Toscana Costa
<b>Met.All.TirrenoMet DN 100(4") MOP 75 bar</b>					
0.000	0.400	0.400	Rosignano Marittimo	P.I. 3	Regionale Toscana Costa
0.400	0.420	0.020		P.I. 2	Regionale Toscana Costa

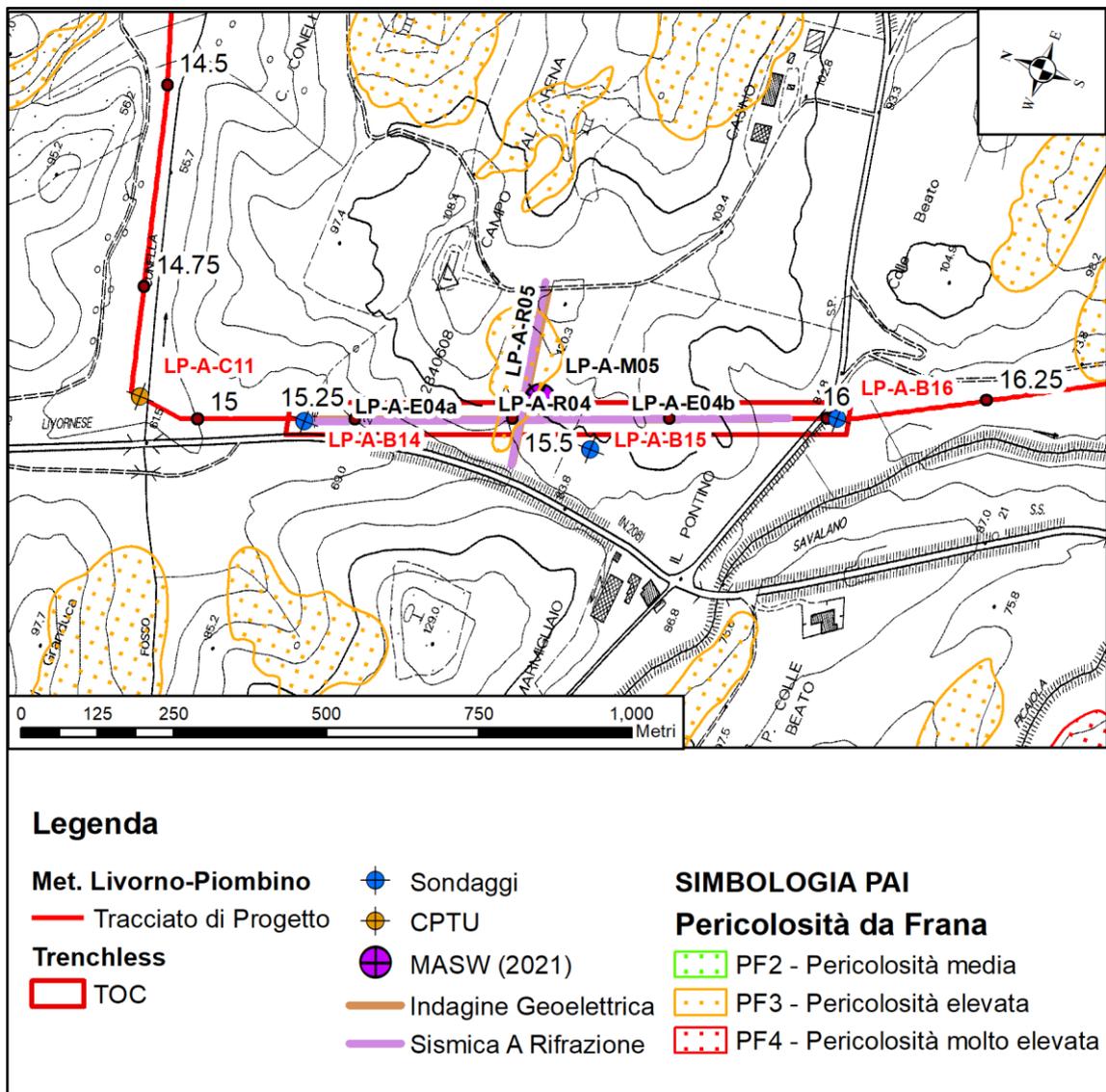
La norma principale su cui è impostata tutta la disciplina del PGRA non pone particolari restrizioni all'attraversamento di queste aree infatti prevede che, sia nelle aree a pericolosità elevata che media, qualsiasi intervento deve eventualmente essere realizzato in maniera tale da non pregiudicare l'attuale assetto idraulico dei corsi d'acqua in modo da non provocare dei rischi per i beni esistenti e in condizioni tali da poter gestire il rischio a cui è soggetto.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/20049	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 22 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

## 6.2 Interferenze con il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Per quanto riguarda il pericolo da frana (Tab. 6.2/A), dall'analisi della cartografia del PAI del distretto Appennino Settentrionale, a valle della "Variante generale ai vigenti Piani stralcio Assetto Idrogeologico dei bacini del fiume Arno e del fiume Serchio e dei bacini regionali toscani" risulta che il tracciato in progetto attraversa, in corrispondenza di un tratto con tecnologia di posa trenchless, un'area potenzialmente instabile definita con una classe di pericolosità elevata PF3 (Fig. 6.2/A), per una lunghezza di soli 0,045 km (PG-DRIF-D-03206).



**Fig. 6.2/A: Ubicazione dell'area a pericolosità elevata (PF3) interferita dal tracciato del metanodotto in progetto**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/20049	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 23 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

**Tab. 6.2/A: Tabella riepilogativa Pericolosità da Frana**

Da (Km)	A (Km)	Percorrenza. (Km)	Comune	Classe di pericolosità
<b>Metanodotto Livorno-Piombino DN 750(30") DP 75 bar</b>				
15,480	15,525	0,045	Collesalvetti	PF3

In corrispondenza del dissesto cartografato, si è stabilita una metodologia di posa in trenchless (TOC – Rif. NR20049-AT-7C-01212) che prevede un passaggio a profondità superiori rispetto alle possibili superfici di scivolamento del movimento gravitativo, definite tramite le indagini e i rilievi eseguiti.

L'area è stata oggetto di una verifica di compatibilità (REL-GEO-E-03025), nella quale si esclude ogni interferenza con l'opera in progetto che, di fatto, non modifica le condizioni di pericolosità definite per tale area.

### 6.3 Interferenze con le aree in dissesto censite nel database geomorfologico della Regione Toscana e nell'Inventario dei Fenomeni Fransi Italiani (IFFI)

La Regione Toscana ha realizzato un Database geologico che raccoglie numerosi livelli informativi resi disponibili per la consultazione tramite piattaforma web e tramite strumenti GIS. All'interno del geodatabase morfologico, sono raccolti i corpi fransivi censiti all'interno di differenti fonti: Autorità di bacino, progetti specifici regionali, provinciali e comunali, IFFI e ISPRA, ecc.

**Tab. 6.3/A: Tabella riepilogativa Interferenza con versanti instabili (DB Toscana)**

Da (Km)	A (Km)	Percorrenza. (Km)	Comune	Tipologia Vincolo	Denominazione
<b>Metanodotto Livorno-Piombino DN 750(30") DP 75 bar</b>					
15,480	15,525	0,045	Collesalvetti	FD - Fransività diffusa	Quiescente
31,260	31,375	0,115	Castellina Marittima	S - Frane di scivolamento e colata lenta	Quiescente
31,390	31,515	0,125		S - Frane di scivolamento e colata lenta	Quiescente

Nel DB IFFI, l'area nel comune di Collesalvetti risulta lievemente più ampia dell'area corrispondente presente nel DB della Regione Toscana e nel PAI (Fig. 6.3/A).

**Tab. 6.3/B: Tabella riepilogativa Interferenza con versanti instabili (IFFI)**

Da (Km)	A (Km)	Percorrenza (Km)	Comune	Denominazione
<b>Metanodotto Livorno-Piombino DN 750(30") DP 75 bar</b>				
15,470	15,540	0,070	Collesalvetti	Frane di Crollo e Ribaltamento
31,260	31,375	0,115	Castellina Marittima	Frane di Crollo e Ribaltamento
31,390	31,515	0,125		Frane di Crollo e Ribaltamento



PROGETTISTA



COMMESSA  
NR/20049

UNITA'  
000

LOCALITA'

REGIONE TOSCANA

REL-CGD-E-03021

PROGETTO / IMPIANTO

RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO  
DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 24 di 32

Rev.  
0

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

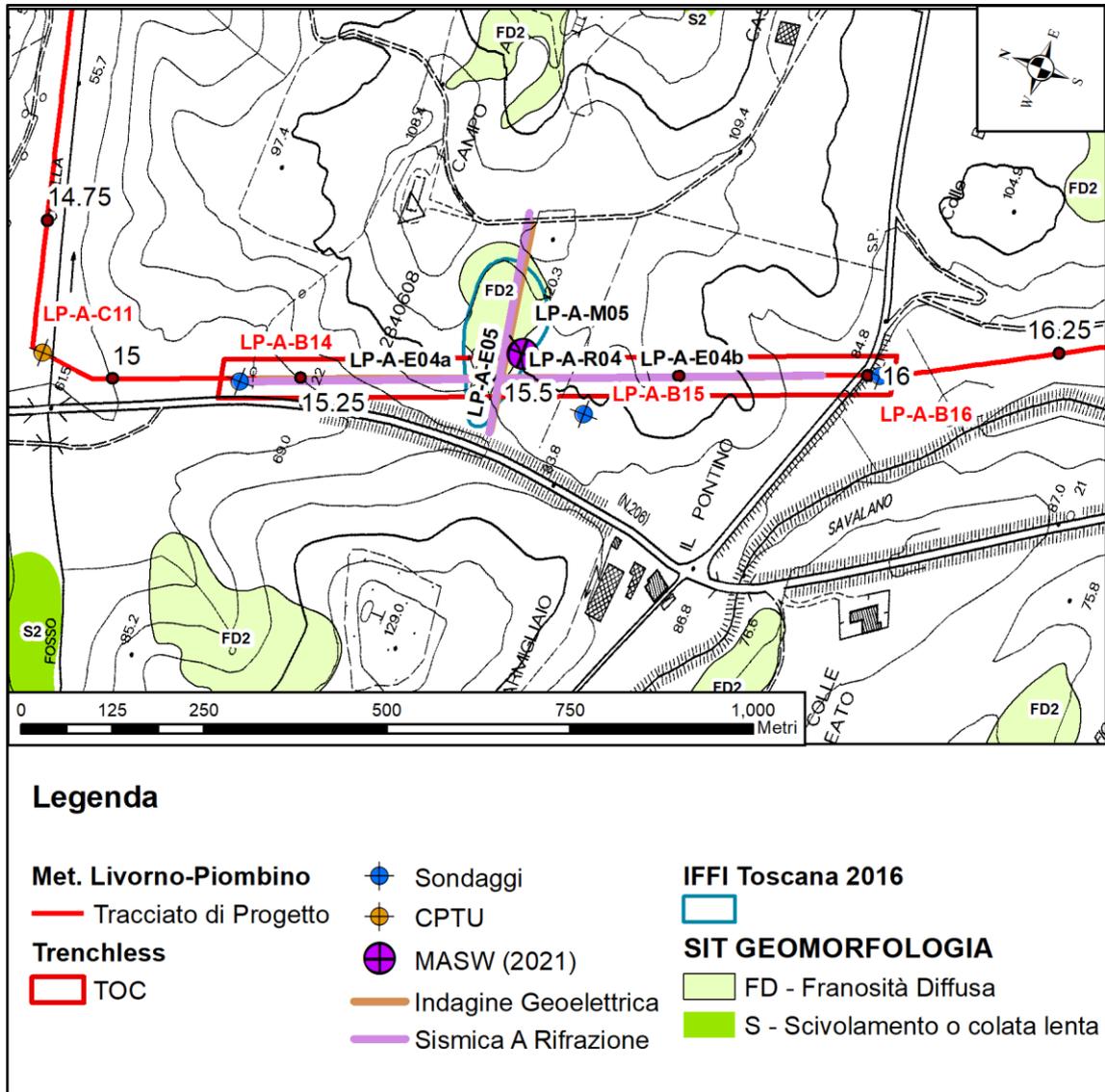


Fig. 6.3/A: Ubicazione dell'area censita nel comune di Collesalvetti



PROGETTISTA

COMMESSA  
NR/20049UNITA'  
000

LOCALITA'

REGIONE TOSCANA

REL-CGD-E-03021

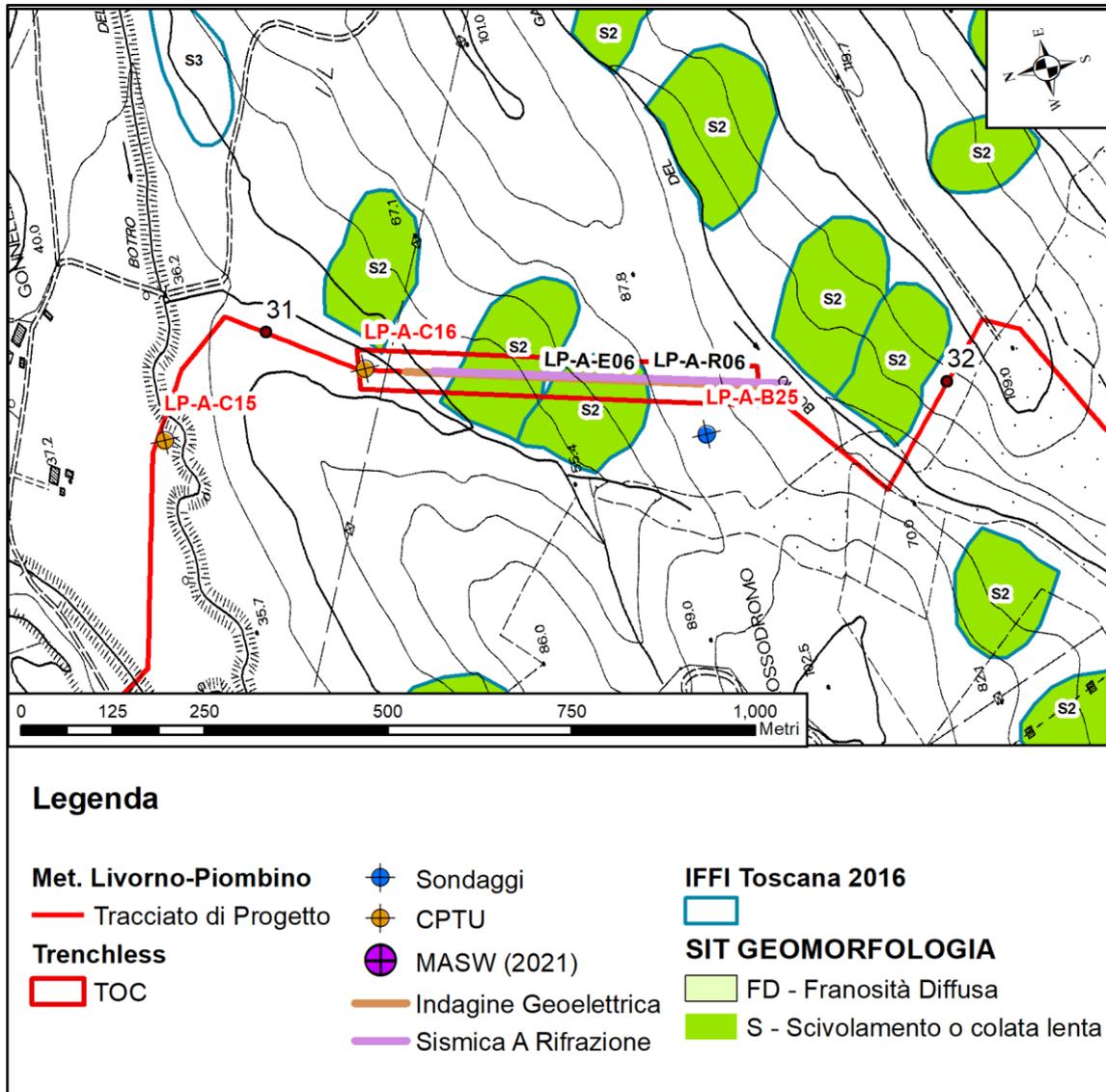
PROGETTO / IMPIANTO

RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO  
DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 25 di 32

Rev.  
0

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021



**Fig. 6.3/B: Ubicazione delle aree censite nel comune di Castellina Marittima**

Come nel caso dell'interferenza con l'area PAI, anche in corrispondenza dei dissesti cartografati nel DB della Regione Toscana e dell'IFFI, si è stabilita una metodologia di posa in trenchless (TOC – Rif. NR20049-AT-5C-01317) che prevede un passaggio a profondità superiori rispetto alle possibili superfici di scivolamento del movimento gravitativo, definite tramite le indagini e i rilievi eseguiti.

L'area è stata oggetto di uno specifico studio (REL-GEO-E-03026), nel quale si esclude ogni interferenza con l'opera in progetto che, di fatto, non modifica le condizioni di pericolosità potenziale identificate per tali aree.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 26 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

## 7 OPERE DI MITIGAZIONE E RIPRISTINO MORFOLOGICO

Nell'ambito del progetto sono stati previsti interventi di mitigazione e ripristino morfologico-idraulico da eseguire allo scopo di ristabilire nella zona d'intervento gli equilibri naturali preesistenti e di impedire, nel contempo, l'instaurarsi di fenomeni erosivi, non compatibili con la sicurezza della condotta stessa.

La tabella seguente (Tab. 7/A) sintetizza le soluzioni progettuali adottate per ciascuna ambito significativo del tracciato di progetto.

**Tab. 7/A: Tabella riepilogativa Interferenza con versanti instabili (IFFI)**

Progr. (km)	Comune	Finalità dell'opera	Tipologia di intervento	Disegno di riferimento
<b>Metanodotto Livorno-Piombino DN 750(30") DP 75 bar</b>				
10,970	Fauglia Collesalveti	Difesa idraulica	Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame	ST-D-03458
12,180	Fauglia	Drenaggio	Letto di posa drenante	ST-D-03406
14,915	Collesalveti	Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
17,265		Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
17,450		Drenaggio	Letto di posa drenante	ST-D-03406
22,265	Santa Luce Rosignano Marittimo	Difesa idraulica	Rivestimento spondale in massi	ST-D-03466
22,970	Rosignano Marittimo Santa Luce	Difesa idraulica	Rivestimento spondale in massi	ST-D-03466
25,875	Rosignano Marittimo	Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
27,780	Rosignano Marittimo Castellina Marittima	Difesa idraulica	Rivestimento spondale in massi; Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame	ST-D-03466 ST-D-03458
28,630	Castellina Marittima	Drenaggio	Letto di posa drenante	ST-D-03406
28,710		Drenaggio	Letto di posa drenante	ST-D-03406
29,225	Castellina Marittima	Difesa idraulica	Rivestimento spondale in massi	ST-D-03466
30,515		Difesa idraulica	Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame	ST-D-03458
30,810		Difesa idraulica	Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame	ST-D-03458
31,895		Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
31,920		Drenaggio	Drenaggio sottocondotta	ST-D-03407
32,780		Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
33,005		Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
33,800		Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
33,820		Drenaggio	Letto di posa drenante	ST-D-03406
34,110		Castellina Marittima Cecina	Difesa idraulica	Regimazioni in legname
38,120	Cecina Riparbella	Difesa idraulica	Rivestimento spondale in massi	ST-D-03466
40,510	Cecina	Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
43,310		Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 27 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

Progr. (km)	Comune	Finalità dell'opera	Tipologia di intervento	Disegno di riferimento
<b>Metanodotto Livorno-Piombino DN 750(30") DP 75 bar</b>				
43,670		Difesa idraulica	Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame	ST-D-03458
45,280	Bibbona	Difesa idraulica	Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame	ST-D-03458
47,450		Difesa idraulica	Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame	ST-D-03458
48,260		Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
48,630		Difesa idraulica	Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame; Regimazioni in legname	ST-D-03458 ST-D-03452
60,910		Castagneto Carducci	Difesa idraulica	Regimazioni in legname
66,040	San Vincenzo	Sostegno e consolidamento	Muro in massi	ST-D-03431
66,100		Drenaggio	Letto di posa drenante	ST-D-03406
66,180		Sostegno e consolidamento	Muro in massi	ST-D-03431
67,505		Difesa idraulica	Rivestimento spondale in massi	ST-D-03466
67,880		Difesa idraulica	Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame	ST-D-03458
69,190		Difesa idraulica	Ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame Regimazioni in legname	ST-D-03458 ST-D-03452
72,010		Difesa idraulica	Regimazioni in legname	ST-D-03452
<b>Ricollegamento All.4160603 Rosen Rosignano DN 400 (16"), DP 75 bar</b>				
0,630	Castellina Marittima	Drenaggio	Letto di posa drenante	ST-D-03406
<b>Rif.All.Tirrenomet DN 100 (4"), DP 75 bar</b>				
0,730	Rosignano	Sostegno e consolidamento	Muro in massi	ST-D-03431
0,755	Marittimo		Muro in massi	ST-D-03431

In generale, gli interventi possono essere raggruppati in funzione della loro finalità.

#### *Opere di sostegno*

Lungo i tracciati in progetto, si prevede la realizzazione di muri di contenimento in massi (rif. ST-D-03431). Questa tipologia di opera ha il pregio di inserirsi in maniera ottimale nel contesto ambientale circostante ed è caratterizzato da notevole flessibilità. In generale, si adatta ottimamente alle variazioni topografiche del piano campagna e si realizza piuttosto velocemente. I massi utilizzati, di adeguata natura litologica (calcarea o basaltica), devono essere costituiti da pietra dura e compatta, non devono presentare piani di sfaldamento o incrinature e non devono alterarsi per effetto del gelo. I blocchi sono squadrati, a spigolo vivo, ed equidimensionali.

La fondazione dei muri in massi sarà realizzata con soletta in c.a. direttamente sul terreno di base opportunamente spianato e costipato per ottenere un piano d'appoggio stabile e perfettamente uniforme.

Tale tipo di opera è prevista per il sostegno della scarpata morfologica ubicata al km 66 circa della linea principale, a valle dell'attraversamento della strada della valle, nel comune di San Vincenzo e nel tratto finale dell'allacciamento Tirrenomet, in corrispondenza dell'attraversamento stradale che precede il punto di consegna, nel

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 28 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

comune di Rosignano marittimo. In quest'ultimo tratto, l'allacciamento in progetto è parallelo alla condotta in dismissione, pertanto, l'opera di sostegno sarà prolungata anche nella zona interessata dai lavori di dismissione.

Sebbene allo stato attuale non se ne preveda l'utilizzo, palizzate in legname e (ST-D-03421) e muri cellulari in legname (ST-D-03427) potranno supportare il ripristino delle aree di lavoro, in funzione dell'effettiva consistenza dei lavori di sbancamento per la posa dei metanodotti in progetto.

Le palizzate in legname possono svolgere una funzione di sostegno di piccole scarpate, interessate dalle fasi di movimentazione durante la costruzione, e della coltre del terreno di copertura nei tratti di versante a maggior acclività, laddove comunque si prospettano condizioni di spinta delle terre di lieve entità.

Le palizzate vengono eseguite in guisa di cordonate continue mediante l'infissione di pali verticali di essenze forti che fuoriescono dal terreno di circa 0,60÷0,80 m e da pali disposti in senso orizzontale, per l'altezza fuori terra, formanti una parete compatta e saldamente legati ai pali infissi con filo di ferro zincato.

Il muro cellulare in legname, indicato anche come parete "Krainer", ha la funzione di sostegno di riporti di terreno su pendenze piuttosto considerevoli, con la particolarità di integrarsi pienamente con l'ambiente circostante in ragione del suo stato 'vivo', determinato dalla presenza di talee di specie forti ad elevato indice di attecchimento.

Il risultato finale di quest'opera di sostegno è rappresentato da una palificata in legname con talee, con pali scortecciati coricati (disposti cioè in senso sub-orizzontale) ed incastrati a 90° tra loro, che realizzano un paramento esterno leggermente inclinato verso monte; essa può essere costituita ad una o a doppia parete, in dipendenza dell'altezza del terrapieno e conseguentemente dell'azione di resistenza alle spinte più o meno elevate che deve svolgere.

#### *Opere di difesa idraulica*

Lungo il tracciato sono previste i seguenti tipi di opera:

- rivestimento spondale in massi (ST-D-03466);
- regimazione in legname (ST-D-03452);
- ricostituzione spondale con muri cellulari in legname (ST-D-03458).

Il rivestimento spondale in massi è un'opera caratterizzata da notevole flessibilità e di veloce realizzazione. I massi utilizzati, di adeguata natura litologica (calcarea o basaltica), devono essere costituiti da pietra dura e compatta, non devono presentare piani di sfaldamento o incrinature e non devono alterarsi per effetto del gelo. I blocchi sono quadrati, a spigolo vivo, ed equidimensionali. Al fine di evitare l'aggiramento dell'opera da parte della corrente idrica, è necessario provvedere alla realizzazione di un immorsamento inserendo la testa dell'opera all'interno della sponda lato monte, con un tratto curvilineo non inferiore a 2÷3 m. Per la parte terminale di valle è sufficiente un raccordo ad angolo retto con la sponda. Relativamente ai metanodotti in progetto, tale opera verrà realizzata esclusivamente in corrispondenza dei corsi d'acqua attraversati a cielo aperto e maggiormente incisi (Torrente Savalano, Botro Canale, Torrente Pescera, Torrente Acquerta e Fosso del Renaione). Inoltre, in corrispondenza dell'attraversamento del Fiume Fine dell'allacciamento Solvay di Rosignano in dismissione, si provvederà al rivestimento spondale in massi del tratto interessato dai lavori.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 29 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

La regimazione in legname mediante palizzate è prevista in corrispondenza di numerosi piccoli canali caratterizzati da sponde di altezza inferiore ai 2 m ma con acclività elevata. La loro realizzazione impedisce l'instaurarsi di processi di rimaneggiamento del piede della scarpata spondale, accelerandone i tempi di consolidamento e, nel contempo, sostiene il terreno a tergo. Per quanto concerne le caratteristiche costruttive e tipologiche di questa opera di ripristino vale quanto già descritto a proposito delle palizzate di contenimento.

La ricostituzione spondale con muro cellulare in legname e pietrame è un'altra tipologia di opere in legname volta, anche in questo caso, alla regimazione longitudinale di corsi d'acqua dotati di caratteristiche idrauliche modeste e moderate capacità erosive ed assolve anche ad una funzione di sostegno per le sponde. Questa tipologia di opera è prevista nella maggior parte degli attraversamenti di fossi e canali caratterizzati da sponde alte (2-4 m), subverticali e spesso in stretto parallelismo a strutture viarie. Le metodologie costruttive sono analoghe a quanto descritto in precedenza per i muri cellulari in legname, tuttavia, al piede dell'opera, sarà realizzata una protezione antiersiva con massi e pietrame.

#### *Opere di drenaggio*

Le opere di drenaggio sono interventi di mitigazione dei rischi collegati alla presenza e alla circolazione di acqua nel sottosuolo per limitare la capacità erosiva all'interno della trincea di scavo e, in casi particolari, alleggerire il terreno sovrastante la condotta. Lungo il tracciato sono previste i seguenti tipi di opera:

- letto di posa drenante (ST-D-03406);
- trincea drenante sotto condotta (ST-D-03407).

La trincea di scavo realizzata per la posa della condotta, anche se adeguatamente rinterrata, può costituire un corridoio di scorrimento preferenziale delle acque di filtrazione. Tale fenomeno può favorire, in alcuni casi, il dilavamento del terreno di copertura della condotta.

I letti di posa drenante sono dunque utilizzati con lo scopo di allontanare le acque meteoriche da trincee di scavo realizzate in versanti soggetti a imbibizione, dove tuttavia non sussistono evidenti problemi di stabilità.

L'opera consiste sostanzialmente nella realizzazione di uno strato di materiale drenante sul fondo della trincea, al di sopra del quale viene posata la condotta.

Lo strato drenante è formato da ghiaia lavata a granulometria uniforme, di spessore pari a circa 30-40 cm, ricoperto da un telo di tessuto non tessuto per evitare l'intasamento del livello drenante con il materiale di rinterro finale della trincea. Il letto di posa drenante è interrotto con almeno uno scarico per ogni tratto di lunghezza massima di 80 m. In corrispondenza della sezione di chiusura, si realizza un setto in terreno coesivo naturale e bentonite di altezza uguale a quella del corpo drenante, che ha il compito di convogliare le acque in un tubo di scarico in PVC non finestrato. Le acque vengono dunque scaricate verso canali esistenti o impluvi naturali, provvedendo a proteggere adeguatamente la zona di scarico mediante un gabbione o un muretto a secco.

I letti di posa drenante sono previsti lungo alcuni versanti che, potenzialmente, possono subire processi erosivi ad opera delle acque di filtrazione, aiutate dalla gravità. In particolare, saranno realizzati nel tratto in risalita dal Rio Rimazzano, nei versanti ondulati tra il km 28,630 e il km 28,790 e nel versante a valle dell'attraversamento del

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 30 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

torrente Tripesce. Inoltre, se ne prevede l'utilizzo anche in prossimità del tratto finale del ricollegamento allacciamento Rosen Rosignano, a monte dell'attraversamento stradale.

La trincea drenante sotto-condotta, invece, si impiega come elemento di consolidazione di versanti instabili o ad instabilità diffusa nei livelli più superficiali.

L'opera è composta da un corpo drenante costituito da ghiaia lavata, con spessore variabile tra 1 e 2 m e avvolto in tessuto non tessuto, appoggiato direttamente sul fondo scavo. Il dreno viene interrotto con almeno uno scarico per ogni tratto di lunghezza massima di 80 m. Al fondo della trincea, immediatamente sopra il telo di tessuto non tessuto, viene posto un tubo finestrato per la raccolta delle acque drenate.

In corrispondenza della sezione di chiusura, si realizza un setto in terreno coesivo naturale e bentonite di altezza uguale a quella del corpo drenante, che ha il compito di convogliare le acque in un tubo di scarico in PVC non finestrato. Le acque vengono dunque scaricate verso canali esistenti o impluvi naturali, provvedendo a proteggere adeguatamente la zona di scarico mediante un gabbione o un muretto a secco.

La trincea drenante è prevista esclusivamente nel versante in sinistra idrografica del Botro del Gaziandrino. Il versante, infatti, sebbene non sia interessato da movimenti gravitativi, è caratterizzato dalla presenza di terreni con scarse proprietà geotecniche e da pendenze non trascurabili che, in caso di eventi meteorici importanti, possono diventare instabili. Il rapido allontanamento delle acque tramite il drenaggio contribuisce all'alleggerimento dei terreni di copertura e rappresenta quindi una mitigazione del rischio potenziale esistente.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 31 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

## 8 CONSIDERAZIONI FINALI

I principali elementi geologici, stratigrafici, strutturali, morfologici e idrogeologici dell'area interessata dal progetto sono stati delineati sulla base dell'analisi bibliografica, della cartografia di base e dei sopralluoghi eseguiti nel corso delle attività di progettazione. Inoltre, si è pianificata e realizzata un'accurata ed articolata campagna di indagini geognostiche (REL-GEO-E-03022, "Relazione geotecnica"), composta di indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche statiche) e indirette (rilievi geoelettrici, sismici, MASW e down hole) nelle aree di particolare interesse progettuale. La campagna di indagini ha consentito la verifica della stratigrafia del sottosuolo e la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi individuati. Il modello geologico e geotecnico del sottosuolo derivato dalle indagini costituisce un elemento fondamentale del processo di scelta degli interventi progettuali e della metodologia di posa delle condotte.

Il territorio di studio ricade in un contesto geologico che si estende dalla parte meridionale della valle del Fiume Arno alla parte settentrionale della Maremma.

Questo settore appartiene ad un tratto di catena appenninica soggetto a deformazioni strutturali verificatesi a partire dal Cretacico inferiore con movimenti che hanno contribuito alla costruzione di un edificio a falde costituito da Unità Autoctone e da una successione di unità Alloctone.

Il successivo sviluppo sedimentario, Neogenico e Quaternario, è stato ampiamente condizionato da movimenti verticali della crosta con conseguenti variazioni relative del livello del mare.

Da un punto di vista litologico, si rileva una grande predominanza di terreni alluvionali e lacustri quaternari, prevalentemente argillosi e limosi, nel settore settentrionale, e sabbioso-limosi in quello meridionale.

Tra le formazioni di base, prevalgono la Formazione delle Argille Azzurre. In alcune zone tra i comuni di Castagneto Carducci e San Vincenzo, si rileva la presenza di estesi affioramenti di rocce ignee (rioliti).

Da un punto di vista morfologico il tracciato in progetto si sviluppa completamente all'interno di un territorio caratterizzato da forme pianeggianti variamente terrazzate, o da blande forme collinari tipiche dei terreni argilloso-sabbiosi che si raccordano tramite cospicui corpi eluviali con i piatti fondovalle tutti caratterizzati da abbondanti depositi alluvionali. Nel settore meridionale assumono particolare rilevanza gli elementi morfologici legati allo schema idrografico dell'area costituito da una vasta fascia costiera modellata da una serie di bacini minori posti fra il bacino del Cecina a Nord e del Cornia a Sud. In generale, si osserva che il territorio interessato dall'opera in progetto non appare particolarmente sensibile ai movimenti gravitativi che risultano di dimensioni ridotte e spesso legati a situazioni locali predisponenti. Tuttavia, sebbene i versanti siano caratterizzati da pendenze modeste, le scarse proprietà geomeccaniche delle coltri rendono alcune zone dei pendii potenzialmente soggetti a fenomeni di instabilità.

Le analisi effettuate mostrano che le interferenze tra il tracciato del metanodotto in progetto e le aree a criticità geomorfologica sono estremamente limitate, sia in condizioni statiche (assenza di sisma), sia in presenza di sollecitazioni sismiche. Le aree a criticità più elevata evidenziate dall'analisi corrispondono alle zone già censite all'interno del PAI o a frane segnalate nella cartografia geomorfologica di base fornita dalla Regione Toscana. In questi tratti, si è ritenuto necessario proporre una metodologia di attraversamento in trivellazione (T.O.C.) evitando possibili interferenze con le superfici di scivolamento potenziali.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/20049</b>	<b>UNITA'</b> <b>000</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>REL-CGD-E-03021</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> RIFACIMENTO METANODOTTO LIVORNO PIOMBINO DN 750 (30"), DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 32 di 32	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. SAIPEM: 023113-010-SPC-LA-E-83021

Le metodologie trenchless (Microtunnel e T.O.C.) state previste anche per l'attraversamento dei corsi d'acqua principali e in alcuni tratti interessati da colture pregiate (vigne e uliveti).

In corrispondenza dei corsi d'acqua minori, l'interramento della condotta e le opere di ripristino previsti sono tali da garantire che, in caso di un'intensa attività erosiva da parte della corrente, il fondo non venga scavato fino a raggiungere la condotta minandone la stabilità. Per approfondimenti sulla valutazione dei fenomeni erosivi si rimanda alle rispettive "Relazione di compatibilità idrologica-idraulica" e alla "Relazione Idrografico-Idrologica" (REL-IDRO-E-03020).

Dal punto di vista idrogeologico, il settore settentrionale è caratterizzato dalla presenza di spessi depositi quaternari della piana meridionale dell'Arno, costituiti sostanzialmente da argille e argille limose a permeabilità molto bassa. La circolazione freatica è piuttosto scarsa ma si osserva un grado di saturazione e sovrasaturazione molto elevato che alimenta i pozzi utilizzati per uso domestico – agricolo. Nel settore meridionale, invece, affiorano più diffusamente le sabbie continentali che non sono sede di falde freatiche. I pozzi hanno profondità superiori ai 60 metri, tali da attingere alla falda contenuta nelle formazioni calcaree profonde. L'unità idrogeologica della pianura costiera presenta un comportamento della falda in pressione legato all'andamento delle precipitazioni nel corso dell'anno.

Relativamente alle interferenze con il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, dalla sovrapposizione della cartografia tematica con gli interventi progettuali previsti si osservano diverse interferenze con le aree censite a pericolosità idraulica, mentre si rileva una sola interferenza con un'area censita dall'Autorità di Bacino competente. Si tratta di un'area potenzialmente instabile definita con una classe di pericolosità elevata PF3, attraversata per una lunghezza di soli 45 metri.

Gli interventi progettuali previsti sono stati ottimizzati al fine di non aumentare il livello di pericolosità già individuato nella cartografia ufficiale e di evitare ogni possibile interferenza con possibili superfici di scivolamento del movimento gravitativo.

Complessivamente si può affermare che l'opera in progetto risulta compatibile con le caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche del territorio attraversato, nonché con i relativi strumenti di pianificazione vigenti (PAI). I tratti maggiormente critici saranno superati con tecniche di progettazione adeguate (opere trenchless, opere di sostegno) e attraverso ripristini morfologici finalizzati alla stabilizzazione o al miglioramento della situazione ante-operam.