

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 1 di 42	Rev. 0

METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO

DN 400 (16"), DP 75 bar

ed opere connesse

Attraversamenti in subalveo nell'Ambito 17 – Torrente PETRONIO

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

0	Emissione	Caccavo	Mencucci	Guiducci	Mag. '19
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 2 di 42	Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	4
1.3	Definizioni	5
1.4	Normativa di Riferimento	6
2	PRESUPPOSTI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	8
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
4	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL SITO	16
4.1	Lineamenti geologici generali	16
4.2	Inquadramento tettonico-strutturale	18
4.3	Caratteri geomorfologici dell'area d'intervento	19
4.4	Caratteri idrogeologici dell'area d'intervento	20
4.5	Indagine geognostica	20
5	ANALISI IDROLOGICHE DI BASE	23
5.1	Vita utile dell'opera e tempo di ritorno dei fenomeni idrologici	23
5.2	Stima della portata di modellazione idraulica	23
6	STUDIO IDRAULICO	28
6.1	Presupposti e finalità e dello studio idraulico	28
6.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	30
6.3	Parametri del deflusso di piena	32
6.4	Valutazione dei potenziali fenomeni erosivi	35
7	SINTESI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	38
	APPENDICE I - SONDAGGI GEOGNOSTICI ESEGUITI	42
	Allegato 1 - Elaborato grafico di progetto: LB-3C-83500	
	Allegato 2 - Elaborato grafico di progetto: LB-3C-83501	

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 3 di 42	Rev. 0

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

Il progetto del metanodotto “Collegamento Sestri Levante-Recco”, costituito da condotta DN 400 (16”), DP 75 bar ed opere connesse, prevede l’attraversamento in sub-alveo del torrente Petronio in due punti, nel territorio comunale di Casarza Ligure, in provincia di Genova. Gli attraversamenti interessano areali corrispondenti a perimetrazione, identificata dagli Enti preposti in materia, pericolosità idraulica; nel dettaglio, il tracciato ricade nell’ “alveo attuale” e, ai margini di questo, in aree soggette ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni (fascia C2).

Il nuovo gasdotto previsto è finalizzato al potenziamento della rete esistente, mediante realizzazione di una maglia chiusa fra Recco e Sestri Levante, ed è stato progettato in modo da ottimizzare il tracciato planimetrico e il profilo di posa della condotta. L’esperienza raccolta sul territorio provinciale nella precedente costruzione, così come il riscontro delle condizioni di stabilità fino ad oggi manifestatesi, hanno costituito utili riferimenti per la definizione della nuova linea, la cui esecuzione, tuttavia, è prevista mediante l’impiego di tecniche realizzative mirate a maggior efficienza e maggior sicurezza del gasdotto, per tutto il periodo di esercizio stabilito (“vita utile” dell’opera); garantendo così la durabilità del servizio di trasporto verso gli utilizzatori del sistema nello specifico territorio servito. (vedi Fig. 1.1/A)

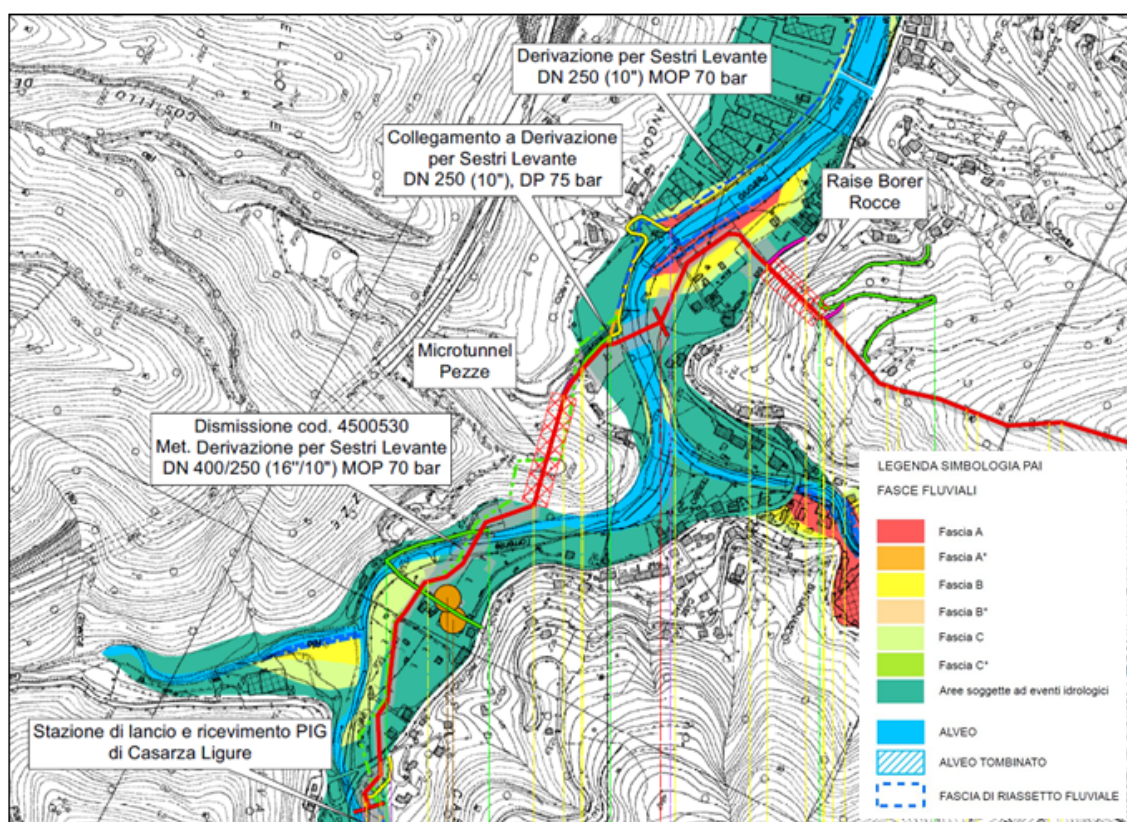


Fig. 1.1/A: Rappresentazione del tracciato nell’ambito delle perimetrazioni di pericolosità idraulica: attraversamenti #1 e #2 torrente Petronio (procedendo da sinistra verso destra, in senso gas)

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 4 di 42	Rev. 0

La definizione planimetrica e le modalità di realizzazione degli attraversamenti, oltre che il profilo della tubazione da posare in sub-alveo sono stati preliminarmente individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico, in base alle conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato di progetto e sulle condizioni idrologico-idrauliche del torrente. Nella progettazione gli aspetti di carattere idraulico sono stati comunque contemplati anche in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore. La presente relazione, in particolare, descrive le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità dell'intervento e le relative conclusioni. Difatti, per quanto in precedenza esposto in relazione alle perimetrazioni di pericolosità idraulica, secondo le norme di attuazione il PAI predisposto dall'Autorità di bacino regionale per l'Ambito 17, è necessario che l'opera corrisponda a specifici requisiti.

In aggiunta all'"alveo attuale", le "aree soggette ad eventi idrologici" costituiscono settori di territorio oggetto di perimetrazione così definiti: "aree nelle quali si manifesta presenza di acqua associata a modesti tiranti idrici e ad estremamente bassa o assente velocità di scorrimento; sono determinate da mancata funzionalità della rete di smaltimento idrico" (Art. 12 comma 2 punto a2).

In base alle Norme di attuazione del PAI (Art. 15 comma 5), nelle aree soggette ad eventi idrologici è consentito ogni tipo di intervento purché realizzato con tipologie costruttive finalizzate alla riduzione della vulnerabilità delle opere e quindi del rischio per la pubblica incolumità e coerenti con le azioni e misure di protezione civile previste dai Piani e dai Piani Comunali di protezione civile.

Pertanto, la presente relazione tende a fornire tutte le informazioni atte a verificare come il progetto degli attraversamenti fluviali e delle interferenze di tracciato con area perimetrata possa ritenersi confacente a tali prescrizioni. Poiché non è prevista alterazione della morfologia superficiale, ciò si riconduce essenzialmente nella stima della profondità minima di posa della tubazione affinché risulti tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo dell'alveo e più in generale nell'area fluviale; di conseguenza, si escludono possibili interazioni con le fluenti e in particolare con la corrente di massima piena. Come successivamente esposto, la definizione progettuale degli interventi assicura anche da possibili interferenze con opere programmate o future, mirate a ridurre le condizioni di pericolosità idraulica.

In sintesi, i contenuti del presente documento sono così articolati:

- inquadramento territoriale dell'area d'intervento e presupposti di compatibilità idraulica;
- caratterizzazione locale del corso d'acqua e descrizione della tecnologia esecutiva di attraversamento;
- valutazioni idrologiche mirate alla stima della portata al colmo di piena di riferimento, in corrispondenza delle sezioni di attraversamento fluviale;
- modellazione idraulica volte ad individuare i parametri caratteristici di deflusso di piena ed i fenomeni associati con specifico riferimento alla stima dei massimi possibili fenomeni erosivi, in corrispondenza del tracciato di attraversamento.

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 5 di 42	Rev. 0

geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha riferimento nei seguenti elaborati:

- **LB-3C-83500** 1° Attraversamento torrente Petronio
- **LB-3C-83501** 2° Attraversamento torrente Petronio

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Tubazione

Insieme di tubi, uniti tra loro, comprese le curve ottenute mediante formatura a freddo.

Diametro nominale (DN)

Indicazione convenzionale, che serve quale riferimento univoco per individuare la grandezza dei tubi e dei diversi elementi accoppiabili. Si indica con DN seguito dal numero, che ne esprime la grandezza in millimetri o pollici ("inches").

Trincea

Scavo a cielo aperto, con definita sezione geometrica, finalizzata alla collocazione interrata della tubazione.

Profondità d'interramento o Copertura della tubazione

Distanza compresa tra la generatrice superiore esterna della tubazione o del relativo manufatto di protezione, ove presente, e la superficie del terreno (piano campagna o fondo alveo).

Copertura minima

Valore minimo della profondità di interramento della tubazione, che vien stabilito in ciascun tratto della linea caratterizzato dalle medesime condizioni generali di esecuzione.

Alveo

Sede del libero deflusso delle acque, delimitato da cigli di sponda e/o da pareti interne di tratti arginati. Comprende le aree morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, in quanto sedimi storicamente interessati dal deflusso o attualmente interessati da andamento pluricorsale e da naturali divagazioni delle correnti, e le aree manifestamente soggette alle dinamiche evolutive del corso d'acqua. La sua delimitazione è, di norma, individuata graficamente dalle Autorità aventi competenza

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 6 di 42	Rev. 0

sui corpi idrici o da strumenti di pianificazione.

Opere di ripristino

Opere di sistemazione e di recupero ambientale delle aree attraversate dal metanodotto; possono essere correlate e contestuali a lavori di consolidamento e stabilizzazione dei terreni o di regimazione e difesa idraulica della condotta, tra cui: sistemazioni arginali; ripristino di strade e servizi interferiti dal tracciato; ripristini morfologici; ripristini vegetazionali.

1.4 Normativa di Riferimento

Per quanto di seguito descritto, in relazione alla progettazione dell'opera ed alle analisi di compatibilità condotte, oltre alla pianificazione territoriale di settore (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, Ambito 17), si ha riferimento negli strumenti normativi e nei documenti tecnici di seguito elencati.

Criteri generali di progettazione del metanodotto

- DM 17 aprile 2008 del Ministero dello Sviluppo Economico - Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8.

Aspetti generali di carattere ambientale e idraulico

- DLgs 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- DLgs 23/02/2010 n. 49 Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- RD 11/12/1933 n. 1775 e ss.mm.ii. Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici.
- L 05/01/1994 n.37 Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche.
- DLgs 22/01/2004 n. 42 e ss.mm.ii. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Aspetti geotecnici

- D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al DPR 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in Legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

Strumenti di pianificazione ai fini del rischio idraulico e idrogeologico

Distretto dell'Appennino Settentrionale – Dal 17 febbraio 2017 sono sopresse le Autorità di Bacino ex L 183/1989 e i relativi organi, sostituite dalle nuove Autorità di Bacino Distrettuali.

I Piani di bacino stralcio vigenti continuano in ogni caso ad essere pienamente applicabili nei territori di riferimento, fino all'emanazione di corrispondenti atti adottati a livello distrettuale o a diverse disposizioni. In data 29 ottobre 2018 è stato firmato l'accordo, ex art. 15 L 241/1990, con l'Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale ai fini di assicurare la continuità delle funzioni della

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 7 di 42	Rev. 0

soppressa Autorità di Bacino regionale, che prevede l'avvalimento delle strutture regionali operanti nel regime previgente.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 8 di 42	Rev. 0

2 PRESUPPOSTI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Il Torrente Petronio nasce dalla confluenza del Rio Traversa e Rio Vasca, alle pendici di Cresta degli Stronzi, ad una quota di circa 280 m slm. Il corso del torrente si sviluppa, con andamento sinuoso, in direzione prevalente Est a Ovest, fino all'abitato di Casarza Ligure, dove piega verso Sud andando a sfociare in corrispondenza di Riva Trigoso.

I principali affluenti di sponda destra sono i seguenti:

- Rio dei Guacci
- Rio Frascarese
- Rio Campegli
- Torrente Bargonasco
- Rio Cacarello

mentre quelli di sinistra sono:

- Rio di Rove
- Rio Baracchino
- Rio Giannelli
- Rio Gavotino
- Rio Vallegrande
- Rio Valle Bardi.

Il bacino idrografico confina con il bacino del Torrente Gromolo a Est, del Torrente Graveglia a Nord, del Torrente Vara a Nord-Est e del Torrente Castagnola a Sud, ed è limitato dal crinale compreso tra il Monte Bomba (610 m slm), Monte Tregin (870 m slm), Monte Roccagrande (971 m slm), Monte Zenone (1055 m slm), Monte Alpe (1093 m slm, la vetta più alta del Bacino), Cima Stronzi (812 m slm) sul versante destro, Monte San Nicolao (845 m slm), Monte Salto del Cavallo (609 m slm), Monte Moneglia (521 m slm) sul versante sinistro ed ha una superficie totale pari a circa 61 km².

Il bacino presenta una forma decisamente asimmetrica, infatti il versante sinistro è decisamente meno sviluppato superficialmente del destro. Di conseguenza gli affluenti di destra risultano più sviluppati di quelli di sinistra, in particolare il Rio Frascarese, il Torrente Bargonasco ed il Rio Cacarello presentano una superficie complessiva pari a circa 25 km², oltre il 40% della superficie del Bacino.

La lunghezza complessiva dell'asta principale è di circa 15,5 km, con una pendenza media pari, nella parte alta del bacino, a circa il 17%, a circa il 6% nella parte pedemontana e a circa l'1% nel tratto terminale.

L'alveo si presenta, nella parte alta, incassato in roccia, mentre a valle della confluenza con il Rio Frascarese, le aree adiacenti il fiume diminuiscono la loro pendenza, fino ad assumere le caratteristiche di una piana alluvionale in corrispondenza dell'abitato di Casarza Ligure.

Come già detto la quota massima del bacino è pari a 1093 m slm, in corrispondenza del Monte Alpe, mentre la quota media è di circa 410 m slm.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		SPC. LA-E-83051
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Rev. 0
		Fg. 9 di 42		

Dal punto di vista dell'assetto insediativo si può osservare come il bacino si presenta scarsamente urbanizzato nella parte medio-alta, mentre nella parte bassa il grado di urbanizzazione è decisamente più elevato. In particolare, nella parte alta si trovano alcuni insediamenti sparsi, tra cui i principali sono Velva, Castiglione Chiavarese e Bargone. Tutti questi piccoli centri, però, non si trovano nelle immediate vicinanze del Petronio o di uno dei suoi affluenti significativi.

Nella parte bassa, soprattutto a valle della confluenza del Torrente Bargonasco, la situazione si presenta decisamente diversa. In questa zona sono infatti localizzati gli abitati di Casarza Ligure e di Riva Trigoso.

In particolare, in corrispondenza dell'abitato di Casarza Ligure, la pressione antropica è decisamente rilevante, e le aree prossime al corso d'acqua risultano in gran parte insediate. In particolare la confluenza del Rio Cacarello risulta tombinata, mentre sono presenti diversi ponti di attraversamento carrabili sul Petronio. Il tratto terminale a valle del ponte ferroviario, in corrispondenza dell'abitato di Riva Trigoso risulta arginato con continuità. L'area fociva è urbanizzata densamente sia in destra che in sinistra.

Le due sezioni (#1, #2) progettualmente definite per gli attraversamenti in sub-alveo del torrente Petronio all'interno della "area fluviale", sono identificabili rispettivamente a circa 150 metri a valle della confluenza del rio Gavotino (#1) e a circa 250 metri a valle della confluenza del torrente Bargonasco (#2), nell'asse del torrente Petronio. Tale tratto si colloca nella piana alluvionale in cui il torrente descrive ampie anse nel suo procedere verso valle in direzione NE-SO.

Nel tratto a cavallo della confluenza con il T. Bargonasco, l'alveo del torrente risulta inciso nelle alluvioni di fondo valle e presenta una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da ristrette aree golenali.

Le sezioni sono di forma sostanzialmente trapezia, con larghezze al fondo variabili tra 30 m e 45 m circa; il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi e di vegetazione arbustiva.

La viabilità principale (S.S. 523) si sviluppa in sponda destra per tutto il tratto in esame. (vedi Fig. 2/A)

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 10 di 42	Rev. 0

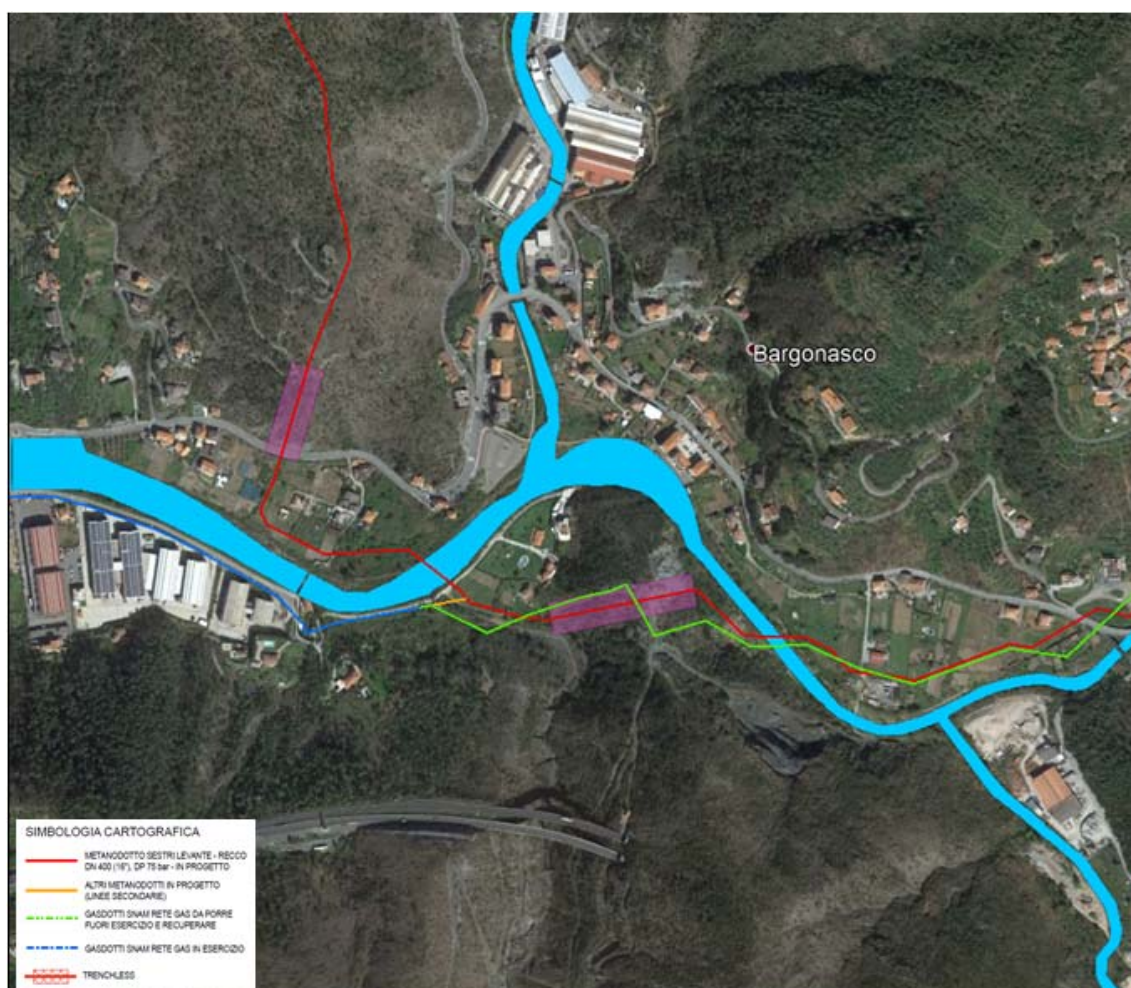


Fig. 2/A: Rappresentazione del tracciato di attraversamento su immagine satellitare (procedendo da destra a sinistra, in senso gas, si hanno gli attraversamenti #1 e #2 del torrente Petronio)

Gli aspetti generali del progetto qui trattato, con riferimento alla situazione geomorfologica, idrogeologica, pedologica, naturalistica, floristica e faunistica locale, sono stati affrontati in sede di impatto ambientale¹ cui si rimanda per ogni approfondimento del caso.

In merito all'assenza di possibile diversa localizzazione dell'opera, è bene precisare che il nuovo gasdotto è stato progettato in modo da minimizzare ogni impatto sul territorio e da sfruttare le conoscenze operative e ambientali acquisite in precedenza.

La costruzione del metanodotto rientra in un contesto regolamentato dalle direttive europee (da ultimo la Direttiva 2009/73/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 13/07/09 relativa a norme comuni per il mercato interno del gas naturale), dalla legislazione nazionale (Decreto Legislativo 164/00, legge 239/04 e relativo decreto applicativo Ministero Attività Produttive 28/4/2006) e dalle delibere della "Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico". In generale, nel quadro di questo complesso normativo, si provvede a programmare e realizzare le opere necessarie per il mantenimento dei metanodotti e degli impianti esistenti al fine di assicurare il servizio

¹ Studio di Impatto Ambientale - SIA - doc. n. LA-E-83010

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 11 di 42	Rev. 0

di trasporto, nell'interesse nazionale, attraverso un sistema sicuro, efficiente ed in linea con le più moderne tecnologie costruttive. Nello specifico, il progetto in questione costituisce quindi opera infrastrutturale non vincolata da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione, purché sia accertabile che gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico dei corsi d'acqua attraversati non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e che l'opera non alteri i fenomeni idraulici naturali.

Pur non entrando nel dettaglio riguardo alla valenza dell'opera in progetto rispetto a considerazioni di pubblico interesse, che, seppur manifeste, esulano dal presente contesto tecnico, può invece rimarcarsi come le modalità esecutive dell'intervento non prevedano alterazioni della attuale assetto litologico e della morfologia dei siti. In progetto non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno dell'"area fluviale" del torrente Petronio. Inoltre, il progetto prevede, per l'attraversamento, l'adozione di soluzione di posa in sotterraneo più idonea, in base a considerazioni tecniche (litologia, regime idraulico superficiale e sotterraneo, geometria dell'alveo e delle sponde) e costruttive (spazi disponibili, interferenze, ecc.). Nella presente relazione un apposito capitolo descrive il dettaglio delle modalità esecutive previste per la posa della tubazione interrata, al fine di consentire un diretto riscontro con riferimento a dette condizioni.

Le opere qui trattate, in base a quanto esposto, saranno eseguite in modo da non interessare la morfologia delle sponde, da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. L'intervento non apporterà variazioni delle condizioni idrauliche dell'alveo, non si realizzeranno restringimenti, deviazioni dell'asta o modifiche morfologiche. Dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non porterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità e non sarà apportata alcuna alterazione che possa avere influenza sulle portate naturalmente fluenti.

Con riferimento alle prescrizioni riportate dalle citate Norme di attuazione del PAI, è quindi possibile riscontrare come l'opera sia in grado di garantire le seguenti condizioni:

- non altera le attuali condizioni di funzionalità idraulica e non aumenta le condizioni di pericolo dell'area interessata né a valle o a monte della stessa;
- non interferisce con la morfologia in atto e/o prevedibile del corpo idrico fluente ed esclude interferenze nocive con l'assetto idraulico e idrogeologico.
- non pregiudica la possibilità di sistemazione idraulica definitiva del corpo idrico.

Come di seguito illustrato, la profondità di posa della tubazione e i potenziali effetti delle massime portate al colmo, determinati in base alle modellazioni numeriche rese pubbliche dalla Regione Liguria, risultano attestare pienamente la compatibilità dell'opera.

Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati dalla pianificazione di bacino vigente² o determinabili eventualmente in futuro, non è possibile che la realizzazione dell'attraversamento in sub-alveo, alla profondità di sicurezza determinata, possa in alcun modo esserne di ostacolo.

² **Torrente Petronio - Relazione Generale** – Ambito Regionale di Bacino 17 - Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (D.G.P n.121 del 18/11/2013)

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 12 di 42	Rev. 0

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto più idonea per la collocazione della tubazione in sub-alveo all'interno dell'"area fluviale", finalizzata ad evitare ogni interferenza con i deflussi superficiali per tutta la "vita utile" del metanodotto, mantenendo sostanzialmente inalterate le interazioni tra gli stessi deflussi e gli acquiferi alluvionali. In fase di studio di impatto ambientale, infatti, è stata valutata l'eventuale interferenza tra il flusso idrico sotterraneo ed il metanodotto, e l'effetto della eventuale sottospinta idraulica sulla tubazione.

L'assetto idraulico del corpo idrico, nell'intorno delle sezioni identificate per l'attraversamento, si caratterizza in ragione di ampie escursioni di portata tra i periodi di magra e di piena. Gli eventi di maggior rilievo risultano essere associabili a fenomeni pluviometrici intensi e i dati disponibili consentono di definire "torrentizio" il regime di portata, strettamente legato, con brevi ritardi, all'andamento pluviometrico stagionale, caratterizzato da forte disomogeneità temporale, alla distribuzione spaziale delle piogge sul bacino ed alla loro intensità. Il progetto prevede comunque di realizzare gli attraversamenti ad opportune profondità in sub-alveo, oltre ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento per erosione all'interno del letto, delle sponde e ai margini di queste lungo il tracciato. A tal fine, la copertura della tubazione è prevista in progetto in misura non inferiore a 4,0 metri, in corrispondenza della massima incisione e dell'alveo attivo, progressivamente ridotta a non meno di 2,5 metri in corrispondenza degli elementi naturali o artificiali d'arginatura.

La posa sarà realizzata mediante scavi a cielo aperto, assegnando le citate coperture che permettono di escludere ogni interferenza con eventuali fenomeni erosivi correlati ai massimi eventi di portata e garantiscono l'equilibrio del sistema atteso di forze gravitative e idrauliche. Appositi collaudi saranno effettuati, secondo predefinite specifiche tecniche, corrispondenti al raggiungimento dei valori delle sollecitazioni ammissibili.

In ciascun sito di attraversamento, la ricostituzione spondale è prevista mediante rivestimento in massi, per una lunghezza lungo l'alveo pari a 60 metri in destra ed in sinistra idrografica, estendibili di alcuni metri allo scopo di ripristinare la geometria delle scogliere esistenti. Tale accorgimento esecutivo non indurrà variazioni sensibili di permeabilità laterale né mutamenti di scabrezza che possano avere effetto sui parametri idrici delle correnti smaltite, in specie per quanto attiene alla portata di piena.

Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle specificità geotecniche del terreno. Gli scavi a sezione obbligata sono in genere di sezione trapezia con idoneo angolo di inclinazione delle pareti. Le caratteristiche geometriche dell'attraversamento in sub-alveo e le opere di ricostituzione spondale sono illustrate negli elaborati grafici di progetto (→ 1.2).

Le coordinate piane degli ambiti di attraversamento del corso d'acqua sono riportate nella tabella seguente:

Coordinate Piane WGS84 – UTM Fuso 32	Est	Nord
1° Attraversamento T. Petronio – Loc. Case Operaie Bargonasco	537817,8635	4902309,3553
2° Attraversamento T. Petronio – Località via Ricci, Bargonasco	537401,9802	4902386,9584

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 13 di 42	Rev. 0

La tubazione sottopasserà il torrente Petronio e le zone di esondazione con le seguenti direzioni prevalenti in senso gas:

- 1° Attraversamento con direzione E-O al km 0,496 (vedi Fig. 3/A);
- 2° Attraversamento con direzione SE-NO al km 0,956 (vedi Fig. 3/B).

Come già esposto, non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) all'interno dell'“area fluviale”; le uniche opere fuori terra che rientrano all'interno dell'area soggetta ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni, C2, sono quelle relative al punto di linea PID1 n.1 e alla trappola di partenza in località Casarza Ligure, che per la natura delle opere³, in caso di eventuali portate eccezionali, non determineranno una diminuzione della capacità d'invaso dell'area inondabile.

La metodologia esecutiva dell'attraversamento consisterà sostanzialmente

- nello scavo di una trincea lungo il profilo di progetto del metanodotto, fino al raggiungimento delle quote di posa,
- nell'assemblaggio, in prossimità del sito di intervento, delle barre di tubazione trasportate dallo stabilimento di produzione e nel successivo alloggiamento in fondo-scavo,
- nel rinterro degli scavi e nel contestuale ripristino morfologico dell'area, ivi comprese le eventuali opere di protezione idraulica ivi presenti.

Tale sistema di realizzazione è caratterizzato da massima adattabilità alle specifiche condizioni morfologiche, soprattutto per quanto attiene all'utilizzo dei mezzi operativi ed alle sequenze delle fasi di scavo, posa e rinterro della tubazione.

Per il rinterro degli scavi necessari, si prevede sia utilizzato totalmente il materiale di risulta, accantonato preliminarmente ai margini della pista di lavoro; per cui non si darà luogo ad alterazioni della permeabilità dei terreni lungo l'asse di posa della tubazione, anche tenuto conto delle opere di ricostituzione spondale.

³ Interferenze dell'opera con le aree a pericolosità idraulica – Studio di compatibilità idraulica – doc. n. LA-E-83050

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 14 di 42	Rev. 0



Fig. 3/A: Rappresentazione satellitare dell'alveo del Petronio nella sezione di attraversamento #1 in progetto

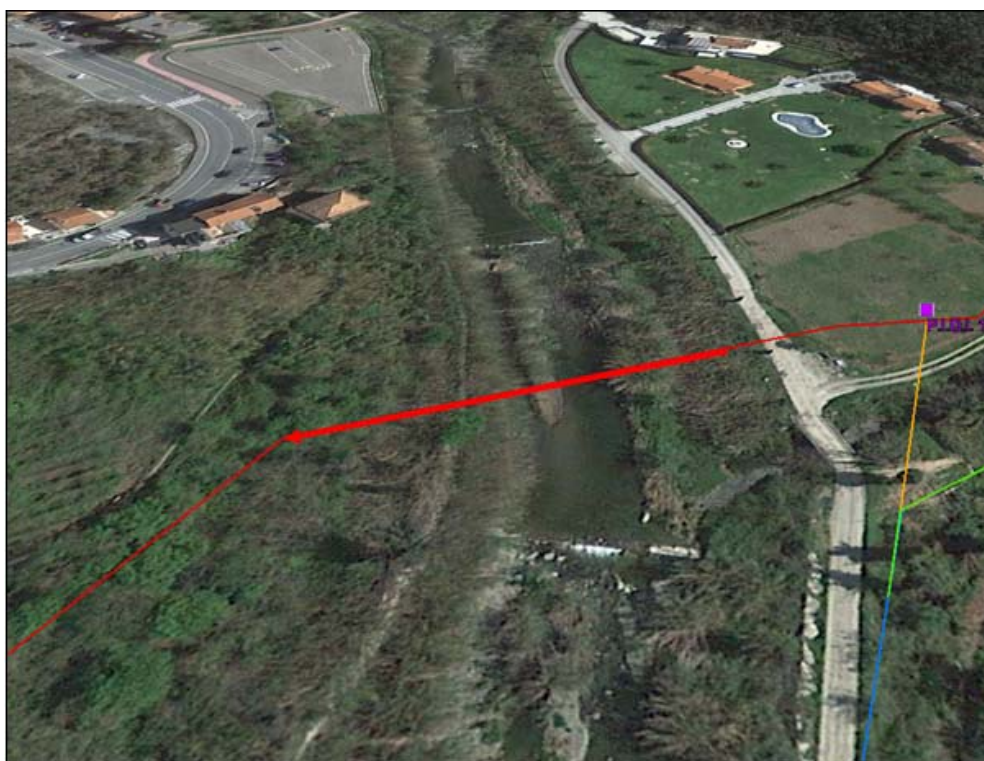


Fig. 3/B: Rappresentazione satellitare dell'alveo del Petronio nella sezione di attraversamento #2 in progetto

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 15 di 42	Rev. 0

Lungo l'attraversamento sono previsti idonei ripristini e tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Come detto, non si indurrà variazione rilevante delle condizioni di scabrezza e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale del corso d'acqua e delle portate naturalmente rilasciate a valle. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Di norma, le attività preliminari prevedono il taglio della vegetazione eventualmente presente nell'ambito dell'area da occupare temporaneamente con i lavori e nella asportazione del terreno vegetale lungo l'asse di posa fuori alveo. Quest'ultimo viene accantonato al bordo pista per essere riposizionato nelle fasi conclusive dei ripristini. Nella fattispecie del corso d'acqua di interesse è presente vegetazione arborea interferente con i lavori, che necessiterà di ripristini specialistici: la visibilità dell'intervento di rinterro sarà limitata al tempo necessario per ottenere la completa ricostituzione dell'originario assetto vegetativo.

L'ampiezza della pista di lavoro, ottenuta, ove necessario, livellando il terreno ai lati del tracciato, è determinata in base al diametro della condotta, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche dei terreni, del contesto ambientale e di eventuali particolarità inerenti le modalità esecutive. Nell'ambito di quest'area sono eseguite le attività per il montaggio della tubazione e viene depositato il terreno di scavo. In relazione alle specifiche caratteristiche idrologiche, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri: questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo smaltimento di un'eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Apposite fasi finali di lavorazione sono pianificate per ripristinare le aree di occupazione nelle condizioni esistenti prima delle operazioni; pertanto, non si darà luogo ad alcuna modificazione morfologica, in modo che l'intervento compiuto possa risultare ininfluente sull'assetto dei terreni e sulle condizioni di deflusso delle acque superficiali.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		SPC. LA-E-83051
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 16 di 42	Rev. 0

4 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL SITO

4.1 Lineamenti geologici generali

La serie stratigrafica presente nel bacino del Petronio è costituita essenzialmente da *ofioliti* alla base e *copertura sedimentaria* soprastante. (vedi Fig. 4.1/A)

Le ofioliti della Liguria Orientale sono distribuite in due masse principali: la prima è il complesso Bargonasco - Val Graveglia, la seconda è il massiccio del Bracco.

L'insieme degli elementi tettonici del massiccio del Bracco si immerge assialmente al di sotto delle Argille a Palombini della Val Petronio, mentre il complesso Bargonasco-Val Graveglia risulta essere tettonicamente sovrapposto al massiccio del Bracco.

Le ofioliti del Bargonasco affiorano su un'area di circa 30 km² e fanno parte dell'allineamento ofiolitico Levanto-Ottone, costituendo parte del tratto in cui le ofioliti si trovano in giacitura primaria, sotto la successione sedimentaria costituita da diaspri di M. te Alpe, calcari a Calpionelle ed argille a Palombini.

In generale nelle sequenze ofiolitiche dell'Appennino settentrionale, resti della crosta oceanica giurassica della Tetide occidentale, si distinguono due porzioni principali:

- una basale, costituita da peridotiti di mantello (serpentiniche) e da rocce magmatiche gabbro-peridotitiche e filoniane;
- una sommitale, costituita da brecce ofiolitiche, basalti e sedimenti.

Nell'area indagata ritroviamo, come termini ofiolitici, sia la porzione basale che quella sommitale, rappresentate dalle seguenti formazioni, qui indicate in serie stratigrafica, partendo dal termine più basso:

- serpentiniti massicce, localmente molto tettonizzate e fratturate, a relitti di strutture cumulitiche e tettoniche con diffusi relitti mineralogici di originarie lherzoliti in facies a spinello; si trovano localmente associate facies ad oficalciti, brecce serpentiniche con matrice o cemento di carbonato di calcio (M. Bianco e M. te Croce dei Tozzi), sfruttate come pietre ornamentali;
- gabbri eufotidi (Bargonasco, M. Pù, M. Groppi e M. San Nicolao) in genere a cristallizzazione ben evidente, a volte stratificati-cumulitici, alterati nelle superfici esposte, con colorazione giallognola;
- brecce ofiolitiche, distinte in inferiori e superiori a seconda che si trovino sotto o sopra il livello basaltico; quelle inferiori sono formate da clasti provenienti dal basamento, principalmente da quello serpentinico (br. di Case Boeno), quelle superiori sono costituite in prevalenza da clasti di gabbro (br. di M. Zenone) o sono a composizione poligenica anche con frammenti di basalto a pillow (br. di M. Rossola), mentre brecce miste con frammenti di Fe-gabbri ed Mg-gabbri, plagiograniti e rare serpentiniti possono giacere su ambedue i basamenti (br. di M. Capra);
- basalti, in colate a pillow e brecce basaltiche (M. Groppi, M. Pù, M. Zenone), più raramente massicci con filoni basaltici.

La copertura sedimentaria è costituita invece dai seguenti termini:

- diaspri rossi e verdi (M. Tregin, M. Pù, M. Alpe), fittamente straterellati, a tratti brecciati, spesso fortemente mangesiferi (livelli basali); la porzione inferiore della formazione è più radiolaritica e silicea, ed è dovuta alla precipitazione

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 17 di 42	Rev. 0

chimica di silice colloidale e di organismi a scheletro siliceo (radiolari), o di entrambi, ed alla base contiene livelli di arenarie ofiolitiche ; la porzione sommitale è man mano più argillosa e passa ai calcari a calpionelle o alle argille a palombini;

- calcari a Calpionelle (versante Est di M. Tregin, M. Pù, zona tra M. Alpe e R. Frascaiese), compatti, micritici, di colore biancastro, frequentemente selciferi, ben stratificati, talvolta in eteropia con le argille a Palombini; la formazione presenta variazioni di spessore notevoli, da pochi metri a 200 m, ed ha caratteristiche pelagiche (di mare aperto), derivanti dalla risedimentazione di fanghi calcarei originati da accumulo di microrganismi a scheletro di carbonato di calcio; verso l'alto della formazione gli strati si riducono di spessore e si ha frequente interposizione di giunti argillitici;
- argille a Palombini, molto diffuse in Val Petronio , nel settore occidentale ed orientale di entrambi i versanti vallivi , spesso associate con i diaspri ed i calcari a calpionelle (M. Tregin, M. Pù); si tratta di una formazione pelagica o emipelagica in facies di pre-flysch, rappresentata da alternanze di argilloscisti grigio-scuri, fogliettati, (dominanti verso l'alto della formazione), in strati da centimetrici a decimetrici, con calcari silicei grigio chiari, palombini, compatti, con potenza variabile nell'ordine dei decimetri, e con marnoscisti grigio-cenerini e straterelli di arenarie siltose; si ritiene che questa facies , con gli apporti di tipo terrigeno (arenarie siltose -quarzareniti) e con le brecce (olistostromi) presenti in bacini contigui, rappresenti l'inizio della chiusura del bacino della Tetide, dopo le fasi di espansione oceanica a cui è collegato il magmatismo ofiolitico;
- formazione della Val Lavagna, sovrapposta alle argille a palombini nei settori occidentale ed orientale del bacino, oltre che al confine meridionale, con alternanze torbiditiche di siltiti, arenarie siltose e peliti sia argillitiche che marnose e con intercalazioni di marne grigio-plumbee (ardesie);
- arenarie del M. te Gottero, torbiditiche, quarzoso-feldspatiche , datate al Cretaceo superiore-Paleocene, affioranti nel settore occidentale e sudoccidentale del bacino, caratterizzate da passaggio graduale, verso il basso, alla formazione di Val Lavagna, e verso l'alto alle argilliti di Giaiette, attraverso una lacuna con discordanza; rappresentano una tipica facies di flysch, dovuta ad accumulo di materiale terrigeno in conoidi alla base della scarpata continentale e/o lungo la stessa;
- argilliti di Giaiette, costituite da alternanze di argilliti lamellari, varicolori, arenarie e calcareniti a grana finissima, calcari marnosi, talvolta con facies convergente ai palombini; gli affioramenti sono limitati all'ultimo tratto del T. Petronio, in versante sinistro (Colle Bardi e zona di Riva Trigoso); costituiscono una facies tipicamente emipelagica (Paleocene).

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 18 di 42	Rev. 0

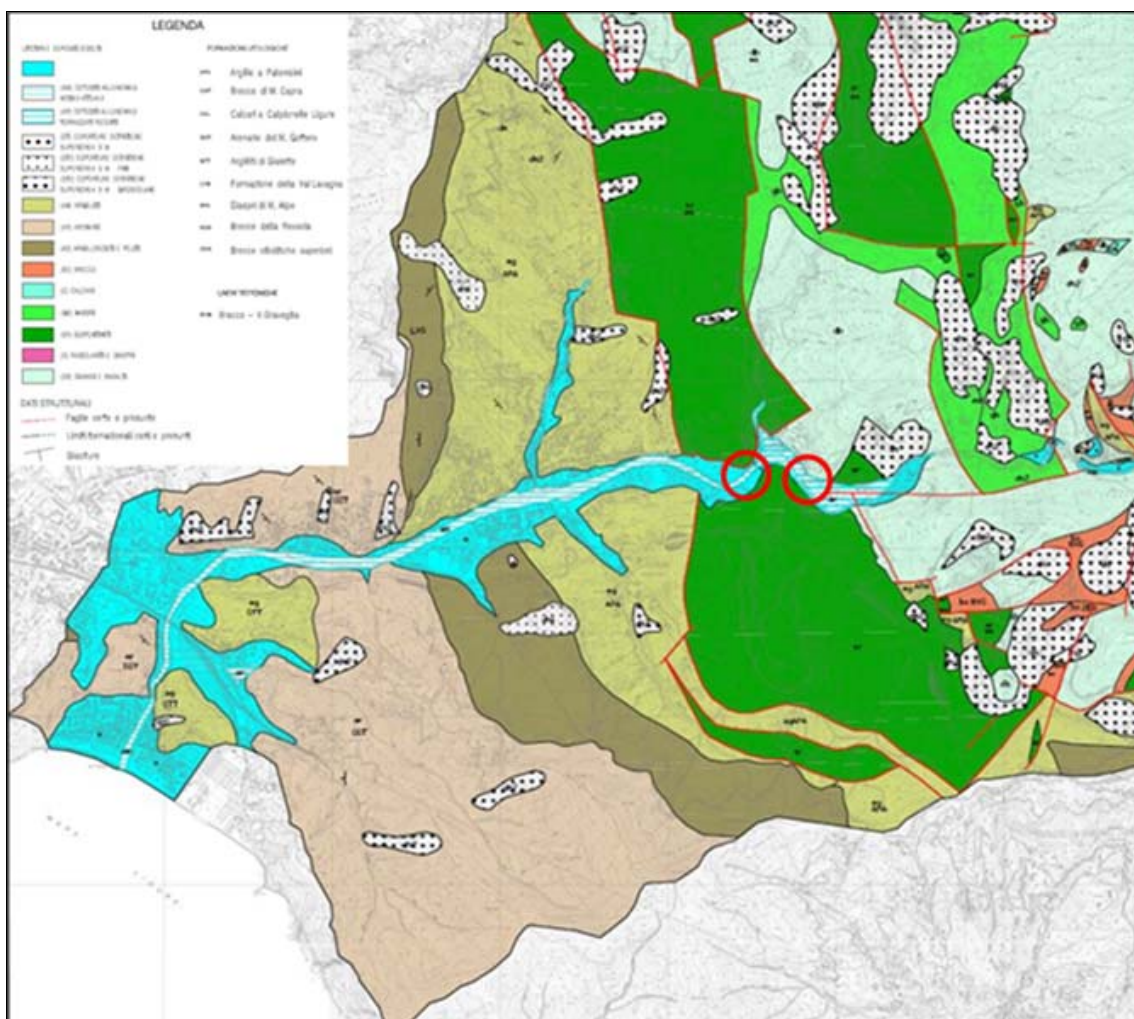


Fig. 4.1/A: Carta geolitologica della sezione del torrente Petronio interessata degli interventi in progetto (da Regione Liguria, Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico, Tavola 232100)

4.2 Inquadramento tettonico-strutturale

Le Alpi Liguri sono un edificio a falde sovrapposte, formatesi durante l'ultima orogenesi alpina. Ogni fase dell'evoluzione orogenetica si è manifestata attraverso varie strutture geometriche significative. A seconda del comportamento meccanico della roccia si sono avuti fenomeni compressivi di tipo plastico accompagnati a fenomeni distensivi di tipo rigido.

Le fasi di evoluzione tettonica che hanno interessato il bacino, descritte in letteratura, sono essenzialmente tre, di cui due riconoscibili alla scala del bacino:

- la fase plicativa ricollegabile all'orogenesi appenninica si è manifestata plasticamente con pieghe a sviluppo plurichilometrico con assi circa NS e NNO-SSE, che hanno influenzato l'impostazione della rete idrografica, fatta eccezione per l'asta principale, e vergenza Est e Nord Est rispettivamente: un esempio si ha nella serie del Bargonasco, dove il M. Pù rappresenta, secondo Decandia ed Elter, 1972, il fianco inverso di una piega sinclinale ad ampio raggio parzialmente fagliata, mentre "grazie ad un'isola di erosione, a S. Pietro Frascati nella Valle del

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 19 di 42	Rev. 0

Petronio. al di sotto delle ofioliti, compaiono i Calcari a Calpionelle e le Argille a Palombini”, sempre in serie rovesciata (da Castiglione Chiavarese fino al M.Chiappozzo, fuori dalla Valle del Petronio, per oltre 15 km);

- una successiva fase tettonica complessivamente a stile più rigido è caratterizzata da direttrici di faglia aventi direzione N-S (o NNS-SSE) ed E-O approssimativamente, entrambe ben visibili nell’ambito del complesso ofiolitico del Bargonasco; le seconde nella gran parte dei casi appaiono più recenti, in quanto rigettano le prime, con spostamento medio attorno a 100-150 m; un perfetto esempio di controllo strutturale è costituito dall’asta principale del T. Petronio, che appare bene orientata in direzione E-O, in particolare nel tratto centrale vallivo.

La zona che interessa l’area in esame non ricade all’interno di nessuna area sismogenetica e, come dettagliato in apposito studio⁴, la pericolosità sismica risulta decisamente modesta.

4.3 Caratteri geomorfologici dell’area d’intervento

L’influenza della litologia sulla morfologia è evidente nell’ambito del bacino: si passa infatti da versanti acclivi, interessati da erosione e denudamento diffusi, nel dominio delle rocce ofiolitiche (serpentiniti - gabbri - basalti) oppure nelle arenarie del Gottero, tutte formazioni rigide e tenaci, prive di minerali argillosi, a versanti molto più dolci, modellati su formazioni a comportamento plastico quali le argille a palombini, la formazione di Val Lavagna, le argilliti di Giaiette.

L’influenza dell’assetto tettonico più recente si è esercitata sulla morfologia, per effetto della separazione in blocchi del substrato originario, e sulla rete idrografica, impostata frequentemente sulle direttrici tettoniche recenti (controllo strutturale).

Nel bacino fluviale non mancano aree caratterizzate dalla presenza di roccia affiorante e subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino ad 1 metro di spessore, ma neanche aree caratterizzate dalla presenza di coperture detritiche e di depositi eluvio-colluviali con potenza maggiore di 3 metri. Queste ultime costituiscono prevalentemente le coltri di materiali sciolti derivanti dall’alterazione in posto (eluvio) delle formazioni descritte, oppure rimosse ed asportate dalle acque dilavanti ed accumulate in zone depresse (colluvio) od ancora le fasce detritiche pedemontane più grossolane ed eterogenee ai piedi dei rilievi di antica detrizione.

In molti settori del bacino inoltre, sono presenti coltri detritiche sovrastate da forme riconoscibili come coronamenti di frana. La maggior parte di queste viene considerata come “corpo di frana” mentre per alcune la natura colluviale non è evidenziata.

Le alluvioni interessanti l’alveo attuale sono depositi di entità minima, in quanto l’attività di trasporto dei corsi d’acqua determina mancanza di deposizione in concomitanza con locali frequenti fenomeni di erosione spondale. Unici relitti morfologici di attività alluvionale si riscontrano sporadicamente laddove pianori laterali e sopraelevati rispetto ai corsi d’acqua possono essere riferiti a terrazzi di antica erosione e successivo deposito.

⁴ Caratterizzazione delle sismicità e verifica allo scuotimento sismico - doc. n. LA-E-83017

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 20 di 42	Rev. 0

4.4 Caratteri idrogeologici dell'area d'intervento

Nell'ambito del rilevamento generale del territorio finalizzato alla redazione del Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dell'Ambito 17, sono state valutate le caratteristiche ed il comportamento delle varie formazioni sotto il profilo idrogeologico, in particolare le condizioni di drenaggio naturale e la permeabilità utilizzate per la classificazione seguente, riportata nella carta idrogeologica:

- permeabili per porosità;
- permeabili per fessurazione e fratturazione;
- semipermeabili per fessurazione e fratturazione;
- impermeabili o poco permeabili.

Formazioni permeabili per porosità

Appartengono a questa categoria le alluvioni attuali e di fondovalle, antiche e recenti, a granulometria sabbioso-ghiaiosa, come pure le coltri detritiche ed eluvio colluviali, presenti sui versanti con vari spessori e granulometrie, rientrano nelle formazioni permeabili per porosità.

Formazioni permeabili per fessurazione e fratturazione

Rappresentano la categoria più numerosa e più frequente nell'ambito del bacino del T. Petronio, in quanto vi rientrano tutte le rocce verdi (serpentiniti, gabbri, basalti) interessate da percolazione idrica nei sistemi di fratture da cui sono interessate, le formazioni a base calcarea (calcari e arenarie), interessate anche solo localmente da una circolazione di tipo carsico favorita dalla dissoluzione parziale del calcare (fenomeni di carsismo attenuato) lungo le fratture esistenti, tutte le brecce e i diaspri.

Formazioni semipermeabili per fessurazione e fratturazione

Rientra in questa categoria la formazione delle argille a palombini, tipicamente costituita da alternanze di livelli argillosi, impermeabili o poco permeabili, con livelli calcarei permeabili per fessurazione e fratturazione.

Formazioni impermeabili o poco permeabili

Sono rappresentate dalla formazione della Val Lavagna e dalle argilliti di Giaiette, a dominante composizione argillitica.

Ulteriori aspetti relativi alle interferenze tra circolazione idrica sotterranea e opere in progetto sono esposti nello studio di compatibilità idrogeologica⁵.

4.5 Indagine geognostica

La finalità delle indagini in sito è stata quella di ricostruire più dettagliatamente le principali caratteristiche e i lineamenti del sottosuolo, con particolare riferimento alla natura litologica e stratigrafica delle aree per le quali è previsto l'attraversamento in sottterraneo. Inoltre è stato possibile avere utili informazioni circa lo spessore degli strati e le loro caratteristiche strutturali e idrologiche.

Nel caso specifico, si è proceduto all'esecuzione di n. 2 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo: il BH01 spinto alla profondità di ml 15,0 da p.c. e il BH02 a 12,0

⁵ Studio di Compatibilità Idrogeologica - doc. n. LA-E-83018

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		SPC. LA-E-83051
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 21 di 42	Rev. 0

ml da p.c.. I sondaggi sono stati eseguiti in conformità alle norme ANISIG. I risultati, nel dettaglio, dell'indagine geognostica eseguita da CAM PERFORAZIONI S.r.l. per conto di Saipem S.p.A., sono riportati in Appendice I.

In corrispondenza dei sondaggi eseguiti, per il sottosuolo indagato, si riscontrano le seguenti successioni stratigrafiche:

Sondaggio BH01: si osserva un primo livello di sabbie limose fino a circa 2,2 ml dal p.c., da mediamente addensate ad addensate con ghiaia fine, a spigoli vivi che lascia il posto ad un livello di brecce di natura ofiolitica aventi dimensioni di qualche centimetro che arriva sino a 4,0 ml dal piano campagna. A questa profondità comincia un'alternanza tra livelli ofiolitici di colore verdastro e livelli calcarei a tessitura micritica di colore grigio-nerastro con inclusioni calcitiche che viene osservata fino a circa 15 metri dal piano campagna. Il materiale dapprima si presenta fratturato e poi è sempre più omogeneo; tra gli 11,0 e i 12,0 ml dal p.c. si osserva un livello costituito da gabbri.

Sondaggio BH02: dai primi metri della stratigrafia e sino ad una profondità di circa 9,0 ml dal piano campagna si osserva un'alternanza di brecce poligeniche per la maggior parte e materiale detritico in misura minore. In particolare le brecce poligeniche (in prevalenza argilloscisti) hanno dimensioni eterometriche e sono organizzate in matrice limoso-sabbiosa; fatta eccezione per un sottile livello di ghiaia con sabbia grossolana con clasti sub-arrotondati a 6,5 ml dal piano campagna, tali brecce lasciano il posto ad un'alternanza di livelli ofiolitici verdastri e livelli calcarei e calcareo-marnosi grigio-nerastri con presenza di vene ed inclusioni calcitiche. Tale materiale si presenta altamente fratturato e a tratti molto alterato.

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella seguente immagine satellitare acquisita il 30/03/2017 da Google Earth. (vedi Fig. 4.5/A)

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 22 di 42	Rev. 0



Fig. 4.5/A: Posizione dei sondaggi geognostici eseguiti in asse al tracciato del metanodotto in progetto, in corrispondenza dei siti di attraversamento fluviale

Alla luce della valutazioni di carattere litologico, geomorfologico e idrogeologico locali non si riscontrano specifiche tipologie di pericolo dovute a condizioni di instabilità, né motivi ostativi alla esecuzione dell'attraversamento come in precedenza descritto (→3); le modalità esecutive previste per le opere sono quindi corrispondenti alle caratteristiche del sito di intervento, determinate sulla base dei dati acquisiti.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		SPC. LA-E-83051
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 23 di 42	Rev. 0

5 ANALISI IDROLOGICHE DI BASE

5.1 Vita utile dell'opera e tempo di ritorno dei fenomeni idrologici

La “vita utile” del gasdotto, intesa come periodo di esercizio ordinariamente previsto, ha particolare rilevanza per quanto concerne l'identificazione delle condizioni limite di progetto, correlate alla durabilità dell'opera, in relazione al dimensionamento delle relative infrastrutture, alla scelta delle tecnologie esecutive e dei materiali, e delle misure protettive atte a garantirne resistenza e funzionalità. In tal senso, le scelte progettuali devono essere tali da assicurare, nell'ambiente di esecuzione definito dal tracciato, l'idoneità della condotta durante il periodo di esercizio stabilito, senza che si debba ricorrere ad interventi correttivi.

Stanti le cautele progettuali appositamente previste, segue che la “vita utile” del metanodotto “Collegamento Sestri Levante-Recco”, costituito da condotta DN 400 (16”), DP 75 bar ed opere connesse, può considerarsi, dal punto di vista squisitamente tecnico, anche elevata; tuttavia, come per tutti i gasdotti, l'effettivo periodo di esercizio continuo è, di fatto, limitato: tenuto conto dell'evoluzione normativa e costruttiva, e delle variazioni che progressivamente vengono indotte sul sistema nazionale di approvvigionamento energetico, il riferimento temporale da assegnare alla “vita utile” è pari a 50 anni.

Il concetto di “evento critico” cui sottoporre l'opera scaturisce da tale dato, correlandosi però alla rilevanza che il metanodotto può avere in termini di possibili alterazioni e/o influenze indotte sull'ambiente, così come su altre infrastrutture e/o su insediamenti e attività varie. In tal senso, la “vita utile” dell'opera acquisisce un carattere convenzionale, teso a massimizzare le condizioni di sicurezza dell'opera stessa e del contesto in cui si inserisce. Il riferimento temporale da assegnare all'“evento critico” può essere posto pertanto, del tutto cautelativamente, pari a 100 anni o a 200 anni.

Poiché di fatto l'intervento in progetto non comporta alcuna variazione della geometria dell'“area fluviale” e dell'alveo e non può indurre alterazioni al regime dei deflussi, il tempo di ritorno superiore a 50 anni, relativo alla portata al colmo di riferimento per la modellazione idraulica, costituisce un presupposto probabilistico, che, nella realtà, non è comparabile con l'effettiva “vita utile” dell'opera, giacché al fenomeno limite che si determina per periodi superiori è associata una probabilità di accadimento estremamente inferiore a quella direttamente correlabile alla “vita utile” dell'opera stessa.

5.2 Stima della portata di modellazione idraulica

Il bacino del Torrente Petronio ha una superficie di circa 61 km² ed è delimitato dallo spartiacque passante per i rilievi indicati in senso orario, partendo dalla località di Riva Trigoso a quota 0.00 m slm e seguendo un perimetro approssimativamente triangolare:

- M. Pagano 75 m slm, M. Caddio 390 m slm, M. Bomba 608 m slm, M. Fucisa 700 m slm, M. Tregin 870 m slm, M. Roccagrande 970 m slm, M. Bocco 1021 m slm;
- M. Zenone 1053 m slm, M. Alpe 1094 m slm, M. Colello 792 m slm, M. Bastia 760 m slm, M. Arpecello 643 m slm, M. Traversa 835 m slm, M. Groppi 868 m

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		SPC. LA-E-83051
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Rev. 0
		Fg. 24 di 42		

slm, Cima Stronzi 846 m slm, M. San Nicolao 847 m slm;

- M. Pietra di Vasca 801 m slm, M. Merelle 636 m slm, M. Salto del Cavallo 611 m slm, colle del Bracco 412 m slm, M. Moneglia 521 m slm, punta Baffe 252 m slm, colle Cantagallo 171 m slm, colle Bardi 96 m slm, Riva Trigoso 0.00 m slm.

Il bacino del T. Petronio è compreso in un ben definito settore climatico, per l'importanza fondamentale dell'influenza del mare, essendo l'andamento della Val Petronio all'incirca parallelo alla costa, e lo spartiacque appenninico distante in media dalla costa solo qualche chilometro.

Tale situazione comporta l'esposizione ai venti umidi e tiepidi dal mare, con la protezione dei rilievi settentrionali nei confronti dei venti freddi del Nord.

In tali condizioni si osserva generalmente una temperatura piuttosto mite, una scarsa umidità invernale, escursioni termiche ridotte in tutte le stagioni, piogge abbondanti (condizionate dalla posizione altimetrica) e buoni valori per ogni stagione della radiazione globale effettiva.

I cicli stagionali vedono praticamente l'alternarsi di dominio fra gli anticloni dell'Europa continentale e le depressioni localizzate nella zona del Golfo di Genova; tale situazione climatica fa sì che si verifichino precipitazioni nevose, soprattutto nelle parti alte del bacino, tra Dicembre e Marzo.

I dati di temperatura del bacino sono caratteristici di un clima mediterraneo, (min 2°-max 28°), quindi in generale si può affermare che è un clima marittimo, con piovosità notevole e frequenti precipitazioni di intensità e violenza temporalesca, abbastanza ripartite tra le varie stagioni.

Le due sezioni di attraversamento sul torrente Petronio sono site nel tratto di valle del corso d'acqua: l'attraversamento #1 poco a valle della confluenza del rio Gavotino, l'attraversamento #2 poco a valle della confluenza del torrente Bargonasco e poco a monte della confluenza del rio Rigattaio (Fig. 5.2/A).

Come in precedenza esposto, gli eventi idrometrici di maggior rilievo risultano essere associabili a fenomeni pluviometrici intensi, che danno luogo al regime "torrentizio" di portate nel torrente e il suo carattere torrentizio si esplica in piene improvvise e violente.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 25 di 42	Rev. 0

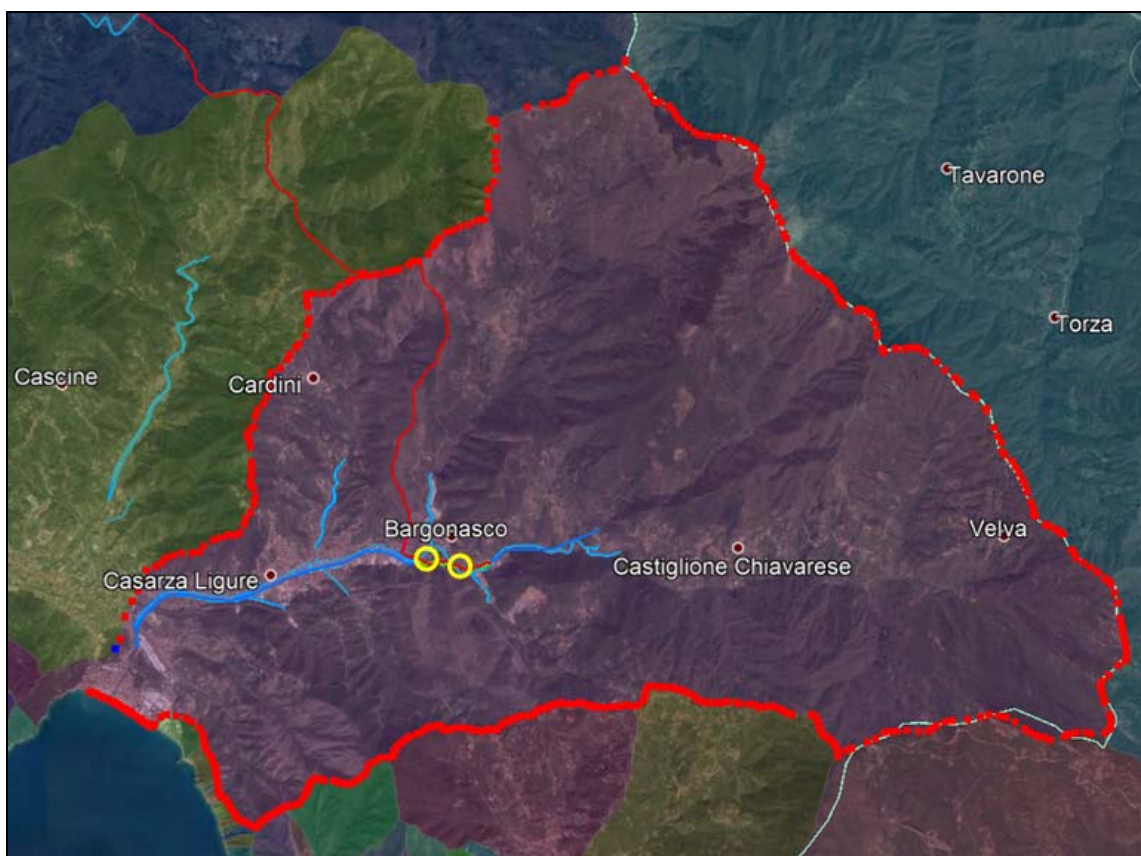


Fig. 5.2/A: Posizione dei siti di attraversamento in relazione al sistema idrografico

Come evidenziato in numerosi studi idrologici, condotti sia a livello istituzionale sia a livello accademico, appare quindi complessa una stima probabilistica degli eventi piena, che non coinvolga tutti i fenomeni influenti. Pur in base a tali circostanze è comunque possibile dar luogo ad una stima sommaria e cautelativa della portata di riferimento. Per le finalità progettuali, è possibile fare riferimento a quanto riportato nello studio idraulico sul torrente Petronio, eseguito dalla Autorità di Bacino Regionale⁶, ove la portata massima è determinata mediante analisi delle precipitazioni.

Nell'ambito del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto idrogeologico, le analisi e le verifiche idrauliche effettuate lungo l'asta del Torrente Petronio e dei suoi principali affluenti hanno consentito di individuare il livello di criticità di diversi tratti o sezioni d'alveo in relazione al deflusso della portata di piena con diversi periodi di ritorno.

Nella parte bassa, l'asta del torrente Petronio è stata divisa in undici tratti, dalla foce in località Riva Trigoso (sez. PE-01) sino alla località Casali (sez. PE-00):

1. Località Riva Trigoso - Ponte comunale
2. Riva Trigoso - Località Pian del Fiume
3. Località Riva Trigoso - Ponti FF.SS. e Aurelia

⁶ **Torrente Petronio - Relazione Generale** – Ambito Regionale di Bacino 17 - Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (D.G.P n.121 del 18/11/2013)

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		SPC. LA-E-83051
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco	Fg. 26 di 42	Rev. 0

4. *Località Sara - Ponte stradale*
5. *Casarza Ligure - Località Francolano*
6. *Casarza Ligure - Località Vallescura*
7. *Casarza Ligure - Confluenza coi Rii Cacarello e Vallegrande*
8. *Località Pian Tangoni di Bergamin*
9. *Confluenza col torrente Bargonasco*
10. *Località Battilana - Confluenza col rio Gavotino*
11. *Località Casali - Confluenza col rio Frascaresse*

L'analisi idraulica del torrente Petronio inizia in Località Casali, a monte della confluenza col rio Frascaresse. In questo tratto il corso d'acqua è contenuto in sponda sinistra dal versante e in destra da un terrazzo alluvionale destinato a coltivi. In adiacenza al ponte a tre arcate della Statale n. 523 (sez. PE99), si nota un gruppo di case in sponda destra. Più a valle il torrente scorre in un alveo stretto e incassato, fiancheggiato dalla strada in sponda sinistra. Il nuovo tracciato della Statale costeggia il corso d'acqua sino in località Battilana, dove lo attraversa con un ponte a campata unica. Il vecchio ponte a due campate, di cui una parzialmente ostruita da deposito alluvionale, è ormai in disuso e costituisce ostacolo al regolare deflusso.

Il tratto compreso tra il ponte suddetto e la confluenza col torrente Bargonasco è stato oggetto di un recente intervento di sistemazione idraulico-forestale a cura della Comunità Montana Val Petronio, che ha comportato l'allargamento delle sezioni d'alveo e la realizzazione di una scogliera in massi su entrambe le sponde. Poco a valle della confluenza in sponda sinistra col rio Gavotino, si rileva la presenza di un guado. L'alveo è limitato dal versante in sponda sinistra e dalla piana di Battilana, destinata prevalentemente a uso agricolo, in sponda destra.

Dopo la confluenza in sponda destra col torrente Bargonasco, il corso d'acqua scorre tra due sponde naturali sino alla briglia a monte del ponte di accesso a Villa Ricci, a valle della quale inizia in sponda destra una scogliera in massi di recente costruzione e a sinistra un muro d'argine in c.a., a protezione di un edificio posto in fregio all'alveo. Su entrambe le sponde, la quota del terreno adiacente il torrente è inferiore a quella della sommità arginale. Anche questo tratto è stato oggetto di intervento di allargamento della sezione idraulica, come testimonia l'aggiunta dell'ultima campata di destra del ponte. Nell'ambito della previsione di nuovi insediamenti in loc. Pian Tangoni, è in corso di esecuzione il progetto della nuova viabilità in sponda sinistra che prevede inoltre la sostituzione della passerella pedonale metallica con un ponte carrabile a due campate.

In località Casarza Ligure, confluiscono nel Petronio il rio Vallegrande in sponda sinistra e il rio Cacarello in destra. Il torrente è attraversato in rapida successione dal nuovo ponte di Casarza e dal vecchio ponte con tre pile in alveo, in corrispondenza del quale il corso d'acqua è fiancheggiato in sponda destra dalla Statale e in sinistra da un agglomerato di case poste a quota inferiore rispetto a quella del ponte.

Il Petronio si restringe leggermente e in località Vallescura, a monte della briglia, riceve il rio Nuovo in sponda sinistra. Su entrambe le sponde naturali si notano fenomeni di forte erosione spondale.

Lungo questo ultimo tratto, quasi rettilineo, si susseguono salti di fondo ormai nascosti

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 27 di 42	Rev. 0

dalle alluvioni. In località Francolano, lungo la sponda destra, priva di adeguata arginatura, corre la strada del nuovo quartiere residenziale. In corrispondenza del depuratore, l'alveo va restringendosi progressivamente per poi curvare verso sud.

In località Sara, il Petronio è attraversato da un ponte carrabile con due pile in alveo, con problemi di stabilità strutturale dovuti al distacco della platea di fondazione dalla spalla sinistra del ponte.

A valle del viadotto autostradale, il corso d'acqua è contenuto tra due muri d'argine, che proteggono le adiacenti aree urbanizzate, depresse rispetto alle sommità arginali. La sezione risulta, poi, ridotta in corrispondenza del doppio attraversamento dei ponti dell'Aurelia e della Ferrovia Genova-Pisa, entrambi con pila in alveo.

A valle della linea ferroviaria, il Petronio scorre fiancheggiato in sponda destra dalla strada che conduce a Riva Trigoso e in sinistra dal versante. All'altezza della briglia (sez. PE14), in curva, l'alveo subisce un brusco restringimento, in corrispondenza del quale si rileva la presenza di un edificio-argine in sponda sinistra e poco più a valle, nel punto più stretto, l'attraversamento del ponte romano a schiena d'asino.

Nel suo tratto terminale, il torrente Petronio scorre tra muri d'argine di altezza variabile nel centro abitato di Riva ed è attraversato dal ponte comunale, prima di sboccare in mare.

Di interesse ai fini progettuali è il tratto a cavallo della confluenza con il torrente Bargonasco (sez. PE71-PE86), in cui ricadono i due attraversamenti, per una lunghezza complessiva di circa 460 m slm.

Secondo il citato studio, per le portate al colmo del Petronio alle diverse sezioni di chiusura in cui ricadono gli attraversamenti in progetto, si avrebbe la seguente stima probabilistica:

Petronio a valle della confluenza con il Rio Frascaresse: portata massima Q_M in m ³ /s			
T_r	50 anni	200 anni	500 anni
Q_M tratto 9 (monte)	403	493	553
Q_M tratto 9 (valle)	536	654	732

Senza entrare nel merito dei presupposti di calcolo delle stime riportate, si ammette che esse siano congruenti con i presupposti delle valutazioni progettuali relative all'esecuzione del metanodotto: non richiedendosi alla relativa analisi idrologica di addivenire a risultati di valenza assoluta ma solo di fornire un dato utile alla modellazione idraulica, per l'analisi dei potenziali effetti della piena, in relazione al tempo di ritorno cautelativamente prefissato e non corrispondente alla reale "vita utile" dell'opera. Il fine è, infatti, la stima degli eventuali fenomeni erosivi, che, sulla base di ampi coefficienti di sicurezza, devono dimostrarsi limitati entro valori tali da assicurare condizioni di stabilità della condotta ed assenza di interferenza tra questa e le correnti di piena.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 28 di 42	Rev. 0

6 STUDIO IDRAULICO

6.1 Presupposti e finalità e dello studio idraulico

Lo studio idraulico di supporto alla verifica delle condizioni di compatibilità è finalizzato alle seguenti determinazioni:

- stima ed analisi dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso della portata di piena di riferimento, in corrispondenza della sezione interessata dall'attraversamento in progetto;
- valutazione dei potenziali fenomeni erosivi del fondo alveo e degli approfondimenti, che possono verificarsi sia in esso sia nell'area fluviale, in concomitanza delle piene di riferimento, assunte come parametro di calcolo.

In particolare, ai fini di stabilità e funzionalità del metanodotto, oltre che per escludere interferenze idrauliche e ambientali, occorre attestare come le condizioni di posa della tubazione disposta in sub-alveo permettano di escludere ogni mutua influenza tra l'opera e il deflusso, così come tra l'opera e la conformazione del corso d'acqua.

Al fine di stimare i fenomeni di approfondimento, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto fluviale e dei potenziali fenomeni di escavazione; in modo che un eventuale asportazione di materiale, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare la tubazione stessa. I criteri di stima in questione sono basati su condizioni di fondo mobile, del tutto privo di coesione e di resistenza al trascinamento; pertanto risultano sovradimensionati rispetto a molteplici circostanze reali.

Per tali valutazioni, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati⁷, può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo, e le caratteristiche del materiale che lo forma. Per attraversamenti realizzati in sub-alveo, mediante i quali non si induce alcun "disturbo" alla morfologia ed all'assetto resistivo degli strati superficiali del letto fluviale, detti modelli risultano immediatamente applicabili ed estremamente cautelativi.

Arature di fondo

Per quanto attiene al fenomeno di scavo temporaneo durante le piene o "aratura di fondo", esso, di norma, raggiunge valori modesti, se inteso come generale abbassamento del fondo, mentre può assumere valori consistenti, localmente, se inteso come migrazione trasversale o longitudinale dei materiali incoerenti che lo compongono. Nel primo caso si tratta della formazione di canali effimeri, sotto l'azione di vene particolarmente veloci; nel secondo caso, tali approfondimenti possono derivare, durante il deflusso di massima piena, dalla formazione di dune disposte trasversalmente alla corrente fluida, che comportano un temporaneo abbassamento della quota d'alveo, in corrispondenza del cavo tra le dune stesse.

Per la verifica di tali potenziali effetti delle piene, ci si rifà agli studi⁸ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un

⁷ D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

⁸ Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 29 di 42	Rev. 0

valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di deflusso ivi determinata. In particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica; una generalizzazione prudentiale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena⁹.

Pertanto, una stima del tutto prudentiale della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza della sezione di interesse, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_0):

$$Z = 0,5 \cdot h_0$$

Approfondimenti localizzati

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno possono individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano l'erosione.

In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dal fenomeno sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione.

In termini "qualitativi", per determinare un valore conservativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch¹⁰ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e individua un valore rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota minima indisturbata del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- $H = h_0 + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.

⁹ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanovello A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

¹⁰ Schoklitsch A., "Stauration, Verlandung und kolkbewehr"; Springer ed., Wien, 1935.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		SPC. LA-E-83051
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 30 di 42 Rev. 0

Diametro limite dei clasti trasportabili

In merito al problema della determinazione del diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, si ricorre alla formula di Shields, che, per i casi di regime turbolento ($Re^* > 1000$), diviene

$$\delta = \frac{\tau_0}{[0.06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w)]}$$

dove

- δ è il diametro delle particelle;
- τ_0 è la tensione tangenziale in alveo;
- γ_s è il peso specifico delle particelle (considerato 24 kN/m³);
- γ_w è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida.

Lo schema utilizzato per la determinazione dei profili idrici è quello di moto permanente monodimensionale (deflusso costante e geometria variabile), con corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture), variazioni di forma dell'alveo e di pendenza longitudinale del fondo compatibili con il modello.

La validità delle analisi eseguite in condizioni di moto permanente è avvalorata dalle seguenti considerazioni:

- le valutazioni idrauliche sono condotte per un tratto limitato dei corsi d'acqua;
- lo studio è essenzialmente incentrato sugli effetti del massimo valore di livello idrico raggiunto durante l'evento di piena ed al corrispondente carico energetico.

I criteri ed i modelli di calcolo utilizzati per le verifiche idrauliche in moto permanente derivano dall'applicazione del software HEC-RAS¹¹, nella versione 4.1.0 e descritti nei documenti "RAS Hydraulic reference manual", "RAS user's manual", "RAS applications guide".

Poiché gli interventi in progetto non comportano alcuna variazione della geometria dell'alveo, lo studio idraulico è pertanto riferibile sia alla situazione ante sia alla configurazione post-opera. Si considera che la ricostituzione spondale in massi, non induca variazione delle condizioni di scabrezza che possano avere effetto sul deflusso di piena.

6.2 Assetto geometrico e modellazione dell'alveo

Nell'ambito del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto idrogeologico¹², il tronco vallivo del torrente Petronio, dalla sez. PE-01 alla sez. PE-98, è stato oggetto di modellazione.

I due attraversamenti in progetto ricadono in prossimità delle sezioni identificate nel

¹¹ River Analysis System, versione 4.1.0, sviluppato da U.S. Army Corp of Engineers - Hydrologic Engineering Center - 609 Second Street, Davis, CA (U.S.A.)

¹² **Torrente Petronio - Relazione Generale** – Ambito Regionale di Bacino 17 - Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (D.G.P n.121 del 18/11/2013)

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 31 di 42	Rev. 0

modello come PE-86 (#1) e PE-71 (#2). (vedi Fig. 6.2/A)

Dal momento che il modello idraulico si sviluppa per un tratto significativo a monte e a valle delle sezioni di interesse, è possibile far riferimento ai parametri idraulici che caratterizzano il deflusso della portata di piena di riferimento, in corrispondenza delle sezioni interessate dagli attraversamenti in progetto.

Procedendo nell'ordine da valle verso monte, il tratto in cui ricadono gli attraversamenti di progetto sono:

- Tratto 9 – Confluenza col torrente Bargonasco: dalla sez. PE-86 alla sez. PE-71.

Lungo questo tratto sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo.

Le verifiche idrauliche hanno riguardato un tratto di corso d'acqua a cavallo della confluenza col torrente Bargonasco, che è stato oggetto negli anni '80 di un intervento di allargamento della sezione di deflusso a cura della Comunità Montana Val Petronio.

Le sezioni sono state tratte dal suddetto Progetto generale di sistemazione idraulica del torrente Petronio nel tratto compreso tra la confluenza col torrente Bargonasco ed il ponte della S.S. n.523, in Comune di Casarza Ligure.

Con riferimento al codice di calcolo utilizzato, il coefficiente di Manning adottato, data la natura dell'alveo, è pari a $n = 0,028$, sia per l'alveo principale (Chan) sia per le aree golenali di deflusso oltre i limiti d'alveo (LOB, ROB).

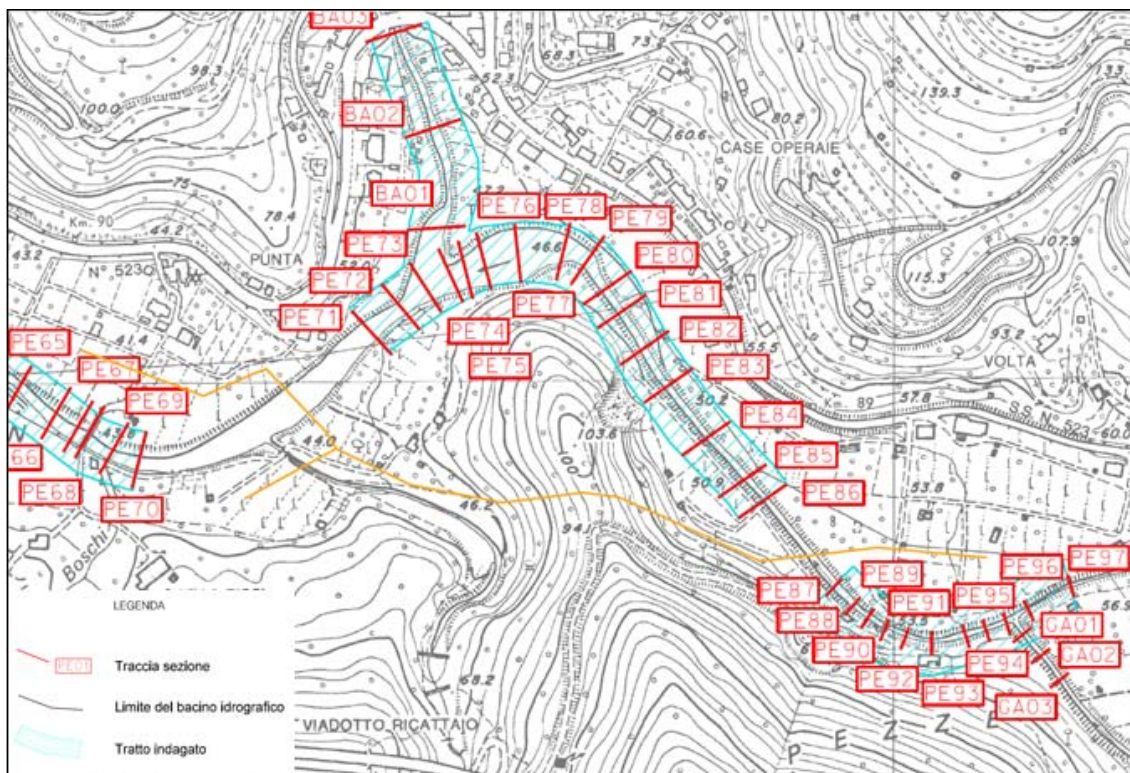


Fig. 6.2/A: Geometria di base della modellazione idraulica HEC-RAS nel tratto del torrente Petronio interessato dagli attraversamenti #1 e #2. Tratto 9 – Confluenza col torrente Bargonasco: dalla sez. PE-86 alla sez. PE-71. Per le distanze progressive si veda Fig. 6.3/A

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 32 di 42	Rev. 0

6.3 Parametri del deflusso di piena

Le verifiche idrauliche sono state condotte in condizioni di moto permanente per i tre valori di portata al colmo con tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni, per diverse sezioni di chiusura¹³.

Nelle sezioni di calcolo del profilo quale quota di riferimento della sommità degli argini è stata assunta quella dell'alveo di magra e di morbida.

Tutte le sezioni sono costruite osservando i corsi d'acqua da monte verso valle. La loro lunghezza è tale da includere l'intera area fluviale e le aree golenali. (Fig. 6.3/A)

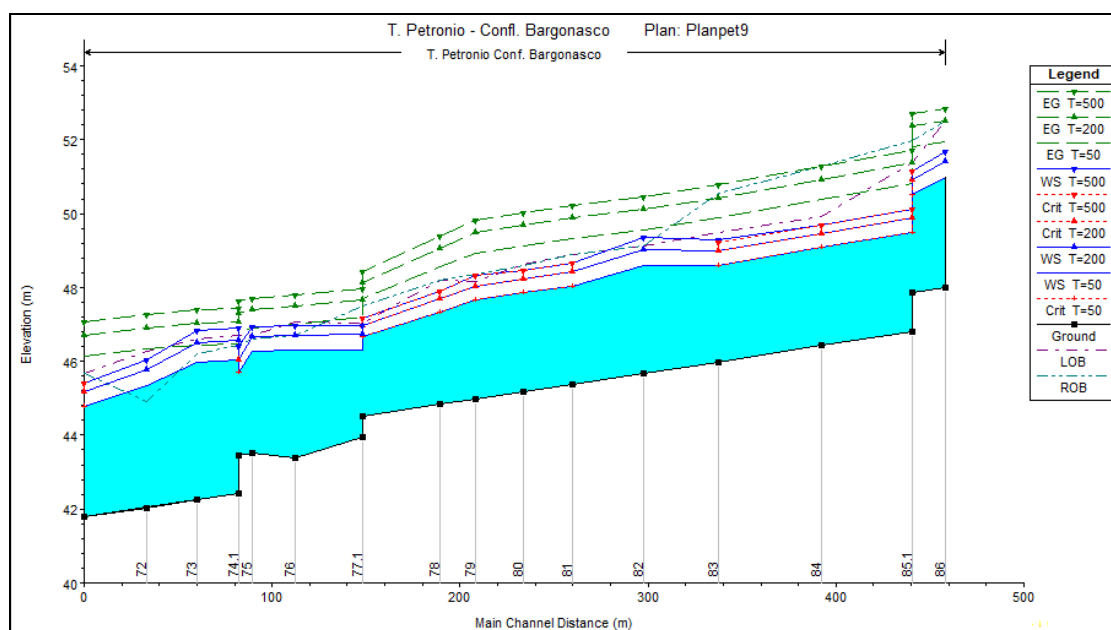


Fig. 6.3/A: Torrente Petronio, profili di corrente per le portate di piena nel tratto interessato dagli attraversamenti #1 e #2. Tratto 9 – Confluenza col torrente Bargonasco: dalla sez. PE-86 alla sez. PE-71

Le verifiche hanno mostrato che il tratto risulta inondabile in sponda destra, a cavallo della confluenza del torrente Bargonasco, per portate pari o di poco superiori alla duecentennale, ma non nelle zone di monte e di valle del tratto.

Nelle sezioni di interesse per le opere di attraversamento in sub-alveo e per la posa della tubazione lungo il tracciato, non si determinano condizioni che possano inficiare la stima dei potenziali fenomeni erosivi; risultando, al contrario, parametri di deflusso del tutto adeguati alle metodologie cautelative di stima in precedenza descritte (→ 6.1).

Con riferimento al codice di calcolo utilizzato, i principali parametri determinati, assumono i significati qui di seguito specificati:

River Station: Numero identificativo della sezione;

Q Total: Portata complessiva defluente nell'intera sez. trasversale;

Min. Ch Elev: Quota minima di fondo alveo;

¹³ **Torrente Petronio - Relazione Generale** – Ambito Regionale di Bacino 17 - Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (D.G.P n.121 del 18/11/2013)

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 33 di 42	Rev. 0

W.S. Elev: Quota del pelo libero;
Crit W.S: Altezza critica;
E.G. Elev: Quota della linea dell'energia per il profilo liquido calcolato;
E.G. Slope: Pendenza della linea dell'energia;
Vel Chnl: Velocità media nel canale principale dell'alveo;
Flow Area: Area della sezione liquida effettiva;
Top Width: Larghezza superficiale della sezione liquida;
Froude Chnl: Numero di Froude nel canale principale dell'alveo.

Nel seguito sono presentati i grafici (vedi Fig. 6.3/B e 6.3/C) relativi ai risultati di maggiore interesse idraulico, limitatamente alle nuove opere in progettazione.

Le sezioni sono costruite e rappresentate con vista da monte verso valle.

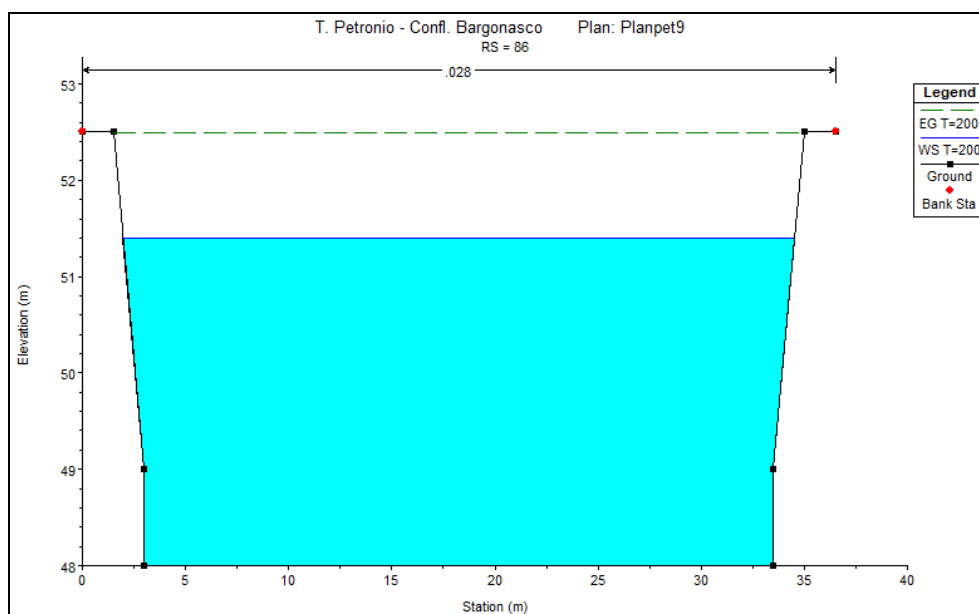


Fig. 6.3/B: Sezione di monte del tratto, PE-86

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 35 di 42	Rev. 0

Per la stima dei fenomeni erosivi, quale "portata di riferimento", si assume quella associata ad un tempo di ritorno pari a 200 anni:

- Tratto 9 (monte) - $Q_{Max} = 493 \text{ m}^3/\text{s}$
- Tratto 9 (valle) - $Q_{Max} = 654 \text{ m}^3/\text{s}$

Certamente essa è comunque basata su un presupposto probabilistico, che, nella realtà, non è comparabile con l'effettiva "vita utile" dell'opera, in quanto al periodo medio, espresso in anni, in cui è prevedibile che si verifichi il fenomeno limite posto a base di progetto, è associata una probabilità di accadimento estremamente inferiore a quella direttamente correlabile alla "vita utile" dell'opera stessa.

In base ai risultati della modellazione idraulica per la portata di massima piena duecentennale (TR=200 anni), i valori dell'altezza idrica, del carico energetico e del perimetro bagnato sono utili alla stima dei potenziali fenomeni erosivi al fondo, in corrispondenza delle opere in progetto.

Portata di riferimento tratto 9 torrente Petronio $Q_{Max} = 493 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 86 (PE-86)					
E.G. Elev (m)	52,50	Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	51,40	Wetted Per. (m)		37,72	
E.G. Slope (m/m)	0,00426	Flow Area (m^2)		106,14	
Max Chl Depth (m)	3,40	Top Width (m)		32,56	
Froude # Chl	0,80	Avg. Vel. (m/s)		4,64	

In particolare, in corrispondenza dei punti di minor quota, l'altezza idrica associata alla portata di riferimento risulta:

- massima incisione in alveo (minima quota 48,0 metri), 3,4 metri

Portata di riferimento tratto 9 torrente Petronio $Q_{Max} = 654 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 71 (PE-71)					
E.G. Elev (m)	46,70	Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	45,17	Wetted Per. (m)		42,73	
E.G. Slope (m/m)	0,00599	Flow Area (m^2)		119,31	
Max Chl Depth (m)	3,38	Top Width (m)		39,00	
Froude # Chl	0,95	Avg. Vel. (m/s)		5,48	

In corrispondenza dei punti di minor quota, l'altezza idrica associata alla portata di riferimento risulta:

- massima incisione in alveo (minima quota 41,79 metri), 3,38 metri

6.4 Valutazione dei potenziali fenomeni erosivi

La stima dei potenziali fenomeni erosivi massimi in corrispondenza delle sezioni di attraversamento, descritti al precedente paragrafo 6.1, si concretizza nella valutazione dei parametri idraulici e geometrici relativi alle sezioni RS 86 (PE-86) e RS 71 (PE-71), prossime all'asse del metanodotto, rispetto alle quali occorre garantire adeguata copertura della tubazione in sub-alveo.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 36 di 42	Rev. 0

In base al livello idrico ed al carico energetico della corrente, stante anche la natura più che cautelativa delle espressioni utilizzate per il calcolo delle potenziali erosioni, si determinano le condizioni di garanzia per la stabilità della tubazione in attraversamento sub-alveo nell'arco della "vita utile" dell'opera ($\rightarrow$ 5.1) ed è possibile escludere ogni interferenza tra l'intervento e deflussi straordinari.

Difatti, in base a quanto rilevato (Min Elev, quota minima; i, pendenza asse quote minime) e a quanto determinato in fase di modellazione idraulica (Top W, larghezza superficiale della sezione liquida; H carico energetico dato da E.G. Elev; h_0 altezza idrica data da W.S. Elev), si ha:

Portata di riferimento tratto 9 torrente Petronio $Q_{Max} = 493 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 86 (PE-86)											
	Top W (m)	q Chnl ($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)	Min Elev (m)	E.G. Elev (m)	H (m)	W.S. Elev (m)	h_0 (m)	i (m/m)	a (m)	S (m)	Z (m)
alveo	32,56	15,14	48,00	52,50	4,50	51,40	3,40	0,0043	0,019	2,12	1,70

Portata di riferimento tratto 9 torrente Petronio $Q_{Max} = 654 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 71 (PE-71)											
	Top W (m)	q Chnl ($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$)	Min Elev (m)	E.G. Elev (m)	H (m)	W.S. Elev (m)	h_0 (m)	i (m/m)	a (m)	S (m)	Z (m)
alveo	39,00	16,77	41,79	46,70	4,01	45,17	3,38	0,0060	0,029	2,31	1,69

dove i termini e le procedure per la stima di potenziali approfondimenti S ed arature Z sono quelli descritti al precedente paragrafo 6.1.

In particolare, si desume che i valori delle potenziali erosioni localizzabili all'interno dell'alveo, corrispondenti agli eventi di piena, presentano prevalenza per il fenomeno delle arature di fondo, come del resto logicamente conseguente ai valori di pendenza ed al regime di corrente lenta (con carico energetico contenuto), cui corrispondono rilevanti valori dell'altezza idrica (grandezza alla quale sono direttamente legate, nella formulazione "qualitativa" utilizzata, le potenziali arature).

Nella seguente tabella vengono riportati i valori stimati per il diametro limite dei clasti trasportabili dalla corrente, note le Shear Channel (tensioni tangenziali in alveo) in ogni River Station, mediante la formula di Shields descritta nel precedente paragrafo 6.1:

River Station	Shear Chan (N/m^2)	Diametro limite dei clasti trasportabili (m)
RS 86 - PE-86	117,49	0,14
RS 71 - PE-71	164,05	0,20

Sulla base delle valutazioni eseguite si evince che, relativamente al tronco d'alveo analizzato (dove ricadono gli attraversamenti da parte del metanodotto in progetto), le massime erosioni attese al fondo si attestano intorno a valori dell'ordine dei 2,5 m . La corrente, nell'ambito dei tratti fluviali in esame ed in concomitanza dell'evento di piena di progetto, risulta inoltre potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 0,2 m .

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 37 di 42	Rev. 0

Essendo note la struttura del fondo alveo e delle aree attraversate, e i livelli stratigrafici di interesse (→ 4), sulla base delle valutazioni condotte, valide in condizioni di fondo mobile, totalmente incoerente fino alla profondità suscettibile di erosione, e già comprendenti i descritti fattori di sicurezza, risulta ampiamente cautelativa la copertura progettualmente imposta per la realizzazione delle opere di attraversamento (→ 3), a cui corrisponde, in ciascuna porzione di esecuzione, un franco ben superiore rispetto alla massima erosione possibile sul fondo dilavato dalla corrente di piena.

Copertura di progetto

Relativamente al profilo di posa della condotta in progetto in subalveo degli attraversamenti in esame, in considerazione dei risultati delle stime dei fenomeni erosivi precedentemente riportati e delle condizioni peculiari rilevate nel contesto d'intervento, è stato previsto di posizionare la condotta in progetto con una copertura minima in alveo di 4,0 m (riferita alla profondità della generatrice superiore del tubo nei confronti della quota minima di fondo alveo), progressivamente ridotta a non meno di 2,5 metri in corrispondenza degli elementi naturali o artificiali d'arginatura.

Detta profondità di posa della condotta, unitamente alle tipologie di opere di presidio d'alveo previste, garantiscono la sicurezza dell'infrastruttura lineare per tutto il periodo d'esercizio nei confronti dei potenziali processi erosivi.

Interventi di ripristino

Le opere di difesa idraulica previste negli ambiti in questione sono:

- Scogliere in massi ciclopici naturali, da realizzare lungo le sponde dell'alveo del corso d'acqua per tutta la fascia interessata dai lavori.

Detti interventi assicureranno il ripristino della configurazione morfologica d'alveo preesistente ed un'efficace funzione di stabilizzazione locale dell'alveo stesso (presidio idraulico nei confronti dei potenziali fenomeni erosivi in concomitanza ad eventi di piena).

Le opere presentano caratteristiche tipologiche ottimali al fine di inserirsi nel contesto naturale esistente.

I lavori di ripristino si completano con la ripresa, stendimento e riprofilatura dello strato superficiale di terreno accantonato, per il ripristino morfologico e vegetazionale dell'intera area. Gli interventi vegetazionali consistono in generale nell'inerbimento dell'area e l'eventuale messa a dimora di vegetazione arbustiva ed arborea costituite da essenze autoctone.

Per un esame di dettaglio della configurazione tipologica e dimensionale delle opere in progetto e del profilo geometrico della condotta, si rimanda alla visione dello specifico disegno di attraversamento.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		SPC. LA-E-83051
	PROGETTO	Metanodotto Sestri Levante-Recco		Rev. 0
		Fg. 38 di 42		

7 SINTESI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il progetto del metanodotto “Collegamento Sestri Levante-Recco”, costituito da condotta DN 400 (16”), prevede l’attraversamento in sub-alveo del T. Petronio in due punti, nel territorio comunale di Casarza Ligure, in provincia di Genova. Gli attraversamenti interessano areali corrispondenti a perimetrazione, identificata dagli Enti preposti in materia, pericolosità idraulica; nel dettaglio, il tracciato ricade nell’ “alveo attuale” e nella “fascia di riassetto fluviale” del torrente e, ai margini di questa, in aree inondabili con tempo di ritorno di 50 anni (fascia A – Pericolosità idraulica molto elevata P_{i3}).

Il nuovo metanodotto rientra in un contesto regolamentato dalle direttive europee (da ultimo la Direttiva 2009/73/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 13/07/09 relativa a norme comuni per il mercato interno del gas naturale), dalla legislazione nazionale (Decreto Legislativo 164/00, legge 239/04 e relativo decreto applicativo Ministero Attività Produttive 28/4/2006) e dalle delibere della “Autorità per l’energia elettrica, il gas e il sistema idrico”. In generale, nel quadro di questo complesso normativo, si provvede a programmare e realizzare le opere necessarie per il mantenimento dei metanodotti e degli impianti esistenti al fine di assicurare il servizio di trasporto, nell’interesse nazionale, attraverso un sistema sicuro, efficiente ed in linea con le più moderne tecnologie costruttive. Nello specifico, il progetto in questione costituisce quindi opera infrastrutturale non vincolata da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione, purché sia accertabile che gli effetti sull’assetto morfologico-idraulico dei corsi d’acqua attraversati non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e che l’opera non alteri i fenomeni idraulici naturali.

Il nuovo gasdotto previsto è finalizzato al potenziamento della rete esistente, mediante realizzazione di una maglia chiusa fra Recco e Sestri Levante, ed è stato progettato in modo da ottimizzare il tracciato planimetrico e il profilo di posa della condotta. L’esperienza raccolta sul territorio provinciale nella precedente costruzione, così come il riscontro delle condizioni di stabilità fino ad oggi manifestatesi, hanno costituito utili riferimenti per la definizione della nuova linea, la cui esecuzione, tuttavia, è prevista mediante l’impiego di tecniche realizzative mirate a maggior efficienza e maggior sicurezza del gasdotto, per tutto il periodo di esercizio stabilito (“vita utile” dell’opera); garantendo così la durabilità del servizio di trasporto verso gli utilizzatori del sistema nello specifico territorio servito.

Gli aspetti generali del progetto qui trattato, con riferimento alla situazione geomorfologica, idrogeologica, pedologica, naturalistica, floristica e faunistica locale, sono stati affrontati in sede di impatto ambientale¹⁴ cui si rimanda per ogni approfondimento del caso

Poiché non è prevista alterazione della morfologia superficiale, lo studio di compatibilità idraulica si riconduce essenzialmente nella stima della profondità minima di posa della tubazione affinché risulti tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo dell’alveo e più in generale nell’ “area fluviale”, affinché, di conseguenza, siano escluse possibili interazioni con le correnti fluenti e in particolare con la corrente di massima piena. Come esposto, la definizione progettuale degli interventi assicura anche da possibili interferenze con opere programmate o future, mirate a ridurre le condizioni di pericolosità idraulica.

¹⁴ Studio di Impatto Ambientale - SIA - doc. n. LA-E-83010

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 39 di 42	Rev. 0

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto più idonea per la collocazione della tubazione in sub-alveo, mediante scavi a cielo aperto; assegnando le coperture che permettono di escludere ogni interferenza con eventuali fenomeni erosivi correlati ai massimi eventi di portata e che garantiscono l'equilibrio del sistema atteso di forze gravitative e idrauliche. Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle specificità geotecniche del terreno.

In ciascun sito di attraversamento, la ricostituzione spondale è prevista mediante rivestimento in massi, per una lunghezza lungo l'alveo pari a 60 metri in destra ed in sinistra idrografica, estendibili di alcuni metri allo scopo di ripristinare la geometria delle scogliere esistenti. Tale accorgimento esecutivo non indurrà variazioni sensibili di permeabilità 0 da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi e vegetazione arbustiva.

Le opere saranno eseguite in modo da non modificare la morfologia delle sponde, da non alterare le caratteristiche geometriche delle sezioni di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. La profondità di posa della tubazione e i potenziali effetti della massima portata al colmo, determinati in base alle modellazioni numeriche, risultano attestare pienamente la compatibilità dell'opera; per cui dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità e non sarà apportata alcuna alterazione che possa avere influenza sulle portate naturalmente fluenti.

Presupposti di compatibilità idraulica

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi previsti dal progetto del metanodotto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale del corso d'acqua.

- Non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nell' "area fluviale"; le uniche opere fuori terra che rientrano all'interno dell'area soggetta ad eventi idrologici con tempo di ritorno di 500 anni, C2, sono quelle relative al punto di linea PIDi n.1 e alla trappola di partenza in località Casarza Ligure, che per la natura delle opere, in caso di eventuali portate eccezionali, non determineranno una diminuzione della capacità d'invaso dell'area inondabile.
- Gli interventi in progetto costituiscono opera di interesse pubblico, essenziale per la funzione ad essa deputata e non diversamente localizzabile nelle sue linee generali; ciò in quanto le scelte di tracciato seguono percorsi dettati dalla aspra morfologia dei siti attraversati, al fine di minimizzare ogni impatto sul territorio e da sfruttare le conoscenze operative e ambientali acquisite in precedenza.
- Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo idraulico sussistente e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è tale da non precluderne l'esecuzione.
- Con riferimento alle Norme di attuazione del PAI, l'intervento è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate in base alla pericolosità idraulica.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 40 di 42	Rev. 0

Modalità esecutive

I lavori consisteranno essenzialmente nella posa della tubazione mediante scavo di trincea a cielo aperto. Saranno eseguiti in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua; l'intervento non apporterà restringimenti, deviazioni dell'asta e modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, infatti, previsti idonei ripristini degli elementi spondali interessati, la cui ricostituzione è prevista mediante rivestimento in massi; tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Nello specifico:

- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del corso d'acqua, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità;
- non si prevede alcuna rilevante variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori; saranno garantite le condizioni di sicurezza durante l'operatività del cantiere, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un aumento del livello di pericolosità idraulica;
- la profondità di esecuzione dell'attraversamento risulta pienamente commisurata all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo e delle aree di esondazione, indotti dalle portate di massima piena, e garantisce l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza con il flusso della corrente.

Considerazioni conclusive

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

- *Assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* L'intervento non induce modifiche all'assetto morfologico dell'alveo inciso e delle aree limitrofe, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico; la posa della tubazione in subalveo è stabilita ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento; le attività di ripristino e di ricostituzione spondale garantiranno il mantenimento delle caratteristiche idrauliche delle sezioni di deflusso.
- *Assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico, non sarà determinato alcun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
- *Assenza di riduzione della capacità d'invaso.* Le modalità esecutive previste (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni temporaneamente mobilitati allo stato preesistente) non creeranno alcun ostacolo al

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 41 di 42	Rev. 0

deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esondazione e pertanto non sottrarranno capacità d'invaso.

- *Assenza di alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.* Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale del corso d'acqua, che possano modificare l'attuale assetto paesaggistico e geomorfologico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali. Non si darà luogo ad alterazioni di carattere idrogeologico.
- In sintesi, l'intervento in progetto può ritenersi compatibile con le misure stabilite dagli strumenti di tutela dei corpi idrici e dal PAI vigente, sia per la natura dell'opera sia per gli accorgimenti esecutivi previsti.

 WBS CLIENTE NR / 17144	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		SPC. LA-E-83051	
	PROGETTO Metanodotto Sestri Levante-Recco		Fg. 42 di 42	Rev. 0

APPENDICE I - SONDAGGI GEOGNOSTICI ESEGUITI

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di perforazione	Rivestimento [127 mm]	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	SPT	Campioni indisturbati	Campioni prelevati	Campioni rimaneggiati	% RQD	Falda		
1	0.25	0.25		Terreno vegetale sabbioso-limoso di colore marrone chiaro con apparati radicali e frammenti di laterizi millimetrici. A metri 0.25 trovante ofiolitico di circa 8 centimetri Sabbie limose di colore marrone-nocciola fino a metri 1.60 e poi di colore avana, a granulometria medio-fine da mediamente addensate ad addensate inglobanti ghiaietto millimetrico spigoloso. Da metri 0.50 a 0.85 livello sabbioso di colore ocreo per alterazione Livello costituito da breccie centimetriche e decimetriche di natura ofiolitica Breccie di natura ofiolitica centimetriche e millimetriche in matrice sabbioso-limosa color marrone a granulometria medio-grossolana mediamente addensata Alternanza di livelli ofiolitici di colore verdastro a tratti con screziature rossastre-bluastré e livelli calcarei a tessitura micritica di colore grigio-nerastro talvolta con presenza di vene ed inclusioni calcitiche di dimensioni centimetriche e talvolta decimetriche. Il materiale si presenta fratturato Livello costituito da breccie ofiolitiche di colore verdastro a tratti rossastro di dimensioni centimetriche e talvolta decimetriche e breccie poligeniche in prevalenza di natura calcilutitica e arenacea, millimetriche e centimetriche Alternanza di livelli ofiolitici verdastri e livelli calcarei grigiastri-nerastri a tessitura micritica di dimensioni decimetriche. A metri 9.50 e 10.50 fratture inclinate di circa 40-45° Breccie ofiolitiche verdastre centimetriche e decimetriche e breccie poligeniche di dimensioni centimetriche e millimetriche talvolta in matrice sabbioso-limosa marrone. A metri 12.00 e 13.60 fratture inclinate di 40-45°. Da metri 11.20 a 11.50 livello gabbrico	Semplice (101mm)	13.5										
2	1.95	1.95			T2+Diamante											
3	0.80	0.80			T6S+ Diamante											
4	1.00	1.00			T2+Diamante											
5	3.00	3.00														
6	4.00	4.00														
7	7.00	7.00														
8	2.70	2.70														
9	2.70	2.70														
10	9.70	9.70														
11	10.70	10.70														
12	4.30	4.30														
13	4.30	4.30														
14	4.30	4.30														
15	15.00	15.00														
16																
17																
18																
19																
20																

Sondaggio n° **BH 01**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A..**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione del sondaggio



Sondaggio n° **BH 01**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A.**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **BH 01**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A..**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto cassa 3 (10,00-15,00 m da p.c.)



Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di perforazione	Rivestimento [127 mm]	Pocket [Kg/cm ^q]	Vane Test [Kg/cm ^q]	SPT	Campioni indisturbati	Campioni prelevati	Campioni rimaneggiati	% RQD	Falda		
1	0.30	0.30		Terreno vegetale sabbioso-limoso di colore marrone con apparati radicali e frammenti di laterizi millimetrici. A metri 0.15 trovante ofiolitico	Semplice (101mm)	10.5										
2	1.00	0.70		Terreno detritico costituito da clasti spigolosi poligenici ed eteromorfi in matrice sabbiosa di colore grigiastro-giallastro a granulometria medio-fine mediamente addensata												
3	2.50	1.50		Brecce poligeniche (in prevalenza argilloscisti) di dimensioni millimetriche e centimetriche in matrice limoso-sabbiosa di color marrone talvolta di color ocreo per alterazione. A metri 2.00 presenza di frammenti di laterizi di dimensioni millimetriche												
4	3.00	0.50		Materiale detritico costituito da clasti millimetrici e centimetrici poligenici ed eteromorfi in matrice sabbiosa grossolana addensata di colore grigiastro												
5	3.00	3.00		Brecce poligeniche (prevalentemente di natura ofiolitica) ed eterometriche di dimensioni centimetriche e millimetriche, in matrice sabbioso-limoso di color grigiastro-marrone talvolta di color ocreo per alterazione a granulometria medio-grossolana mediamente addensata. Da metri 5.00 aumenta la percentuale di matrice sabbiosa che si presenta addensata e di colore avana-marrone. A metri 5.50 trovante arenaceo color ruggine per alterazione												
6	6.00	0.60		Brecce centimetriche e talvolta decimetriche di natura ofiolitica e calcarea												
7	6.60	0.40		Ghiaia con sabbia grossolana mediamente addensata color grigiastro a granulometria medio-fine. I clasti si presentano sub-arrotondati di dimensioni millimetriche e talvolta centimetriche												
8	7.00	2.00		Brecce poligeniche (in prevalenza di natura ofiolitica e calcarea) eterometriche di dimensioni centimetriche e millimetriche in matrice sabbioso-limoso di color marrone talvolta di color ocreo per alterazione, a granulometria medio-fine mediamente addensata												
9	9.00	3.00		Alternanza di livelli ofiolitici verdastri e livelli calcarei e calcareo-marnosi grigio-nerastri con presenza di vene ed inclusioni calcitiche. Il materiale si presenta altamente fratturato ed a tratti molto alterato												
10					T2+Diamante								40			
11															20	
12															10	
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																

Sondaggio n° **BH 02**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A.**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto postazione sondaggio



Ubicazione del sondaggio



Sondaggio n° **BH 02**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A..**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto cassa 1 (0,00-5,00 m da p.c.)



Foto cassa 2 (5,00-10,00 m da p.c.)



Sondaggio n° **BH 02**



COMMITTENTE: **SAIPEM S.p.A..**

COMMESSA: **19-010S**

LAVORO: INDAGINI GEOGNOSTICHE SONDAGGI TRACCIATO
EST_023089 METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO (GE)

Foto cassa 3 (10,00-12,00 m da p.c.)

