

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 1 di 45		Rev. 0

METANODOTTO SESTRI LEVANTE-RECCO

DN 400 (16"), DP 75 bar

ed opere connesse

*Attraversamenti in subalveo nell'AMBITO 16
Torrenti Graveglia e Sturla*

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 2 di 45		Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	5
1.3	Definizioni	6
1.4	Normativa di Riferimento	7
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	17
4.3	Caratteri geomorfologici dell'area d'intervento	18
4.4	Caratteri idrogeologici dell'area d'intervento	19
4.5	Indagine geognostica	21
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	33
6.4	Valutazione dei potenziali fenomeni erosivi	38
7	SINTESI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	41
	APPENDICE I - SONDAGGI GEOGNOSTICI ESEGUITI	45
	Allegato 1 - Elaborato grafico di progetto: LB-3C-83503	
	Allegato 2 - Elaborato grafico di progetto: LB-4C-83504	

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 3 di 45

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 Graveglia nel territorio comunale di Ne, e del torrente Sturla nel territorio di Carasco, 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 inondabili con tempo di ritorno di 50 anni (fascia A – Pericolosità idraulica molto elevata P_{i3}). (vedi Fig. 1.1/A e Fig. 1.1/B)

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.

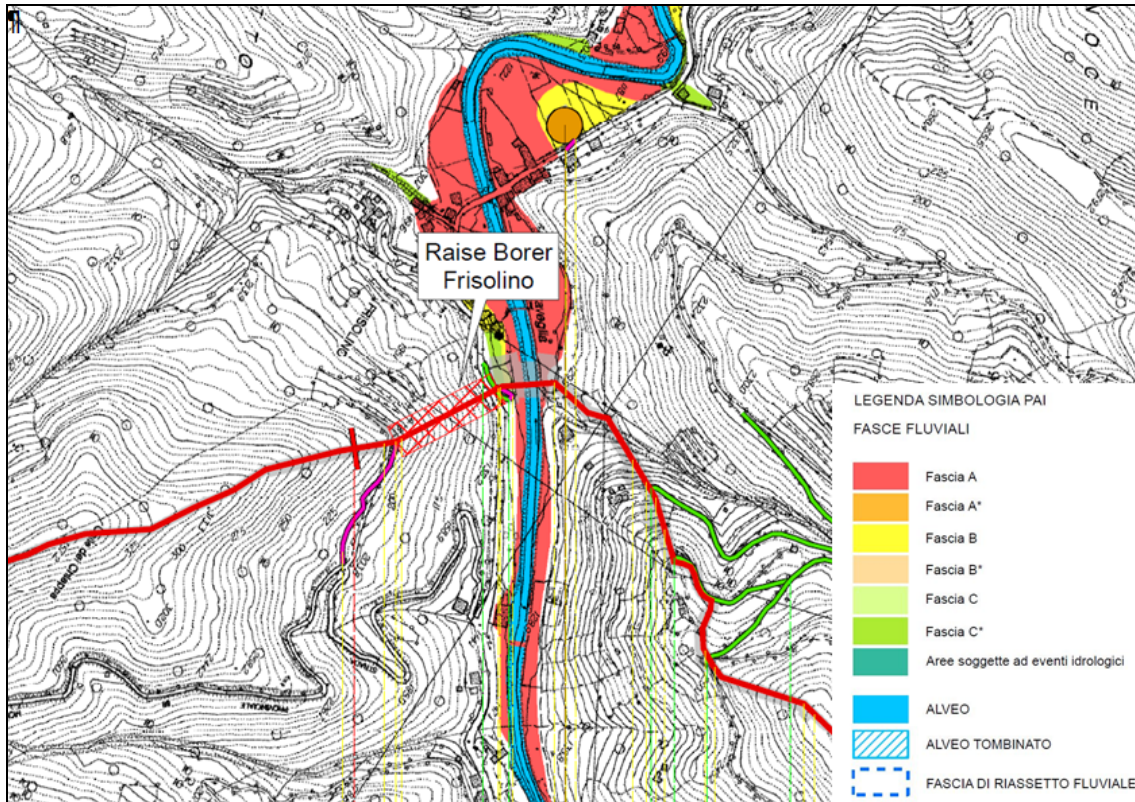


Fig. 1.1/A: Rappresentazione del tracciato nell’ambito delle perimetrazioni di pericolosità idraulica: attraversamento torrente Graveglia

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 4 di 45		Rev. 0

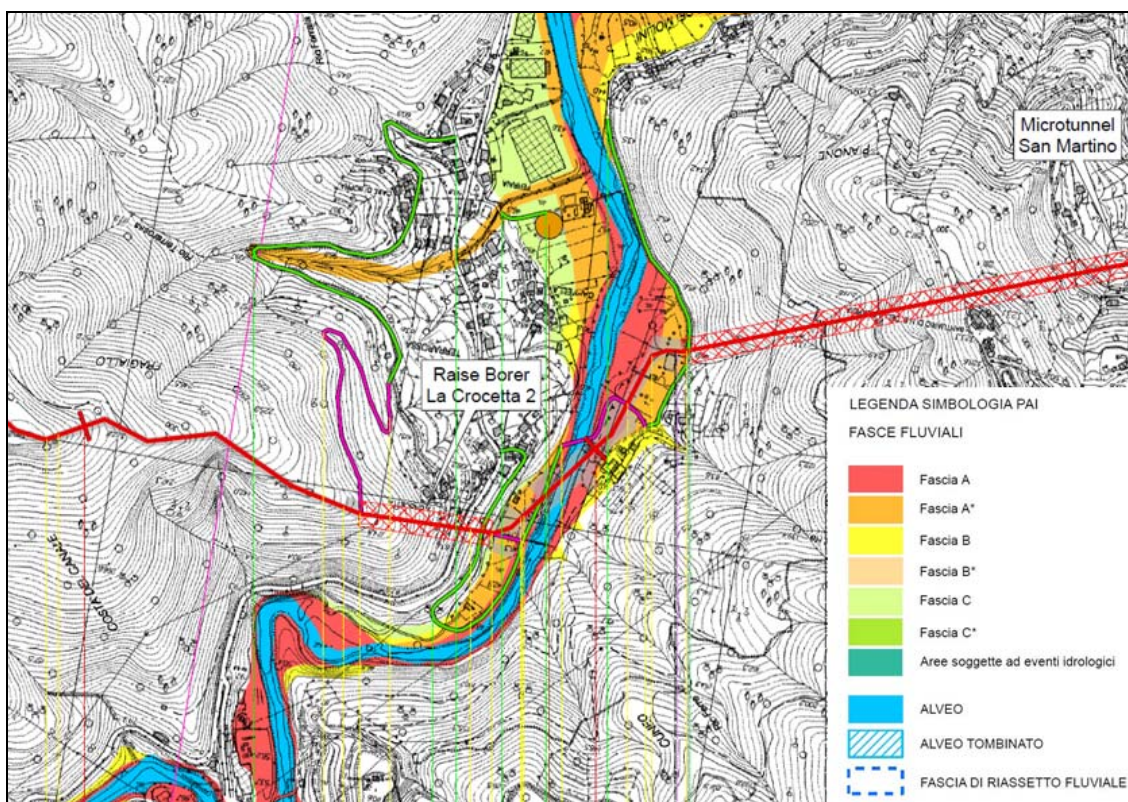


Fig. 1.1/B: Rappresentazione del tracciato nell’ambito delle perimetrazioni di pericolosità idraulica: attraversamento torrente Sturla

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 16, è necessario che l’opera corrisponda a specifici requisiti.

In aggiunta all’“alveo attuale”, le “fasce di inondabilità” costituiscono settori di territorio oggetto di perimetrazione relativa alla pericolosità idraulica dei corsi d’acqua (Art. 12 comma 2 punto a1).

Secondo quanto stabilito dall’Art. 15-bis - *Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche, nelle fasce A e B, possono essere assentite opere pubbliche strategiche indifferibili ed urgenti, riferite a servizi essenziali e non diversamente localizzabili, previa acquisizione di parere obbligatorio e vincolante della Provincia (Regione Liguria n.d.r), a condizione che:*

a) *non pregiudichino la possibilità di sistemazione idraulica definitiva;*

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 5 di 45		Rev. 0

b) non si producano effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico;

c) non costituiscano significativo ostacolo al deflusso, non riducano in modo significativo la capacità di invaso, e non concorrano ad incrementare le condizioni di rischio, né in loco né in aree limitrofe;

d) siano realizzate con tipologie progettuali e costruttive compatibili con la loro collocazione, prevedendo in particolare accorgimenti tecnico-costruttivi o altre misure, (...), che consentano l'adeguata protezione dell'opera dagli allagamenti rispetto alla portata duecentennale senza aggravio di condizioni di pericolosità e rischio in altre aree.

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 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-83503** *Attraversamento torrente Graveglia*
- **LB-4C-83504** *Attraversamento torrente Sturla*

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO	Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 6 di 45

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 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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 7 di 45	Rev. 0	

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 16), 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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 8 di 45	Rev. 0	

2 PRESUPPOSTI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Il Torrente Sturla nasce da un gruppo di sorgenti poste in prossimità del Monte degli Abeti ad una quota di circa 1500 m slm; esso ha la sua naturale prosecuzione verso Sud nel Fiume Entella, in cui confluiscono anche il Torrente Lavagna (da destra) ed il Torrente Graveglia (da sinistra).

Il corso d'acqua del Torrente Sturla si snoda dapprima verso SO fino all'abitato di Bertigaro; in questo tratto iniziale copre un dislivello considerevole, passando da 1500 m slm fino ad una quota di 600 m slm circa.

Nel successivo dislivello di circa 300 m, la direzione del torrente diviene N-S; in questo tratto in corrispondenza del Fosso Antigo, primo affluente di sponda destra, è presente il piccolo invaso artificiale del Lago di Malanotte.

In corrispondenza dell'abitato di Tigliolo il Torrente Sturla riceve il Torrente Oneto e la sua direzione diventa all'incirca NO-SE per un dislivello di circa 150 m. Presso l'abitato di Borzonasca confluisce il Torrente Penna, tributario principale che proviene da NE, mentre in corrispondenza del Comune di Mezzanego confluiscono nello Sturla i due torrenti Mogliana e Mezzanego. Il Torrente Cicana, in destra idrografica, è l'ultimo grande tributario; esso confluisce in località Costa del Canale; lungo tutto il tratto che va dalla confluenza del Penna sino a quella del Cicana il torrente assume una direzione all'incirca NE-SO. A partire dalla confluenza con il Cicana iniziano a comparire in misura rilevante i terrazzamenti alluvionali pianeggianti e, in corrispondenza dell'abitato di Carasco, confluisce nel Torrente Lavagna (proveniente dalla sua destra idrografica) che, dopo un grande meandro, assume direzione all'incirca Est-Ovest fino alla confluenza del Torrente Graveglia.

Il torrente Graveglia rappresenta l'ultimo importante affluente del torrente Lavagna e dalla loro confluenza nasce il fiume Entella che sfocia in mare tra Chiavari e Lavagna con direzione NE-SO.

Le due sezioni progettualmente definite per gli attraversamenti in sub-alveo all'interno della "area fluviale" del Graveglia e dello Sturla, sono identificabili nei tratti fluviali descritti nel seguito.

Asta principale del torrente Graveglia

A partire dalla confluenza tra i torrenti Reppia, Statale e Novelli in località Ponte di Lagoscuro, ha origine il Graveglia propriamente detto.

Il primo tratto, sino alla cava di Foppo, si presenta fortemente inciso: la sponda destra è percorsa dalla strada provinciale a monte della quale sono ubicate diverse cave a cielo aperto. In corrispondenza della cava di Foppo il torrente attraversa, in corrispondenza del ponte di accesso al piazzale, una gola molto stretta e profonda.

Dopo tale forra la valle si apre sulla piana di Frisolino, dove il torrente diminuisce sensibilmente la sua pendenza e manifesta diversi tratti con evidenti fenomeni di sovralluvionamento, soprattutto a monte dei restringimenti offerti dai ponti e in corrispondenza delle curve.

A valle il torrente prosegue serpeggiando con andamento sinuoso sino a Caminata, con pendenze medie, attraversando terrazzi di origine alluvionale che occupano il fondo valle. In alcuni tratti si sono riscontrate presenze di vegetazione in alveo, che ostruisce parzialmente la sezione di deflusso e che necessiterebbe di taglio e rimozione. Immediatamente dopo l'abitato di Caminata l'alveo è occupato, per un tratto

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO	Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 9 di 45	Rev. 0

di circa 300 m, da blocchi lapidei di grosse dimensioni (qualche metro cubo) di presumibile origine estranea all'alveo: la pezzatura notevole dei massi fa escludere infatti la possibilità che essi siano stati qui trascinati dalla corrente e supporre invece una loro provenienza da un movimento franoso più o meno remoto.

L'alveo inciso ha una forma trapezia o rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 15 e 30 m circa e altezze di 3-5 m rispetto alle aree rialzate laterali, che quasi sempre sono occupate da coltivazioni o prati.

Tratto terminale torrente Sturla da Località Terrarossa a confluenza nel torrente Lavagna

Questo tratto d'alveo è costituito dalla porzione terminale del torrente Sturla compreso tra la località Terrarossa e la confluenza con il torrente Lavagna per una lunghezza complessiva di circa 2.500 metri.

In tale tratto l'alveo risulta inciso nelle alluvioni di fondo valle e presenta anche in questo caso una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da due aree golenali caratterizzate da un minore elevato grado di urbanizzazione rispetto a quelle del Fiume Entella e del tratto terminale del torrente Lavagna, costituito prevalentemente da aree e capannoni destinati ad attività produttive.

Esso presenta un andamento curvilineo caratterizzato dalla presenza di ampie curve con andamento prevalente in direzione NE-SO.

La piana alluvionale ha una larghezza complessiva mediamente pari a 200 metri circa, delimitata in sponda sinistra dalla viabilità principale di collegamento con l'entroterra e in sponda destra dal versante naturale e da alcuni tratti di viabilità locale.

L'alveo inciso ha una forma sostanzialmente trapezia con larghezze al fondo variabili tra 30 e 50 m circa e altezza delle sponde variabile tra 2 e 5 metri circa; le sponde risultano perlopiù naturali e per alcuni brevi tratti arginate con scogliere in massi naturali, il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi, in alcuni tratti anche di consistente entità, e di vegetazione arbustiva.

Il tratto è caratterizzato dalla presenza di una briglia in pietrame e malta dell'altezza di 5 m circa, ubicata circa 550 m a monte della confluenza con il torrente Lavagna, che presenta una marcata erosione al piede.

La pendenza media del fondo è pari allo 0,4 per cento nel tratto a valle della briglia e allo 0,58 per cento circa nel tratto a monte.

Lungo il tratto sono presenti, da valle verso monte, i seguenti manufatti di attraversamento: ponte della carrabile della SS. 225 in c.a. a tre campate, in prossimità della confluenza con il torrente Lavagna, passerella pedonale a quattro campate in località Terrarossa, circa 2 chilometri a monte della confluenza. (vedi Fig. 2/A)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 10 di 45	Rev. 0	

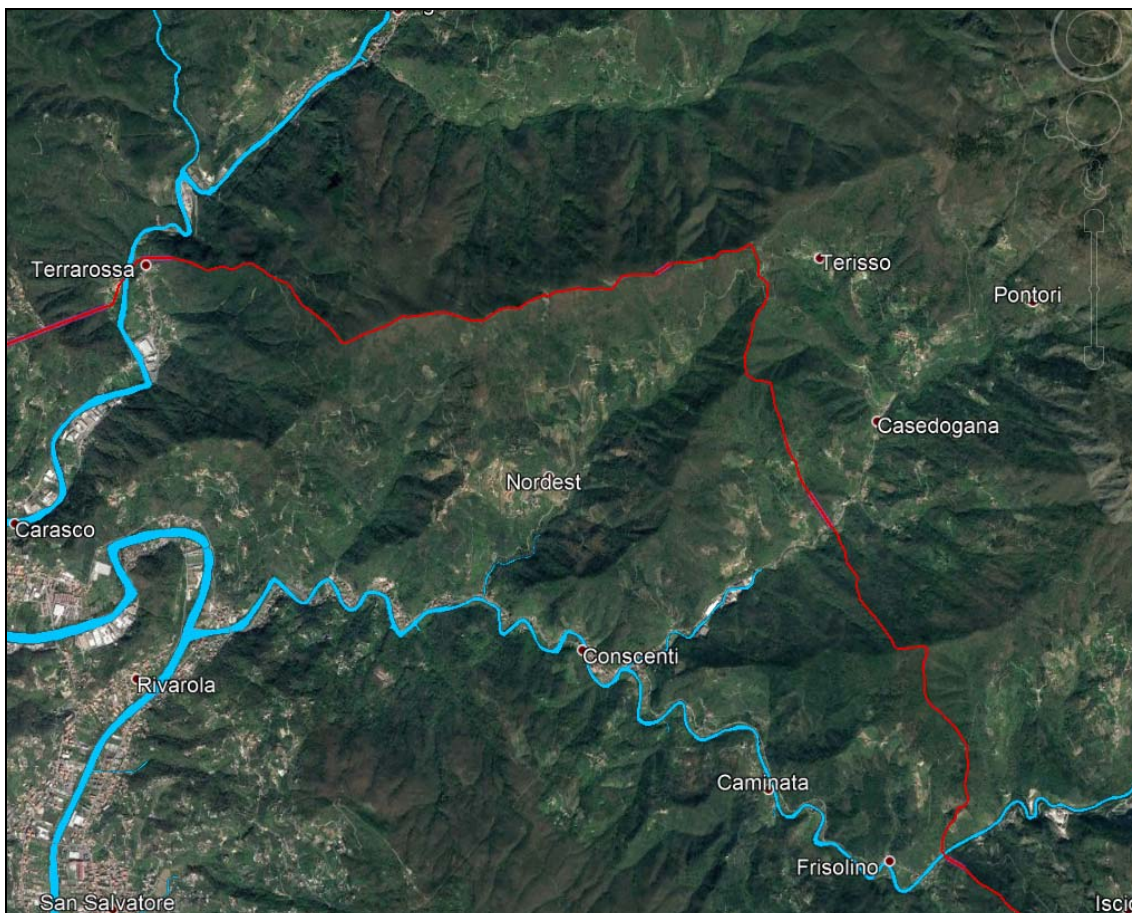


Fig. 2/A: Rappresentazione del tracciato di attraversamento su immagine satellitare (procedendo da destra a sinistra, in senso gas, si hanno gli attraversamenti del torrente Graveglia e del torrente Sturla)

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 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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 11 di 45		Rev. 0

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 della "area fluviale" dei torrenti Graveglia e Sturla. 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 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.

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 Piano degli Interventi per la Mitigazione del Rischio – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Ambito Regionale di Bacino 16 (BURL n.22 del 30/05/2018)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 12 di 45		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 dei corpi idrici, nell'intorno delle sezioni identificate per l'attraversamento, si caratterizzano 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 "torrenziale" 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 le opere di difesa 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
Attraversamento T. Graveglia – Località Frisolino	533997.2775	4908890.2791
Attraversamento T. Sturla – Località La Crocetta -Terrarossa	528260.2380	4912899.1306

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 13 di 45		Rev. 0

La tubazione sottopasserà i corsi d'acqua e le zone di esondazione con le seguenti direzioni prevalenti in senso gas:

- Attraversamento T. Graveglia con direzione SE-NO al km 11,276 (vedi Fig. 3/A);
- Attraversamento T. Sturla con direzione NE-SO al km 21,937 (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 sono quelle relative al punto di linea PIL n. 4 che ricade nella fascia storicamente inondata, A*, del torrente Sturla, in località Piano dei Molini, 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fig. 14 di 45		Rev. 0



Fig. 3/A: Rappresentazione fotografica dell'alveo del Graveglia nella sezione di attraversamento in progetto



Fig. 3/B: Rappresentazione fotografica dell'alveo dello Sturla nella sezione di attraversamento in progetto

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 15 di 45		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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 16 di 45		Rev. 0

4 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL SITO

4.1 Lineamenti geologici generali

Le valli del Torrente Sturla e del Fiume Entella sono caratterizzate geologicamente dall'appartenenza a due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi); essi sono separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla parzialmente al secondo.

A riguardo del dominio Ligure Interno questo comprende tre unità tettoniche sovrapposte: l'Unità Colli-Tavarone-Serò, l'Unità Bracco-Val Graveglia e l'Unità Gottero; di queste tre unità nella zona studiata affiorano principalmente rocce appartenenti all'Unità del Gottero che risulta essere costituita da una successione scollata, in genere in corrispondenza delle Argille a palombini, e che, oltre che da queste ultime, è composta dalla Formazione della Val Lavagna (a partire dal Santoniano), che le segue e che passa a sua volta alle Arenarie di Monte Gottero (Campaniano sup.-Maastrichtiano) per terminare con le Argilliti di Giaiette (Paleocene). Limitatamente ad una porzione ridotta dello spartiacque meridionale del Monte Zatta, che suddivide le valli dei Torrenti Mezzanego e Graveglia, si hanno affioramenti di rocce appartenenti all'Unità Bracco-Val Graveglia.

Il dominio Ligure Esterno, che comprende esclusivamente unità alloctone scollate principalmente lungo i complessi di base, è scomponibile in due zone paleogeografiche di cui la più interna, costituita da una fascia direttamente a contatto con le Liguridi Interne, è quella che affiora nell'area di studio. Essa è costituita da un complesso di base (Complesso Monte Penna-Casanova- Monte Veri) in parte eteropico di un flysch ad elmintoidi (Flysch di Ottone, Campaniano Maastrichtiano), caratterizzato da un abbondante detritismo, con enormi olistoliti, olistostromi e torbiditi provenienti da altre successioni ofiolitiche (ofioliti e loro copertura sedimentaria); la successione termina con le Marne di Sopralacroce (Paleocene).

Oltre a questo substrato, costituito da formazioni sedimentarie con inclusi elementi ofiolitici disarticolati dall'originario fondo oceanico, talora debolmente metamorfosate, di età Cretacico-Paleocene, nel bacino indagato esistono anche estese e talora potenti coperture detritiche di carattere alluvionale, eluviale, colluviale, di accumulo di frana antica o paleofrana.

La geologia del bacino del torrente Graveglia, come noto, presenta numerose affinità con quella dell'attigua valle del torrente Petronio per la prosecuzione dell'allineamento ofiolitico verso Sud.

La serie stratigrafica presente nel bacino del torrente Graveglia può essere sostanzialmente divisa in due parti: ofioliti alla base e copertura sedimentaria soprastante.

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; quest'ultimo si trova a SE del primo ed è più esterno.

Con il termine "complesso Bargonasco-Val Graveglia" si intende l'insieme Ofioliti-Diaspri-Calcarì a Calpionella ligure, mentre si considerano a parte gli argilloscisti (intendendo per tali la porzione stratigraficamente soprastante ai Calcarì a Calpionella), anche se ne rappresentano la continuazione stratigrafica.

L'insieme degli elementi tettonici del massiccio del Bracco si immerge assialmente al

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 17 di 45		Rev. 0

di sotto delle argille a palombini della Val Petronio, mentre il complesso Bargonasco-Val Graveglia risulta essere tettonicamente sovrapposto al massiccio del Bracco.

I complessi ofiolitici della Liguria orientale sono costituiti da un substrato di rocce ultrafemiche, cioè estremamente povere in SiO₂ e ricche in Fe e Mg (peridotiti) e femiche (gabbri) di origine profonda e da una copertura vulcano-sedimentaria.

Per il dettaglio delle coperture detritiche e le diverse unità litologiche dei bacini di interesse si rimanda allo studio, eseguito dalla Autorità di Bacino Regionale⁴ sui bacini dell'Ambito 16.

4.2 Inquadramento tettonico-strutturale

Come già precedentemente accennato, le valli del Torrente Sturla e del Fiume Entella sono costituite dall'accavallamento a vergenza appenninica (all'incirca verso Nord-Est) delle Unità Liguridi Interne (in particolare l'Unità del Gottero e, limitatamente ad una porzione dello spartiacque con la Val Graveglia, l'unità Bracco-Val Graveglia) sopra la porzione più interna del Dominio Ligure Esterno.

A riguardo dell'Unità del Gottero, essa affiora prevalentemente lungo la porzione meridionale e di ponente del bacino studiato, fino all'incirca al contatto con il Torrente Sturla. Tale Unità risulta scollata dell'originario substrato roccioso a livello del complesso delle Argille a Palombini (Santoniano).

Elementi appartenenti all'Unità Bracco-Val Graveglia affiorano prevalentemente in prossimità della porzione meridionale dello spartiacque che si diparte dal Monte Zatta. Anche questa Unità risulta scollata dell'originario substrato roccioso a livello del complesso di base delle Argille a Palombini (Santoniano).

L'assetto strutturale della Liguria orientale è sinteticamente definibile come un sistema a falde a direzione NO-SE (vergenza appenninica) impostatosi durante l'orogenesi appenninica.

In realtà sono stati riconosciuti fenomeni tettonici recenti realizzatisi nel quaternario, che hanno condizionato l'evoluzione morfologica dell'appennino ligure dando origine a sistemi di lineazioni:

- a direzione appenninica
- a direzione antiappenninica
- a direzione NS ed intersecanti i due precedenti sistemi.

L'Entella scorre proprio lungo una faglia NS che condiziona l'andamento delle valli e dei crinali di tutto il bacino, interrotta nella sua continuità dalla linea Portofino-Taro lungo la quale scorre il torrente Graveglia.

Probabilmente il torrente Lavagna, il torrente Graveglia ed il fiume Vara costituivano originariamente un unico corso d'acqua; questo spiegherebbe la presenza tra il Lavagna e l'Entella di una confluenza a gomito che indicherebbe appunto un gomito di cattura.

Circa i principali elementi strutturali e tettonici all'interno del bacino, sono stati distinti i

⁴ **Relazione Generale** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Ambito Regionale di bacino 16 (BURL n.22 del 30/05/2018)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO	Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 18 di 45	Rev. 0

contatti tettonici da quelli stratigrafici e le faglie (certe e/o presunte), integrando le rappresentazioni grafiche delle formazioni con numerose misure giaciture rappresentative degli assetti stratigrafici.

La zona che interessa l'area in esame non ricade all'interno di nessuna area sismogenetica e, come dettagliato in apposito studio⁵, la pericolosità sismica risulta decisamente modesta.

4.3 Caratteri geomorfologici dell'area d'intervento

Il tratto del torrente Sturla oggetto dell'intervento in progetto ricade a cavallo della porzione mediana e inferiore del macro bacino dell'Entella-Sturla.

Nel settore mediano si segnala la presenza di una grossa cava posta in destra orografica a valle della confluenza del Torrente Cicana con il Torrente Sturla. Tale cava, un tempo coltivata per la produzione di pietrisco, mediante un fronte unico di altezza superiore ai 50 m circa, presenta notevole acclività ed è tuttora soggetta a localizzati fenomeni di crollo. Per tale sito sono in programma interventi di ripristino ambientale e riutilizzo come discarica di inerti.

Nel settore inferiore, che include la valle del fiume Entella, si individuano dal punto di vista geomorfologico tre diversi ambiti:

- la vasta area di pianura alluvionale e marino costiera;
- una zona caratterizzata da rilievi morbidi e poco acclivi, modellati negli argilloscisti;
- una zona con maggiore acclività ma con quote comunque modeste che interessa i litotipi delle Ardesie del Monte Verzi e delle Arenarie del Monte Gottero.

Le alluvioni dell'Entella sono caratterizzate da vaste zone subpianeggianti costituenti le aree golenali del corso d'acqua e pertanto tuttora soggette a periodici fenomeni di esondazione in caso di precipitazioni eccezionali. Lungo i versanti si riscontrano invece terrazzi alluvionali, recenti ed antichi, composti prevalentemente da materiali fluviali, ad eccezione dei terrazzi presenti nella parte terminale valliva, costituiti invece da materiali misti di natura deltizia passanti sulla costa a depositi marini franchi.

Una particolarità geomorfologica, non riconducibile ai soli cicli erosivi ma dovuta a probabili fenomeni di neotettonica, o addirittura precedente questa fase, è il doppio meandro incassato riscontrabile in prossimità dell'abitato di Carasco; in corrispondenza di tale zona sarebbe avvenuto un fenomeno di cattura fluviale da parte del Fiume Entella, con direzione perpendicolare alla linea di costa, ai danni di un paleoalveo, comprendente gli attuali corsi dei Torrenti Lavagna, Graveglia e Vara, con direzione sub-parallela alla linea di costa, sfociante in mare nei pressi di La Spezia (Fanucci e Nosengo, 1977).

Riguardo il bacino del Graveglia, riferendosi ad un contesto tipicamente ligure, occorre osservare come l'assetto territoriale proponga pendii a declivio naturale ed

⁵ Caratterizzazione delle sismicità e verifica allo scuotimento sismico - doc. n. LA-E-83017

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 19 di 45		Rev. 0

altri rimodellati a terrazzi.

In special modo nel secondo caso, la riorganizzazione geomorfologica superficiale presuppone rimodellamenti operati dall'uomo nei secoli scorsi mediante rimaneggiamento delle originarie coltri eluvio-colluviali.

Ad una classificazione delle coltri superficiali sciolte di copertura, quindi, si sovrappongono le problematiche per la definizione di quegli orizzonti che sono stati oggetto di rimaneggiamento relativamente recente.

Il fondovalle del bacino del Torrente Graveglia, specie nella parte valliva, così come le principali incisioni ad esso laterali, è colmato da materassi alluvionali sopra i quali scorre il corso d'acqua.

Lateralmente ad esso, sulle opposte sponde, sono facilmente individuabili ampi terrazzi pseudopianeggianti, sopraelevati alcuni metri sopra l'alveo attivo, riconducibili all'antica azione di deposito del torrente stesso.

I depositi alluvionali, terrazzati e mobili attuali, sono presenti nel tratto medio ed inferiore dei principali corsi d'acqua che scorrono nel bacino.

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 16, 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 riportata nella carta idrogeologica.

ENTEELLA - STURLA

All'interno del bacino sono presenti le seguenti formazioni:

- permeabili per porosità;
- permeabili per fessurazione, fratturazione;
- impermeabili.

Zone permeabili per porosità

Appartengono a questa categoria tutte le zone interessate da depositi alluvionali, attuali, recenti o antichi, di terrazzo alluvionale, le coltri detritiche alluvionali e colluviali di una certa importanza ed infine i depositi morenici e crionivali presenti alle quote più elevate del bacino. Per quanto riguarda i grandi accumuli di frana, il materiale detritico presenta in genere buone caratteristiche di permeabilità soprattutto per porosità, grazie alla elevata eterogeneità dei clasti (spesso queste zone costituiscono dei serbatoi idrici significativi). Le sorgenti generalmente si manifestano in questo caso al contatto tra materiale detritico e roccia in posto, spesso la loro presenza indica l'ubicazione del piano di scivolamento. In taluni casi si ha invece una circolazione idrica limitata alle porzioni superficiali del materiale franato, con la falda idrica che interseca il piano topografico nella parte alta del corpo di frana.

Zone permeabili per fessurazione, fratturazione

Appartengono a questa categoria le arenarie appartenenti alla formazione di Monte Gottero, i litotipi prevalentemente arenacei della formazione di Casanova, le brecce, le

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 20 di 45		Rev. 0

serpentiniti ed i diabasi appartenenti anch'essi alla formazione di Casanova. Infine vi ricadono i ridotti affioramenti di diaspri e di basalti appartenenti all'Unità Bracco-Val Graveglia.

Zone impermeabili

Le zone impermeabili sono caratterizzate dalla presenza delle argille a palombini del Lago di Giacopiane, il membro delle ardesie di Monte Verzi (formazione della Val Lavagna), le marne di Sopralacroce, gli argilloscisti della formazione della Val Lavagna e le argilliti di Giaiette. Questi litotipi, a causa della elevata percentuale di minerali argillosi presenti, sono sostanzialmente impermeabili. Tali rocce, che si comportano e si sono comportate in modo sostanzialmente plastico nei confronti delle deformazioni meccaniche innescate dai meccanismi orogenetici che le hanno interessate, possono tuttavia presentare localmente una certa permeabilità a causa delle frequenti intercalazioni di altri litotipi sotto forma di lenti, che possono assumere la funzione di serbatoi ed anche, seppur in misura più modesta, dell'intensa fratturazione di origine tettonica; inoltre le variazioni nella granulometria dei depositi sedimentari possono determinare l'instaurarsi di una falda idrica circoscritta, di modesta entità. Per questo motivo le sorgenti rinvenute in questo litotipo sono generalmente localizzate o lungo le linee degli impluvi presenti, od alla base di coltri detritiche giacenti su tali rocce o lungo le fratture notevoli.

GRAVEGLIA

All'interno del bacino sono presenti le seguenti formazioni:

- permeabili per porosità;
- permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo;
- impermeabili.

Zone permeabili per porosità

Sono state inserite in questa classe di permeabilità tutti gli accumuli di materiali sciolti scarsamente cementati, quali le coperture detritiche di potenza da 1 a 3 m e quelle con potenza maggiore di 3 m, i depositi alluvionali mobili attuali, quelli recenti terrazzati e i terrazzi antichi; sono state inoltre riunite in questa classe gli accumuli delle frane attive o quiescenti, nonché quei riporti di origine antropica indicati nella carta geomorfologica come discariche e grossi riporti.

Zone permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo

Appartengono a questa categoria i Calcari a Calpionella, le Arenarie del M. Gottero, i Diaspri di M. Alpe, i differenti tipi di brecce ofiolitiche (Brecce di M. Capra, Brecce Indifferenziate), le Oficalciti, i Gabbri, le Serpentiniti, i Diabasi e i Basalti (massivi o a pillows).

Zone impermeabili

Nell'ambito del bacino sono state individuate, come formazioni impermeabili, gli Argilloscisti di Val Lavagna, le Argilliti di Giaiette e le ardesie del Membro di Monte verzi. Questi ultimi litotipi non risultano comunque del tutto impermeabili.

Arealmente il bacino è costituito in maniera prevalente da formazioni permeabili o semipermeabili, a dimostrazione di meccanismi idrogeologici profondi di grande importanza.

L'ubicazione delle sorgenti, tuttavia, generalmente non risulta al confine tra formazioni

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 21 di 45		Rev. 0

a diversa permeabilità, bensì in corrispondenza di lineazioni tettoniche e/o al passaggio tra roccia subaffiorante e coltri potenti.

I percorsi idrici profondi determinano una buona salvaguardia della qualità delle acque e ciò è testimoniato dalla frequenza di sorgenti captate ad uso potabile.

Sul fondovalle la configurazione del modesto materasso alluvionale non ha costituito storicamente un acquifero significativo, tanto da non permettere la messa in opera di pozzi (a meno di modesti attingimenti a scopo irriguo).

Ulteriori aspetti relativi alle interferenze tra circolazione idrica sotterranea e opere in progetto sono esposti nello studio di compatibilità idrogeologica⁶.

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 sottosuolo. 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. 1 sondaggio a rotazione a carotaggio continuo spinto alla profondità di 11,0 ml da p.c.. Il sondaggio è stato eseguito 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 del sondaggio eseguito in prossimità dell'attraversamento del torrente Graveglia, per il sottosuolo indagato si riscontrano le seguenti successioni stratigrafiche:

Sondaggio BH10: i primi 3,0 ml circa a partire dal piano campagna sono rappresentati da sabbie limose mediamente addensate inglobanti clasti sub-arrotondati, poligenici ed eteromorfi. Le sabbie lasciano il posto alla ghiaie con abbondante matrice sabbioso-limosa, a granulometria medio-fine, osservabili sino a circa 4,0 ml dal piano campagna e poi successivamente alle marne e marne calcaree color grigio-nerastro alternate a livelli di scisti nerastrati sino alla profondità di 11,0 ml dal piano campagna.

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

⁶ Studio di Compatibilità Idrogeologica - doc. n. LA-E-83018

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO	Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 22 di 45

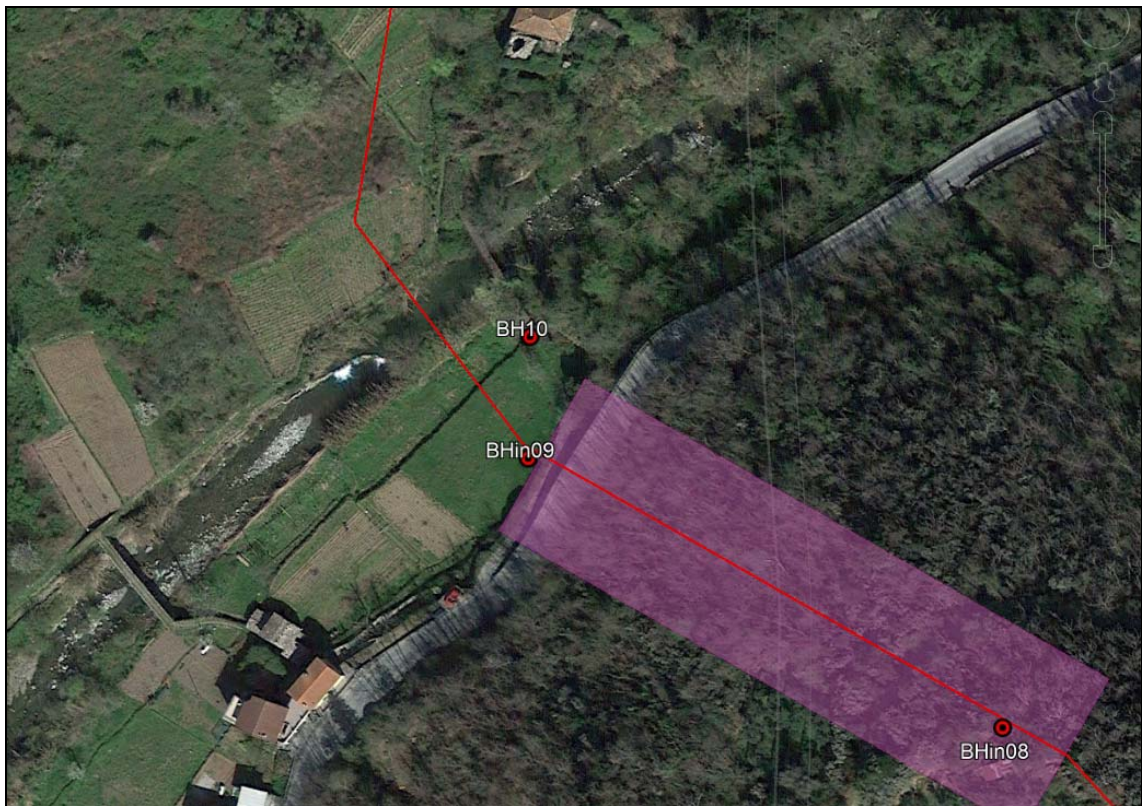


Fig. 4.5/A: Posizione del sondaggio geognostico eseguito in prossimità del sito di attraversamento fluviale del torrente Graveglia per il metanodotto in progetto

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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 23 di 45		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 Sturla-Entella è situato nella Liguria orientale e si estende tra le latitudini 44°20' e 44°29' e le longitudini 9°18' e 9°27' est di Greenwich. La superficie del bacino si sviluppa per un'estensione di circa 146 km² in direzione grosso modo Nord-Sud e presenta nel settore settentrionale una marcata orografia costituita dai rilievi appenninici. Il clima, pur influenzato dalla presenza della catena appenninica e dal prevalente orientamento ortogonale alla linea di costa, risulta comunque di tipo temperato caldo o sublitoraneo, protetto dal clima più continentale delle regioni confinanti a Nord e beneficamente influenzato dalla funzione termoregolatrice del mare. La temperatura media annua risulta così compresa tra i 12°C dell'alto bacino e i circa 14°C nella regione prossima allo sbocco del Torrente Sturla nel Fiume Entella.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83052	
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 24 di 45	Rev. 0

Il torrente Graveglia rappresenta l'ultimo importante affluente del torrente Lavagna e dalla loro confluenza nasce il fiume Entella che sfocia in mare tra Chiavari e Lavagna con direzione NE-SO. Il bacino del torrente Graveglia è ubicato nell'entroterra della Liguria orientale, alle spalle delle cittadine di Lavagna, Cogorno e Sestri Levante.

Il bacino ha un'estensione di circa 64 Km² ed ha uno sviluppo areale che segue una direttrice circa SO-NE distante 5 -10 Km dal litorale.

La particolare conformazione geografica, che determina una diversa esposizione dei bacini alle perturbazioni meteorologiche che normalmente investono il litorale ligure, e la presenza in una fascia di territorio così ristretta di un'orografia marcata a ridosso della costa determinano le principali caratteristiche spazio-temporali del regime pluviometrico. L'ampia variabilità spaziale delle precipitazioni, comprese tra i circa 1500 mm annui a ridosso dello spartiacque meridionale delle zone occidentali e i 2000 mm della zona appenninica, risulta tuttavia caratterizzata sostanzialmente da un unico tipo pluviometrico, quello sublitoraneo, che determina l'andamento stagionale delle piogge. La distribuzione degli afflussi meteorici nell'arco dell'anno presenta cioè due massimi, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi, uno estivo ed uno invernale. Le perturbazioni autunnali, in particolare, determinate dalla formazione di aree depressionarie sul Mar Ligure e, più in generale, sull'Alto Tirreno, sono in generale responsabili delle piogge più intense e degli eventi critici per molti dei corsi d'acqua della regione.

Le due sezioni di attraversamento in progetto sono a cavallo della porzione mediana e inferiore del macro bacino dell'Ambito 16 (vedi 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 in ambedue i torrenti, e il loro carattere torrentizio si esplica in piene improvvise e violente.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO	Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 25 di 45



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 torrenti dell’Ambito 16, eseguito dalla Autorità di Bacino Regionale⁷, 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 Graveglia e del torrente Sturla, e dei loro 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.

Per l’Entella-Sturla, sono state individuate due diverse tipologie di alveo: le aste

⁷ **Relazione Generale** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l’Assetto Idrogeologico - Ambito Regionale di bacino 16 (BURL n.22 del 30/05/2018)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 26 di 45		Rev. 0

terminali del Torrente Lavagna e del Fiume Entella e quella del Torrente Sturla, con alveo inciso nelle alluvioni di fondo valle, e sezioni caratterizzate da una parte centrale più profonda (alveo di morbida) e da due ampie aree golenali che vengono periodicamente inondate in concomitanza di eventi di piena significativi, e la parte mediana e montana del Torrente Sturla e dei suoi affluenti, incassata nel substrato roccioso, con quote del fondo inferiori alla viabilità spondale, e senza interferenze significative con i nuclei abitativi.

I tronchi d'alveo oggetto di verifiche estese sono di seguito riportati:

- *Fiume Entella da confluenza con torrente Graveglia a foce;*
- *Torrente Lavagna da confluenza con torrente Sturla a confluenza con torrente Graveglia;*
- *Tratto terminale torrente Sturla da loc. Terrarossa a confluenza nel torrente Lavagna.*

Per il Graveglia, le verifiche idrauliche sono state effettuate in corrispondenza delle sezioni giudicate a maggiore rischio, caratterizzate cioè:

- da forme e andamenti plano-altimetrici particolari dell'alveo torrentizio (curve brusche, salti, strettoie, forre);
- dalla presenza di manufatti in grado di opporre resistenze al moto della corrente, causando rigurgiti e alterazioni significative del deflusso (ponti con opere di sostegno in alveo, tombinature, briglie);
- da immissioni e confluenze tra corsi d'acqua rilevanti.

La conformazione delle sezioni di deflusso è nella maggior parte dei casi assimilabile ad una forma rettangolare o trapezia; l'asta valliva del Graveglia è caratterizzata da una valle piuttosto ampia con letto del torrente in posizione quasi sempre centrale. Le aree laterali, occupate spesso da campi coltivati e alcune volte da infrastrutture stradali o da edifici isolati, sono rialzate rispetto al fondo del torrente di circa 4-5 m

Di interesse ai fini progettuali per l'attraversamento del torrente Sturla è il tratto terminale, nello specifico dalla località Terrarossa alla confluenza con il torrente Cicana (sez. S0.2 - S8); per l'attraversamento del torrente Graveglia il tratto a monte del ponte sulla SP 26 in località Frisolino (sez. GR-64 - GR-69).

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

Tratti di studio del Graveglia e dello Sturla: portata massima Q_M in m^3/s			
T_r	50 anni	200 anni	500 anni
Q_M Graveglia (località Frisolino)	532,7	654,2	733,6
Q_M Sturla (tratto terminale)	474	839	1223

Senza entrare nel merito dei presupposti di calcolo delle stime riportate, si ammette che esse siano congruenti con i presupposti delle valutazioni progettuali relative

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83052	
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 27 di 45	Rev. 0

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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 28 di 45		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 utilizzati⁸, 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 studi⁹ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un

⁸ D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

⁹ Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 29 di 45		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 piena¹⁰.

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 Schoklitsch¹¹ 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.

¹⁰ 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.

¹¹ Schoklitsch A., "Stauraum Verlandung und kolkbewehr"; Springer ed., Wien, 1935.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 30 di 45		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-RAS¹², 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 idrogeologico¹³, il tratto "terminale" del torrente Sturla e quello vallivo del torrente Graveglia sono stati oggetti di modellazione (→ 5.2).

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

¹² 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.)

¹³ **Relazione Generale** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Ambito Regionale di bacino 16 (BURL n.22 del 30/05/2018)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 31 di 45		Rev. 0

modello come GR-67 (attraversamento Graveglia) e S1 (attraversamento Sturla).

Dal momento che il rispettivo 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, i tratti in cui ricadono gli attraversamenti di progetto sono:

- Tratto vallivo - in Località Frisolino: dalla sez. GR-69 alla sez. GR-64;
- Tratto terminale Sturla - in Località La Crocetta, Terrarossa: dalla sez. S 8 alla sez. S 0.1.

Per ciascun tratto esaminato sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione del numero di manufatti d'attraversamento (ponti, passerelle), della presenza di briglie o manufatti isolati (pile, tralicci, sbalzi, ecc.), e delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo.

All'interno del modello di calcolo utilizzato le singole sezioni sono state integrate con una serie di sezioni intermedie, ottenute per interpolazione. Tali sezioni sono generate automaticamente dal programma di simulazione, su istanza dell'operatore, per esigenze di convergenza della procedura iterativa di calcolo e/o per implementare informazioni di dettaglio relative a singolarità locali rilevanti.

Con riferimento al codice di calcolo utilizzato, la sezione di deflusso in ciascuna sezione trasversale di calcolo è suddivisa in più parti, in ognuna delle quali la velocità si può ritenere uniformemente distribuita ed alle quali è associata normalmente una variazione delle condizioni di scabrezza; la parte centrale (o canale principale), interessata dalle portate medie ordinarie e dalle massime stagionali, e le aree di deflusso laterale, potenzialmente interessate dalle esondazioni delle portate di piena.

Nello specifico, il coefficiente di Manning adottato per il Graveglia, data la natura dell'alveo, è pari a $n= 0,03$, sia per l'alveo principale (Chan) sia per le aree golenali di deflusso oltre i limiti d'alveo (LOB, ROB); per lo Sturla è pari a $n= 0,035$, per l'alveo principale (Chan) e $n=0.05$ per le aree golenali di deflusso oltre i limiti d'alveo (LOB, ROB).

Per quanto riguarda la presenza occasionale di materiale ordinariamente trasportato dalle piene, che potrebbe comportare incremento localizzato delle condizioni di attrito relativamente alle portate successive, oppure restringimenti localizzati delle sezioni di deflusso, stanti le caratteristiche litologiche dei bacini e per quanto direttamente rilevabile in sito, deve presumersi che tali eventuali fenomeni (peraltro non schematizzabili mediante valori specifici dell'indice di scabrezza) possano considerarsi di effetto trascurabile. Più in generale, occorre specificare che la validità dei risultati delle valutazioni eseguite presuppone che gli alvei siano soggetti ad ordinarie operazioni di pulizia ed a manutenzione periodica, affinché non vengano ad indursi effetti imprevisti ed imprevedibili sui deflussi. (vedi Fig. 6.2/A e Fig. 6.2/B)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fig. 32 di 45		Rev. 0

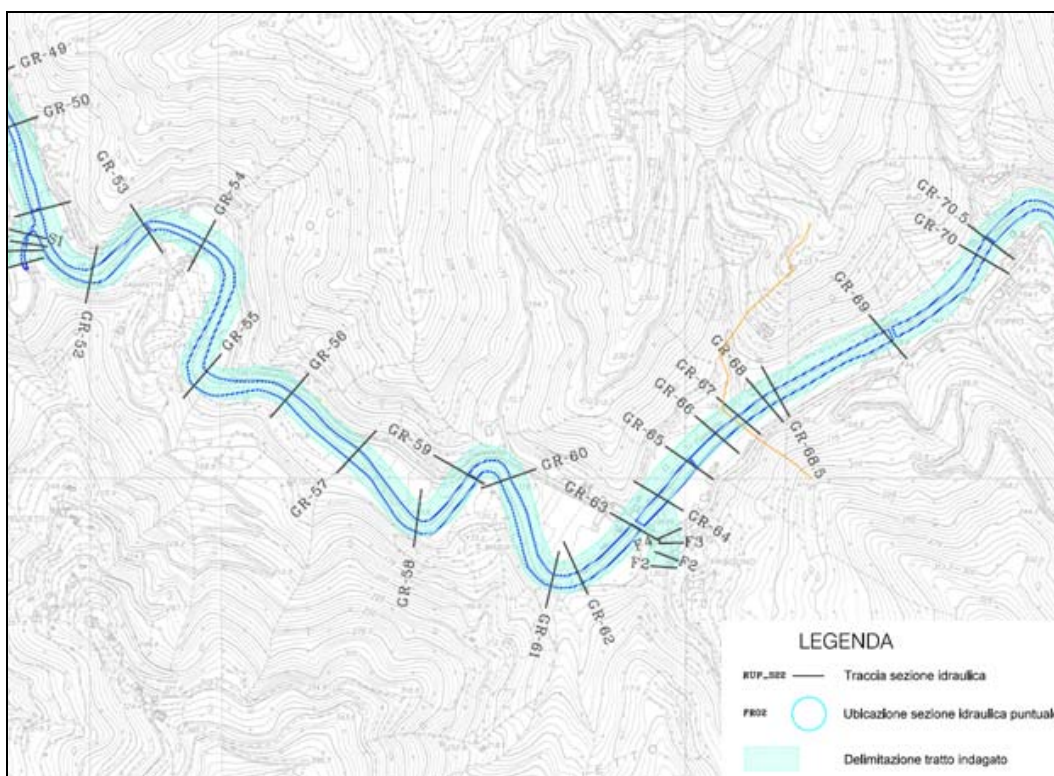


Fig. 6.2/A: Geometria di base della modellazione idraulica HEC-RAS nel tratto del torrente Gravaglia interessato dall'attraversamento. Tratto vallivo - in Località Frisolino: dalla sez. GR-69 alla sez. GR-64

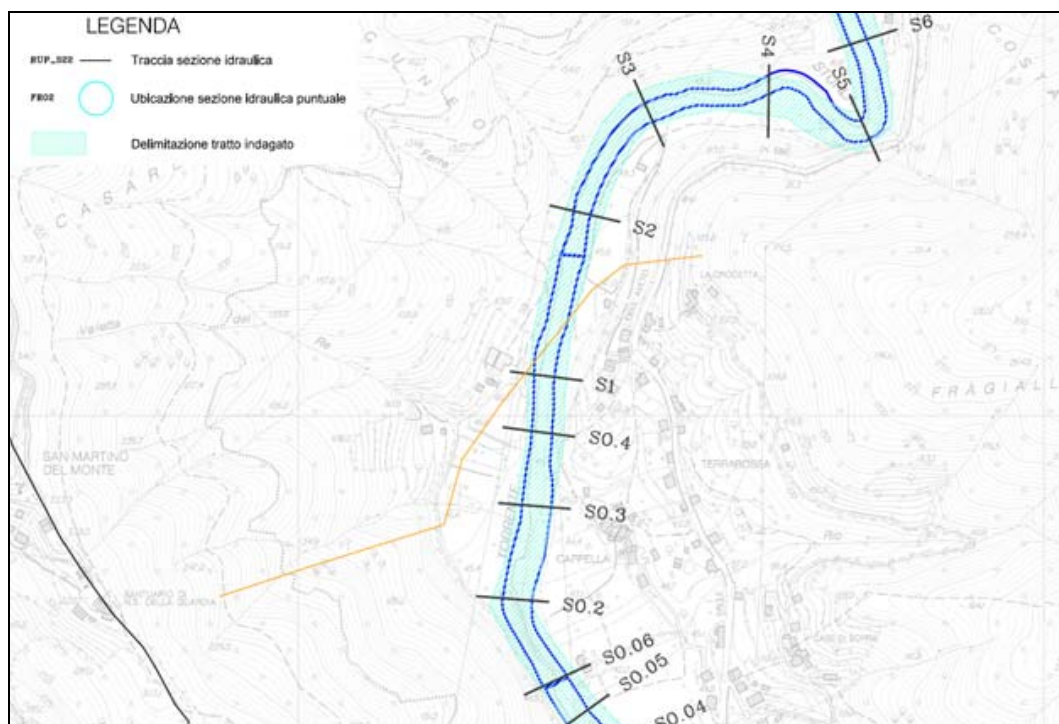


Fig. 6.2/B Geometria di base della modellazione idraulica HEC-RAS nel tratto del torrente Sturla interessato dall'attraversamento. Tratto terminale Sturla, loc. Terrarossa: dalla sez. S 8 alla sez. S 0.1

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO	Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 33 di 45
				Rev. 0

6.3 Parametri del deflusso di piena

Le verifiche idrauliche sono state condotte in condizioni di moto permanente gradualmente variato, per i tre valori della portata al colmo con tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni, per diverse sezioni di chiusura¹⁴.

L'analisi del flusso di piena è basata su sezioni trasversali, la cui geometria deriva da rilievi topografici di dettaglio integrativi ai dati territoriali estratti da cartografia tecnica disponibile (Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, cartografia tecnica del Genio Civile in scala 1:1000 aggiornata al 1972). 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. (vedi Fig. 6.3/A e Fig. 6.3/B)

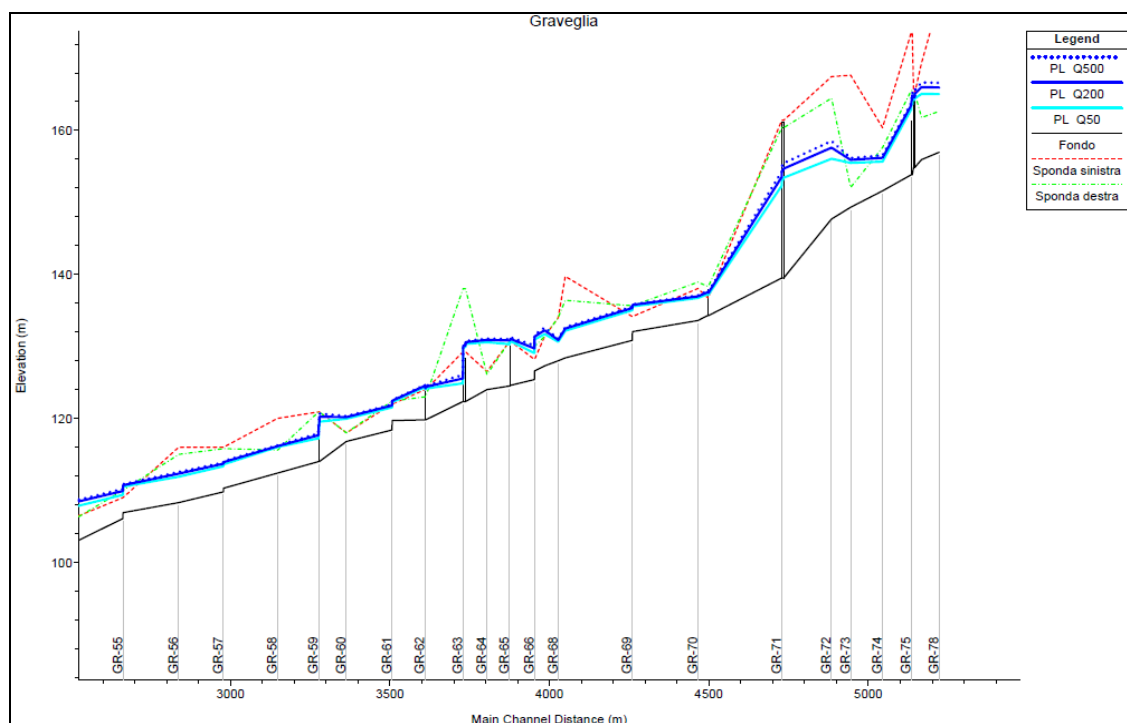


Fig. 6.3/A: Torrente Graveglia, profili di corrente per le portate di piena nel tratto interessato dall'attraversamento, in prossimità della sezione GR-67. Tratto vallivo - in Località Frisolino: dalla sez. GR-69 alla sez. GR-64

¹⁴ **Relazione Generale** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Ambito Regionale di bacino 16 (BURL n.22 del 30/05/2018)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fig. 34 di 45		Rev. 0

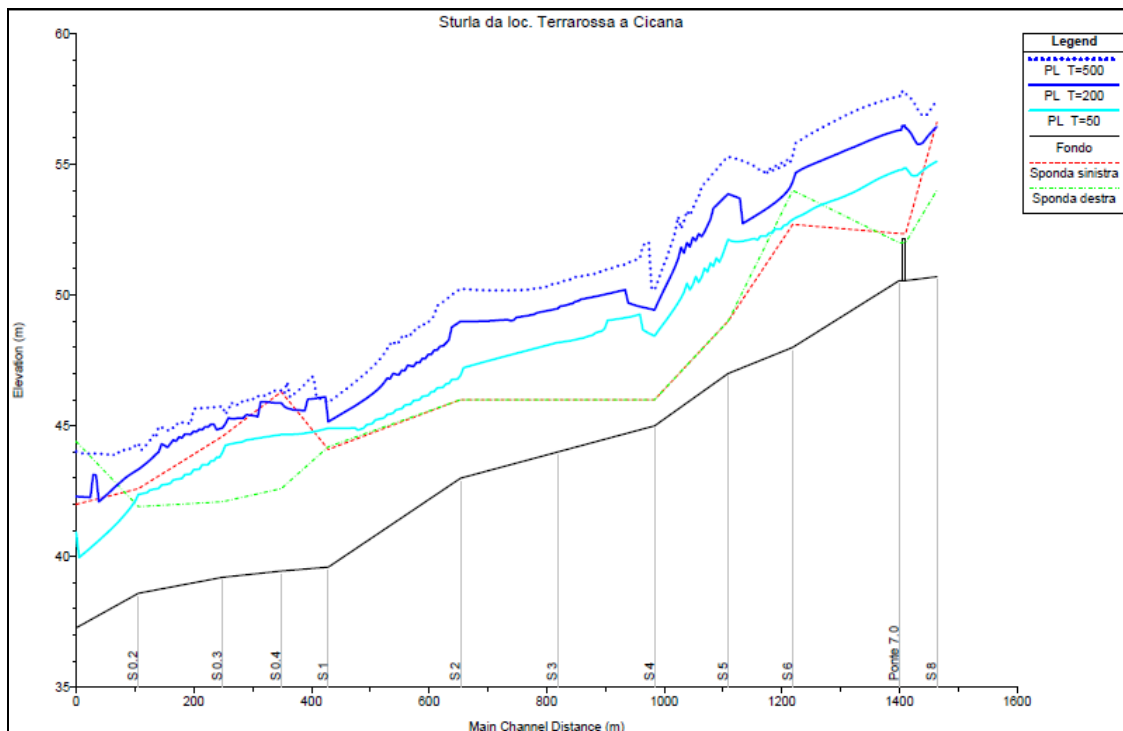


Fig. 6.3/B: Torrente Sturla, profili di corrente per le portate di piena nel tratto interessato dall'attraversamento, in prossimità della sezione S1. Tratto terminale Sturla - in Località La Crocetta, Terrarossa: dalla sez. S 8 alla sez. S 0.1

Nel caso dello Sturla, le verifiche hanno mostrato che tutto il tratto vallivo considerato risulta soggetto ad esondazione con invasione delle aree golenali a causa dell'insufficienza dell'alveo di morbida a contenere anche gli eventi di piena più significativi (con tempi di ritorno anche sensibilmente inferiori a 50 anni).

Da notare che la portata massima smaltibile all'interno dell'alveo di morbida è circa la metà della portata di piena centennale e che i limiti delle aree esondabili per i periodi di ritorno considerati nella determinazione dei profili del pelo libero in piena (50, 200 e 500 anni) sostanzialmente coincidono, in quanto le aree golenali risultano completamente inondate per tutte e tre le configurazioni di portata, anche se con tiranti idrici diversi.

Ai fini dell'interpretazione dei risultati va sottolineato che la metodologia semplificata applicata è da considerarsi cautelativa, in quanto non tiene conto degli effetti di laminazione dell'alveo e delle relative aree golenali e di propagazione del relativo idrogramma di piena.

Per quel che riguarda il Graveglia, la maggior parte delle aree soggette ad inondazione è distribuita lungo il tratto vallivo dell'asta principale del Graveglia, approssimativamente da Frisolino sino alla confluenza nell'Entella. Le portate associabili a tempi di ritorno dell'ordine dei 10-20 anni sono agevolmente contenute dentro l'alveo, la cui larghezza varia mediamente tra 15 e 30 m. Le portate più rilevanti (con tempi di ritorno 50 anni e più) risultano defluire con tiranti d'acqua più elevati delle aree rialzate poste ai lati dell'alveo. Ciò è causa pertanto dell'invasione delle acque anche su queste aree che, in qualche caso, sono state occupate da strade, edifici e terrapieni, ma che nella maggior

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83052	
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 35 di 45	Rev. 0

parte delle situazioni presentano solo campi coltivati o prati a sfalcio. È necessario chiarire che anche nel caso di allagamento di tali aree i tiranti idrici delle acque sono molto ridotti e le velocità di traslazione assolutamente trascurabili, soprattutto ad una certa distanza dall'alveo inciso.

Si possono effettuare le seguenti considerazioni di sintesi, relativamente alla fascia di inondabilità per $Tr = 200$ anni:

- l'alveo attivo è interessato dalla portata di piena vera e propria, dotata di altezze di corrente significative (4-5 m), velocità considerevoli e tensioni tangenziali (legate alla capacità di trasporto) elevate;
- le aree alluvionali poste ai lati dell'alveo sono talvolta soggette ad allagamento per sopraelevazioni locali del pelo libero (rigurgiti dovuti ad ostruzioni), che tuttavia rappresentano un pericolo ridotto, in quanto presentano altezze limitate (non superiori a 50-60 cm) e soprattutto valori di energia cinetica trascurabili, sia per le caratteristiche cinematiche del moto (corrente lenta), sia per la significativa scabrezza equivalente delle superfici attraversate. In tali fasce pertanto il rischio idraulico è molto più ridotto rispetto al caso precedente.

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).

Per il dettaglio delle risultanze della modellazione idraulica si rimanda agli elaborati degli studi idraulici sul torrente Graveglia¹⁵ e sul torrente Sturla¹⁶, eseguiti dalla Autorità di Bacino Regionale.

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;
- W.S. Elev: Quota del pelo libero (PL);
- 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 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. (vedi Fig.

¹⁵ **Verifiche Idrauliche Torrente Graveglia** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Ambito Regionale di bacino 16 (BURL n.22 del 30/05/2018)

¹⁶ **Verifiche Idrauliche Torrente Sturla** – Autorità di Bacino Regionale - Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Ambito Regionale di bacino 16 (BURL n.22 del 30/05/2018)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 36 di 45		Rev. 0

6.3/C e Fig. 6.3/D)

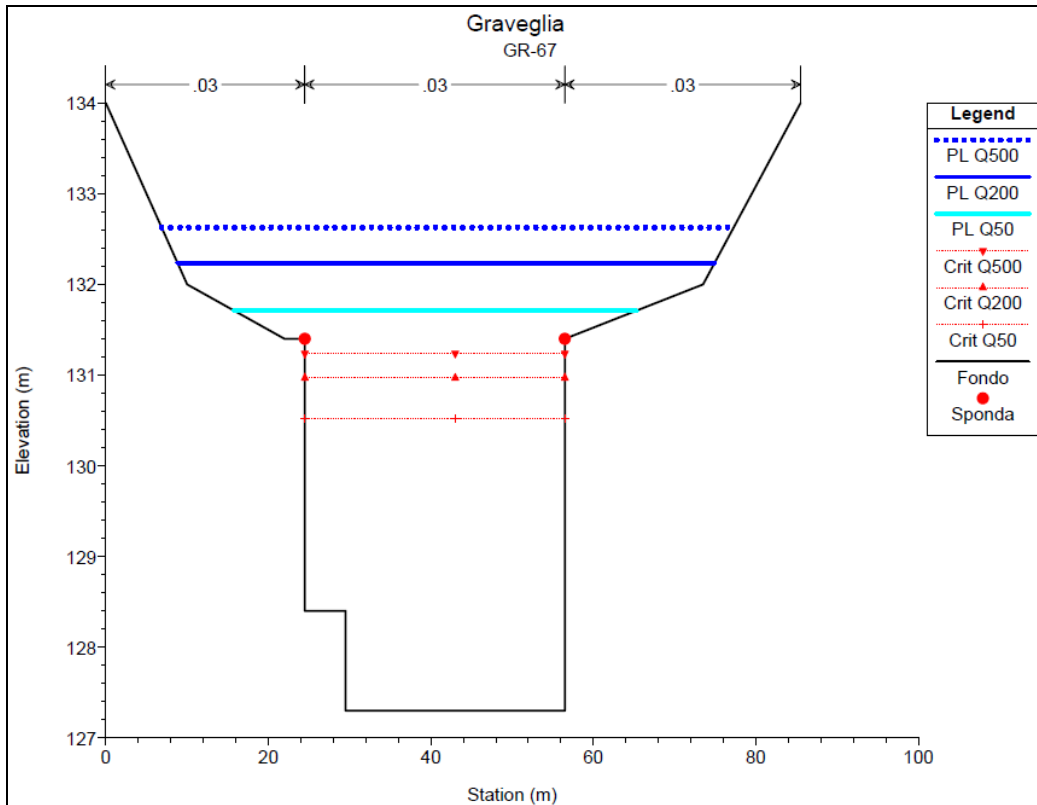


Fig. 6.3/C: Sezione del torrente Graveglia GR-67

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 37 di 45		Rev. 0

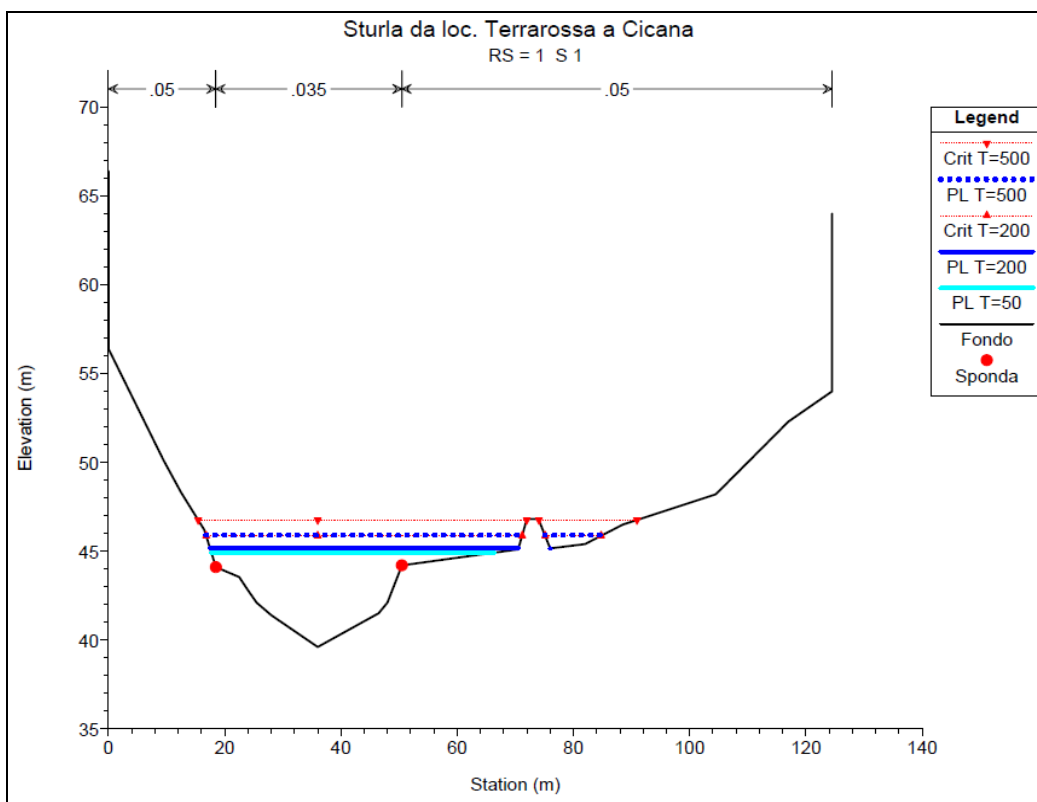


Fig. 6.3/D: Sezione del torrente Sturla S1

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

- Tratto vallivo Graveglia - $Q_{Max} = 654,2 \text{ m}^3/\text{s}$
- Tratto terminale Sturla - $Q_{Max} = 839 \text{ m}^3/\text{s}$

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 torrente Graveglia $Q_{Max} = 654,2 \text{ m}^3/\text{s}$ - RS 67 (GR-67)					
E.G. Elev (m)	133,09	Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	132,24	Wetted Per. (m)	15,72	40,20	18,45
E.G. Slope (m/m)	0,00263	Flow Area (m^2)	8,67	152,47	9,29
Max Chl Depth (m)	4,94	Top Width (m)	15,68	32,00	18,42
Froude # Chl	0,61	Avg. Vel. (m/s)	1,15	4,16	1,08

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 38 di 45		Rev. 0

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

- massima incisione in alveo (minima quota 127,3 metri), 4,94 metri
- area fluviale (minima quota 131,4 metri), 0,84 metri

Portata di riferimento torrente Sturla $Q_{Max} = 839 \text{ m}^3/\text{s} - \text{RS } 1 \text{ (S1)}$					
E.G. Elev (m)	47,66	Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	45,15	Wetted Per. (m)	1,46	33,71	20,19
E.G. Slope (m/m)	0,01175	Flow Area (m^2)	0,53	116,49	10,08
Max Chl Depth (m)	5,55	Top Width (m)	1,00	32,00	20,14
Froude # Chl	1,18	Avg. Vel. (m/s)	1,10	7,08	1,37

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

- massima incisione in alveo (minima quota 39,6 metri) 5,55 metri;
- area fluviale (minima quota 44,1 metri) 1,05 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 8 (LAV-14), RS 27.3 (LAV-42) e RS 27.5 (LAV-44), prossime all'asse del metanodotto, rispetto alle quali occorre garantire adeguata copertura della tubazione in sub-alveo.

In base al livello idrico ed al carico energetico della corrente, stante anche la natura più 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 torrente Graveglia $Q_{Max} = 654,2 \text{ m}^3/\text{s} - \text{RS } 67 \text{ (GR-67)}$											
	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	66,10	9,90	127,3	133,1	5,82	132,2	4,94	0,0026	0,015	2,07	2,47
area fluviale	66,10	9,90	131,4	133,1	1,72	132,2	0,84	0,0026	0,004	1,12	0,42

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO	Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 39 di 45
				Rev. 0

Portata di riferimento torrente Sturla $Q_{Max} = 839 \text{ m}^3/\text{s} - \text{RS 1 (S1)}$											
	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	53,15	15,79	39,6	47,66	8,10	45,15	5,55	0,0117	0,095	3,03	2,78
area fluviale	53,15	15,79	44,1	47,66	3,60	45,15	1,05	0,0117	0,042	1,98	0,52

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 nel caso del torrente Graveglia 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); al contrario, nel caso del torrente Sturla, che nel tratto studiato presenta pendenza maggiore e regime di corrente veloce, vi è prevalenza del fenomeno della formazione di buche e approfondimenti locali S.

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 67 - GR-67	97,90	0,12
RS 1 - S1	398,22	0,47

Sulla base delle valutazioni eseguite si evince che, relativamente ai tronchi d'alveo analizzati (nei quale 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 per il torrente Graveglia e 3 m per il torrente Sturla.

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 0,15 m per il torrente Graveglia e 0,5 m per il torrente Sturla.

Essendo note la struttura del fondo alveo e delle aree attraversate, e i livelli stratigrafici di interesse (\rightarrow 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 (\rightarrow 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83052	
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 40 di 45	Rev. 0

d'intervento, è stato previsto di posizionare la condotta in progetto con una copertura minima in alveo di 4,0 m sia per il torrente Graveglia sia per il torrente Sturla (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 delle condotte, 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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83052	
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 41 di 45	Rev. 0

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 torrente Graveglia nel territorio comunale di Ne, e del torrente Sturla nel territorio di Carasco, 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 inondabili con tempo di ritorno di 50 anni (fascia A – Pericolosità idraulica molto elevata P_{13}).

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 ambientale¹⁷ 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.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed

¹⁷ Studio di Impatto Ambientale - SIA - doc. n. LA-E-83010

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83052	
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 42 di 45	Rev. 0

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 proteggere le opere di difesa 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 due sezioni progettualmente definite per gli attraversamenti in sub-alveo all'interno della "area fluviale" del Graveglia e dello Sturla, sono identificabili rispettivamente nel tratto vallivo, a monte del ponte sulla SP 26 in località Frisolino, per il Graveglia, e nel tratto terminale, che va dalla località Terrarossa alla confluenza con il torrente Cicana, per lo Sturla.

Qui gli alvei dei torrenti risultano incisi nelle alluvioni di fondo valle e presentano una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da ristrette aree golenali. Per entrambi; il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi, in alcuni tratti anche di consistente entità, e di 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 delle 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) nella "area fluviale"; le uniche opere fuori terra sono quelle relative al punto di linea PIL n. 4 che ricade nella fascia storicamente inondata, A*, del torrente Sturla, in località Piano dei Molini, 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO	Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 43 di 45	Rev. 0

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.

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 dalla portata 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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ	Regione Liguria		LA-E- 83052
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco	Fg. 44 di 45		Rev. 0

- *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 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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023089
	LOCALITÀ Regione Liguria		LA-E- 83052	
	PROGETTO Metanodotto Collegamento Sestri Levante-Recco		Fg. 45 di 45	Rev. 0

APPENDICE I - SONDAGGI GEOGNOSTICI ESEGUITI

Sondaggio n° **BH 10**



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 10**



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 10**



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

COMMESSA: **19-010S**

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

Foto cassa 3 (10,00-11,00 m da p.c.)

