

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 1 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, n. 50)

Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA
INTERFERENZE DELL'OPERA CON LE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA DEL PAI-PGRA
NEGLI AMBITI DEL DISTRETTO DEL FIUME PO

(documento revisionato dove indicato in rosso)

1	Revisione per aggiornamento tracciati	Caccavo	Sciosci	Stefani	Marzo '24
0	Emissione	Caccavo	Sciosci	Stefani	Ott. '23
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 2 di 124	Rev. 1	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

INDICE

1	GENERALITÀ	5
1.1	Premessa	5
1.2	Scopo dell'elaborato	6
1.3	Riferimenti	7
1.4	Definizioni	8
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	9
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	11
3.1	Criteri generali di progettazione	11
3.2	Strumenti di pianificazione territoriale	11
3.3	Disposizioni normative	13
3.4	Interferenze dell'opera con le aree a pericolosità idraulica	22
3.5	Interferenze dell'opera con i corsi d'acqua	28
4	CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO IN ESAME	31
4.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	31
4.2	Descrizione della rete idrografica e dell'area d'attraversamento	33
4.3	Quadro generale dei dissesti	38
4.4	Caratterizzazione stratigrafica	39
5	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	42
5.1	Generalità	42
5.2	Considerazioni specifiche preliminari	42
5.3	Studi propedeutici al PAI	43
5.3.1	Elaborazioni idrologiche - Cenni	43
5.3.2	Selezione dei risultati di interesse	46
5.4	Portata di progetto	47
6	STUDIO IDRAULICO	48
6.1	Presupposti e finalità dello studio idraulico	48
6.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	49
6.2.1	Assetto geometrico di modellazione	49
6.2.2	Dati di input e condizioni al contorno	52

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 3 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

6.3	Risultati della simulazione idraulica	53
6.4	Analisi dei risultati conseguiti	72
7	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	73
7.1	Generalità	73
7.2	Criteri di calcolo	74
7.3	Stima dei massimi approfondimenti d'alveo attesi	76
7.4	Analisi dei risultati e considerazioni progettuali	77
8	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	78
8.1	Premessa	78
8.2	Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto	78
8.2.1	By-pass del flusso idrico mediante parzializzazione della sezione d'alveo	79
8.2.2	By-pass del flusso idrico mediante tombone	80
8.2.3	Realizzazione di guadi provvisori in alveo	83
8.3	Effetti sulla qualità delle acque	84
8.4	Disposizioni generali di sicurezza	85
8.5	Metodologia operativa: Microtunnel	85
8.5.1	Requisiti generali del sistema costruttivo	85
8.5.2	Fasi operative	87
8.6	Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo	90
8.7	Modalità di dismissione del metanodotto esistente	92
8.8	Geometria delle condotte ed interventi di ripristino	93
8.9	Impianti e punti di linea	95
9	VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA	98
9.1	Generalità	98
9.2	Interferenze con aree a pericolosità idraulica	98
9.3	Compatibilità idraulica degli attraversamenti in subalveo	103
9.3.1	Considerazioni di carattere generale	103
9.3.2	Considerazioni specifiche inerenti all'ambito di interferenza	103
9.4	Compatibilità idraulica dei punti di linea interferenti	105
10	INVARIANZA IDRAULICA DEI PUNTI DI LINEA IN PROGETTO	107
10.1	Quadro di riferimento normativo regionale	109

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 4 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

10.2	Principi generali	110
10.3	Criteri di verifica del volume minimo di invaso	111
10.4	Calcolo dell'invarianza idraulica	112
11	CONCLUSIONI	123

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 5 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art.5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, Snam FSRU Italia, in qualità di Proponente dell'opera, ha presentato, in data 29 Giugno 2022, l'istanza per l'autorizzazione all'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage & Regasification Unit) nel porto di Piombino (LI) e per il relativo collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti.

In data 25 ottobre 2022, il Proponente ha ottenuto l'Autorizzazione Unica alla costruzione ed all'esercizio da parte del Commissario straordinario di Governo con Ordinanza n.140 che ha imposto, tra le altre condizioni, (i) la permanenza della FSRU per un periodo di tre anni dalla sua entrata in esercizio e (ii) di presentare entro 45 giorni dalla pubblicazione sul B.U.R.T. della ordinanza, estesi successivamente di ulteriori 100 giorni con Ordinanza n.167 del 9 dicembre 2022 del Commissario, e quindi al 26 giugno 2023 con Ordinanza n. 18 del 17 marzo 2023, il progetto integrativo di ricollocazione della FSRU in oggetto in sito offshore nonché il progetto relativo agli interventi necessari per la dismissione della FSRU dal porto di Piombino.

L'analisi delle alternative esaminate ha escluso la possibilità di trovare un ormeggio a lungo termine della FSRU all'interno di un porto diverso da quello di Piombino, non avendo riscontrato in nessun altro porto le seguenti caratteristiche peculiari di Piombino, quali: (i) una banchina idonea per geometria e capacità strutturali, (ii) un pescaggio del porto ovunque maggiore di 15 m, (iii) un punto di ingresso nella Rete nazionale Gasdotti ad una distanza ragionevole ed in grado di ricevere l'incremento di portata previsto (i.e., 5 miliardi di metri cubi/anno).

La ricerca della soluzione si è quindi indirizzata verso possibili siti offshore verificando la sussistenza principalmente di tre requisiti essenziali: (i) il collegamento in un punto della Rete Nazionale in grado di ricevere la portata prevista, (ii) la fattibilità tecnica, urbanistica ed ambientale del tracciato della condotta a mare ed a terra, (iii) la capacità della FSRU di svolgere con continuità il servizio di rigassificazione rispetto alle condizioni meteomarine attese nel sito prescelto.

I requisiti sopra richiamati hanno portato a selezionare un sito offshore a circa 2 miglia nautiche (circa 4 km) dalla costa ligure di ponente di fronte a Vado Ligure (SV) potendo evitare sia le rotte di ingresso/uscita del traffico navale che sfruttare l'approdo a terra in corrispondenza dell'area industriale di Tirreno Power.

La presente revisione del documento tiene soprattutto conto delle varianti apportate per accogliere le richieste provenienti dal territorio nonché del riposizionamento dell'impianto PDE. In particolare, anche in questo caso, il Proponente ha raccolto le richieste del territorio ed ha previsto lo spostamento dell'impianto PDE dalla ubicazione prevista in località Gagliardi (Rif. documentazione progettuale sottomessa dal Proponente al Commissario straordinario del 24/06/2023) alla nuova posizione posta circa 300 m più a nord sempre in Comune di Quiliano. Come illustrato nella Relazione Tecnica (Rif. Doc NQ-R23350-REL-FTE-E-11000), la nuova posizione del PDE è stata accompagnata anche dalla drastica riduzione della superficie impiantistica (circa 47%), avendo eliminato la parte di impianto dedicata alla correzione dell'Indice di Wobbe (IW) nonché da una nuova filosofia di trasporto che prevede una unica condotta DN 750(30") tra l'impianto PDE e l'impianto trappole di Cairo Montenotte (loc. Chinelli) in luogo di due bretelle DN 500 (20") e DN 650 (26") previste inizialmente.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 6 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Il tracciato di progetto del “Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti” riguarda i seguenti tratti di linea:

- Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra), DN 650 (26”), DP 100 bar;
- Metanodotto Collegamento dall’Impianto PDE di Quiliano alla Rete Regionale/Nazionale DN 750 (30”), DP 75 bar;
- Dismissione Metanodotto Alessandria - Cairo Montenotte - Savona DN 300 (12”), DP MOP 64 bar.

Il nuovo tracciato in progetto della condotta DN 750 (30”) ripercorre il medesimo tracciato della precedente bretella DN 650 (26”) “Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 650 (26”), DP 75 bar - Fase 2”.

I tracciati in progetto interferiscono con delle aree censite a pericolosità idraulica nel Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) dell’Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po e nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) del Fiume Po.

Gli ambiti ricadenti nel Distretto dell’Appennino Settentrionale sono stati trattati in specifico elaborato, doc. REL-PAI-E-11006.

1.2 Scopo dell’elaborato

Lo scopo del presente elaborato è quello di analizzare le condizioni di compatibilità idraulica del metanodotto in progetto nell’ambito specifico d’interferenza con le aree a pericolosità idraulica.

Nell’ambito della presente relazione vengono inoltre illustrati gli studi effettuati al fine di individuare le caratteristiche di progettazione nell’attraversamento in subalveo del corso d’acqua, con particolare riferimento alla definizione della metodologia operativa, del profilo di posa della condotta e delle caratteristiche delle eventuali opere di ripristino e di presidio idraulico.

Le scelte sono state effettuate in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico, ed idraulico, con lo scopo di garantire la sicurezza del metanodotto per tutto il periodo di esercizio, nonché di assicurare la compatibilità dell’infrastruttura in considerazione del contesto idraulico del corso d’acqua, subordinandola alla dinamica evolutiva dello stesso.

In tal senso, le valutazioni specifiche di cui al presente elaborato sono state condotte in riferimento alle fasi di studio qui di seguito sinteticamente descritte:

- Inquadramento territoriale dell’area d’attraversamento, in modo da consentire di individuare in maniera univoca il tratto del corso d’acqua interessato dall’interferenza con l’infrastruttura lineare in progetto;
- Caratterizzazione idrografica del corso d’acqua e descrizione dell’ambito di attraversamento;
- Valutazioni idrologiche al fine di stimare le portate al colmo di piena di progetto in corrispondenza della sezione di studio (coincidente con quella dell’attraversamento in esame);
- Valutazioni idrauliche, volte ad individuare i parametri caratteristici di deflusso idrico ed i fenomeni associati alla dinamica fluviale locale in corrispondenza dell’ambito di

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 7 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

attraversamento, con particolare riferimento alla valutazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo;

- Descrizione delle scelte progettuali inerenti alla metodologia costruttiva, alla geometria della condotta in subalveo ed alle eventuali opere di presidio idraulico;
- Valutazioni sulle condizioni di compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento in riferimento ai criteri stabiliti nelle disposizioni normative per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica.

1.3 Riferimenti

La presente relazione fa riferimento ai seguenti documenti:

- [1] Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) – Autorità di Bacino del fiume Po – Relazione Generale
- [2] Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi Bacino del Tanaro – Autorità di Bacino del fiume Po
- [3] Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) – Autorità di Bacino del fiume Po – Norme di Attuazione
- [4] Progetto di variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) - Integrazioni all'elaborato 7 (Norme di attuazione) ... - Deliberazione n. 5/2015
- [5] Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica sui bacini padani della provincia di Savona e di Imperia ai sensi dell'art. 33, c.6, della l.r. 41/2014 e dell'art. 58, Norme di Attuazione del PAI del F. Po – Allegato I alla DGR 1064 del 14 dicembre 2018
- [6] Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) - Distretto del Fiume Po (Dicembre 2015)
- [7] Piano di Gestione del Rischio di Alluvione del distretto idrografico del fiume Po – Secondo ciclo di gestione – Relazione Metodologica (Giugno 2022)
- [8] Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – V A. Aree a rischio significativo di alluvione ARS Regionali e Locali Relazione Regione Liguria – Autorità di Bacino del fiume Po (Marzo 2016)
- [9] Studio delle fasce fluviali dei sottobacini del fiume Bormida di Spigno e del fiume Bormida di Millesimo, Attività D – Aspetto Idraulico, Relazione – Provincia di Savona (Dicembre 2002)
- [10] Studio di impatto ambientale - doc. n. REL-AMB-E-00001 - Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti
- [11] Relazione per autorizzazione ai fini del Vincolo Idrogeologico - doc. n. REL-VI-E-11003 - Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 8 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

1.4 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 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 9 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio interessato dai tracciati dei metanodotti in progetto ricade nei comuni di Vado Ligure, Quiliano, Altare, Carcare e Cairo Montenotte. Nello specifico:

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

Il tracciato di progetto ha inizio dalla linea di costa di **Vado Ligure** e termina al PDE di Quiliano (compreso) **in località Casina**, per una lunghezza complessiva di **km 2,695**.

Collegamento dall'Impianto PDE alla Rete Regionale/Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar

Il tracciato di progetto ha inizio dall'impianto PDE di Quiliano e termina all'interconnessione con il Metanodotto Ponti Cosseria e Cairo Montenotte Savona per una lunghezza complessiva di **km 23,800**.

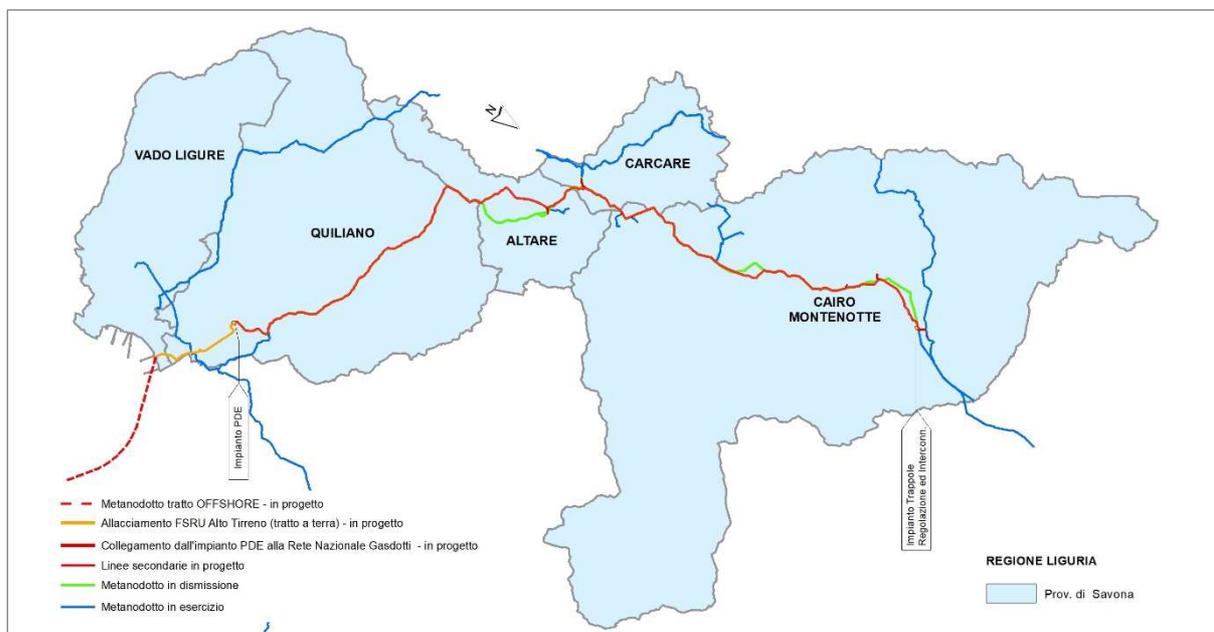


Figura 2.1 – Inquadramento territoriale dell'intera opera in progetto

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 10 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Il tracciato di progetto in esame in questo elaborato (ambito del Distretto del fiume Po) ricade nei comuni di Altare, Carcare e Cairo Montenotte, all'interno del sottobacino ligure del fiume Bormida di Spigno, in provincia di Savona. Nella figura seguente, relativa a uno stralcio della corografia in scala 1:100.000, la linea principale del nuovo metanodotto è riportata con una linea in colore blu (per distinguerla dalle linee della viabilità), e le principali interferenze con le Bormida sono cerchiare in azzurro.

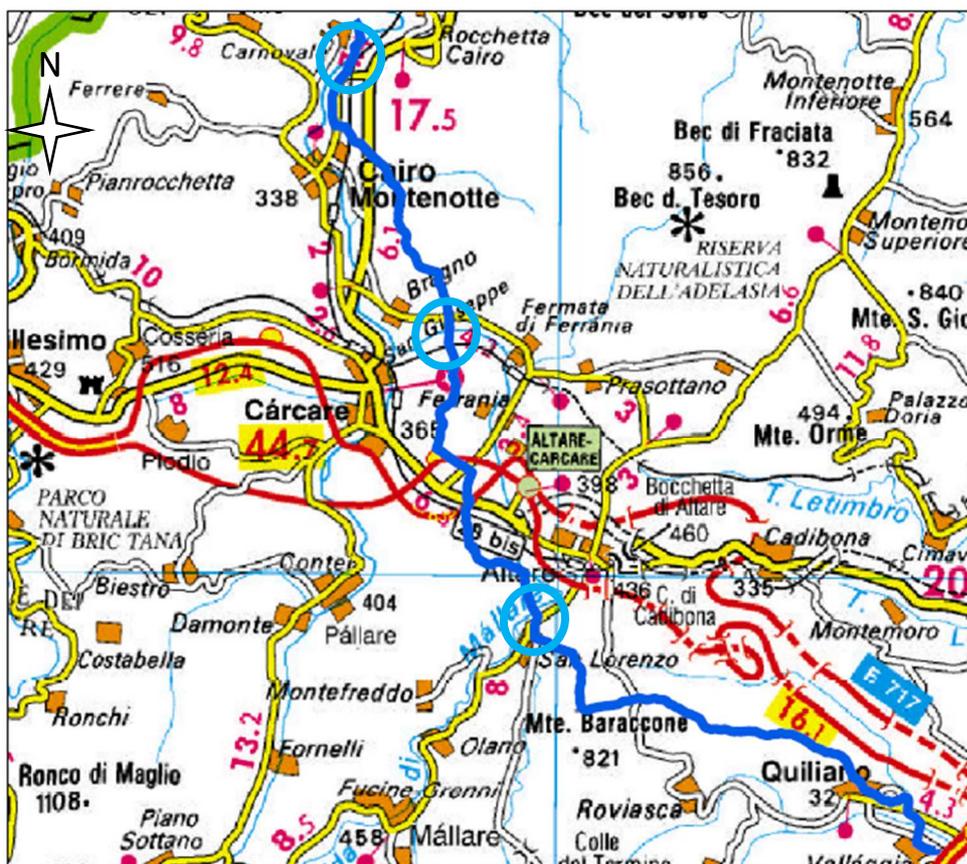


Figura 2.2 - Corografia dell'area di intervento (figura non in scala)

Di seguito si riportano le coordinate piane delle interferenze dei tracciati con i corsi d'acqua (di punti indicativi), nel sistema di riferimento WGS84-Fuso 32 (EPSG 32632):

Tabella 2.1 - Coordinate cartografiche degli ambiti di interferenza con i principali corsi d'acqua (in senso gas) nel sistema di riferimento WGS84

Cartografiche UTM WGS84	Latitudine N (m)	Longitudine E (m)
Collegamento dall'imp PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar		
Bormida di Mallare - 1°Attraversamento	4908406.39	446454.67
Bormida di Mallare - 2°Attraversamento	4913694.98	444848.16
Bormida di Spigno - 3°Attraversamento	4918590.11	442955.78

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 11 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3.1 Criteri generali di progettazione

La progettazione delle opere è eseguita nel rispetto di tutte le leggi e normative vigenti in Italia, come ampiamente descritto nel documento di progetto “Studio di impatto ambientale” (Rif.[10]).

Di seguito si riportano gli strumenti normativi e i documenti tecnici a cui si fa riferimento per la progettazione e l’analisi di compatibilità idraulica delle opere, nei casi di interferenza con aree censite a pericolosità idraulica.

3.2 Strumenti di pianificazione territoriale

Ai sensi del D.Lgs. n. 152 del 03.04.2006, dal 17 febbraio 2017 risultano soppresse le singole Autorità di Bacino ex L. n. 183 del 1989 ed i relativi organi di gestione, sostituite dalle Autorità Distrettuali.

Nel caso specifico dell’opera in progetto, l’Autorità di bacino del Fiume Po è confluita nell’Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, mentre l’Autorità di Bacino della Regione Liguria è confluita nell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale (Fig. 3.).

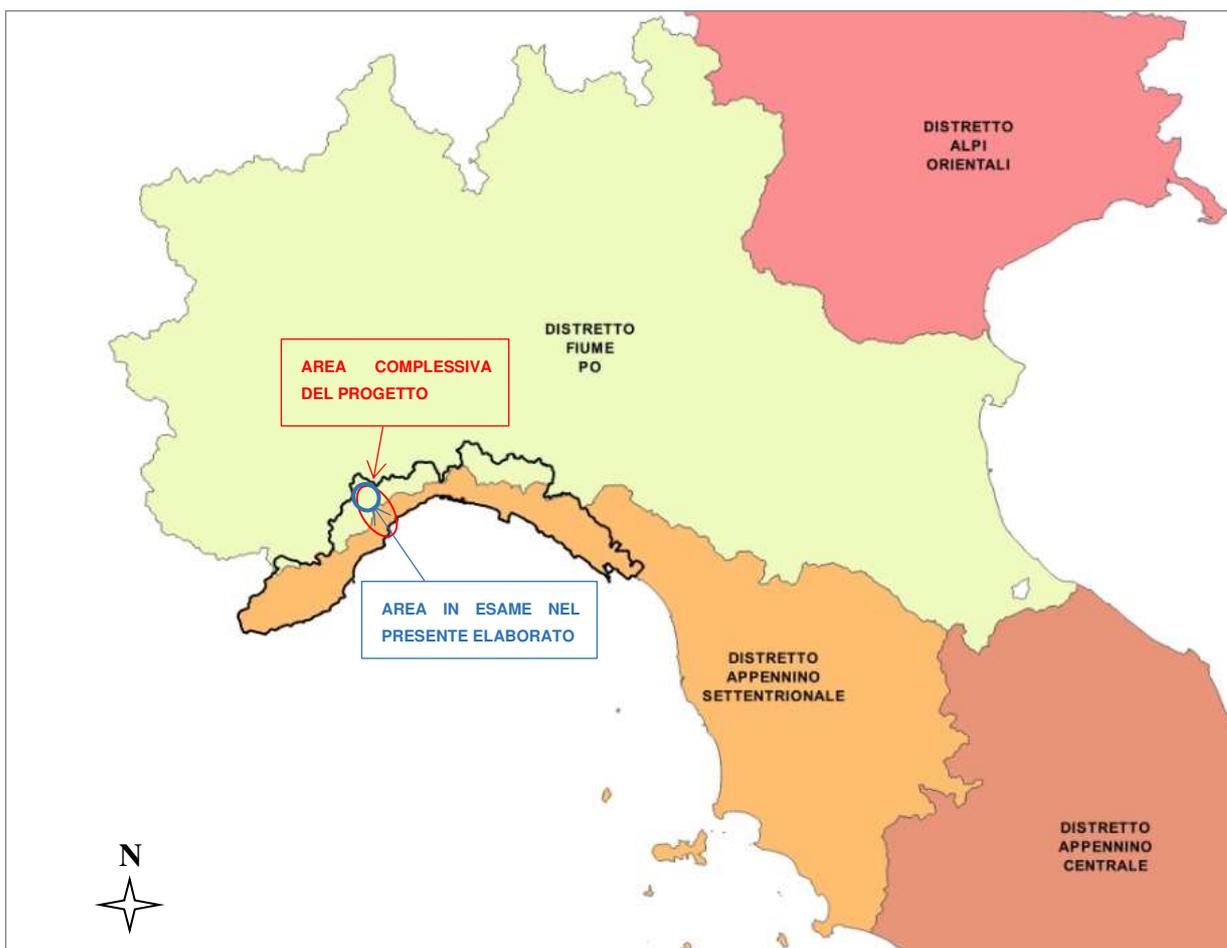


Fig. 3.2 - Perimetrazioni dei nuovi Bacini distrettuali con indicazione dell’area d’intervento

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 12 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Il progetto nella sua estensione ricade nelle pertinenze territoriali sia dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po sia dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Nell'ambito di competenza del Distretto del fiume Po ricadono i seguenti piani stralcio:

- ✓ Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) - Distretto del Fiume Po, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 è definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

L'elaborazione dei PGRA è temporalmente organizzata secondo "cicli di pianificazione", in quanto la Direttiva prevede che i Piani siano riesaminati e, se del caso, aggiornati ogni sei anni. Il "primo ciclo" ha avuto validità per il periodo 2016-2021.

Attualmente è in corso il secondo ciclo. In tal senso la Conferenza Istituzionale permanente dell'Autorità di bacino distrettuali del fiume Po ha adottato all'unanimità ai sensi degli art. 65 e 66 del D.Lgs 152/2006 il primo aggiornamento del PGRA, con Delibera n.5 del 20 dicembre 2021.

- ✓ Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI), approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001, con la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Tale piano è stato oggetto di successive varianti, soprattutto di carattere locale ma in qualche caso anche di carattere generale e che riguardano anche la delimitazione delle fasce fluviali.

In particolare si segnala che, con delibera n. 5 del 17 dicembre 2015, il Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po ha adottato il progetto di variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) - integrazioni all'elaborato 7 (Norme di attuazione) e il progetto di variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del delta del fiume Po (PAI delta) - integrazioni all'elaborato 5 (Norme di attuazione), finalizzati al coordinamento tra tali Piani ed il Piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA), ai sensi dell'art. 7, comma 3, lettera a), del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49.

Il progetto di variante summenzionato è stato poi successivamente approvato con Decreto del Presidente del Consiglio Dei Ministri del 22 febbraio 2018.

In generale, nei P.G.R.A. le classi di pericolosità fluviale sono state riviste seguendo le indicazioni della direttiva europea, pertanto, la rappresentazione della pericolosità avviene attraverso tre classi in funzione della frequenza di accadimento dell'evento (quindi con pericolosità elevata si indica una maggiore frequenza di accadimento):

Tabella 3.2 - Classi di Pericolosità da Alluvione

Classi di Pericolosità	Frequenza di accadimento
P1	Bassa (L)
P2	Media (M)
P3	Elevata (H)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 13 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Nell'elaborazione della cartografia afferente alle aree a pericolosità idraulica, nell'ambito del progetto (PG-PAI-D-11216, PG-PAI-D-11316, PG-PAI-D-11416), sono stati utilizzati gli stessi tematismi dei PGRA, come di seguito riportato:

- per la pericolosità idraulica del dominio fluviale sono stati individuati 3 scenari definiti dal D.Lgs. 49/2010 (recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE):

 **P3 - Pericolosità elevata**

 **P2 - Pericolosità media**

 **P1 - Pericolosità bassa**

P3: Elevata con tempo di ritorno fino a 50 anni (alluvioni frequenti);

P2: Media con tempo di ritorno tra 50 anni e 200 anni (alluvioni poco frequenti)

P1: Bassa con tempo di ritorno tra 200 anni e 500 anni (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

- per la pericolosità idraulica del dominio costiero, per ingressione delle acque marine, sono stati individuati 2 scenari in conformità alla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE:

 **P3 - Pericolosità elevata**

 **P2 - Pericolosità media**

P3: Elevata con tempo di ritorno fino a 50 anni (alluvioni frequenti);

P2: Media con tempo di ritorno tra 50 anni e 100 anni (alluvioni poco frequenti)

Per la progettazione delle opere e per le analisi di compatibilità si fa pertanto riferimento sia ai Piani di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) sia ai Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

3.3 Disposizioni normative

Con riferimento agli strumenti di pianificazione territoriale di settore (di cui al paragrafo precedente) e con particolare riferimento alla sopracitata approvazione delle varianti delle Norme di attuazione del PAI, viene stabilito che per gli ambiti censiti a pericolosità da alluvioni nel PGRA vengono considerate le misure di salvaguardia previste nelle N.A. del PAI.

In tal senso di cui qui di seguito si riporta una sintesi dei contenuti inerenti alle disposizioni contenute nelle Norme di Attuazione del "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po" (PAI).

PAI / Normativa di Piano - Cenni sui contenuti

Nell'ambito dell'art.1 delle Norme di Attuazione del PAI (N.A.) sono riportate le finalità e i contenuti.

Si citano i punti qui di seguito riportati:

11.1 Piani territoriali di coordinamento provinciali attuano il PAI specificandone ed articolandone i contenuti ai sensi dell'art. 57 del D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 e delle relative disposizioni regionali di attuazione. I contenuti dell'intesa prevista dal richiamato art. 57 definiscono gli approfondimenti di natura idraulica e geomorfologica relativi alle problematiche di sicurezza idraulica e di stabilità dei versanti trattate dal PAI, coordinate

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 14 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

con gli aspetti ambientali e paesistici propri del Piano territoriale di coordinamento provinciale, al fine di realizzare un sistema di tutela sul territorio non inferiore a quello del PAI, basato su analisi territoriali non meno aggiornate e non meno di dettaglio. L'adeguamento degli strumenti urbanistici è effettuato nei riguardi dello strumento provinciale per il quale sia stata raggiunta l'intesa di cui al medesimo art. 57.

Relativamente all'art.2 "Finalità generali":

1. *Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico, quale individuato al successivo art. 3.*

Nell'art.9 "Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico", nell'ambito del punto 1, si riportano le seguenti definizioni:

- *esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:*
 - *Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata,*
 - *Eb, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata,*
 - *Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata,*

Sempre nell'art.9, nell'ambito del punto 5, si riporta quanto segue:

5. *Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:*
 - *la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;*

Nell'art.28 s'individuano le fasce fluviali come segue:

- *Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'Allegato 3 "Metodo di delimitazione delle fasce fluviali" al Titolo II delle presenti Norme, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.*
- *Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del presente Piano per il tracciato di cui si tratta.*
- *Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato.*

Negli art.29, 30 e 31 vengono disciplinati gli interventi consentiti e vietati rispettivamente nella fascia A, nella fascia B e nella fascia C.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 15 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

In particolare, per la Fascia A, si riportano degli estratti dei passaggi ritenuti più interessanti dell'art.29.

1. *Nella Fascia A il Piano persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.*
2. *Nella Fascia A sono vietate:*
 - a) *le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;*
3. *Sono per contro consentiti:*
 - c) *le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;*

Per la Fascia B, si riportano degli estratti dei passaggi ritenuti più interessanti dell'art.30.

1. *Nella Fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.*
2. *Nella Fascia B sono vietati:*
 - a) *gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di vaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di vaso in area idraulicamente equivalente;*

Per la Fascia C, si riportano degli estratti dei passaggi ritenuti più interessanti dell'art.31.

1. *Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.*
4. *Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.*

Poi nell'art.38 "Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico", al punto 1 si cita:

1. *Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di vaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.*

Nell'art.57 (introdotta dalla variante alle Norme del PAI, Rif. [4]) "Mappe della pericolosità del rischio di alluvione (Mappe PGRA). Coordinamento dei contenuti delle Mappe PGRA con il previgente quadro conoscitivo del PAI, ai sensi dell'art. 9 del D. lgs. n. 49/2010", si cita, tra l'altro, quanto segue:

1. *Gli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe della pericolosità e dalle Mappe del*

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 16 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

rischio di alluvione indicanti la tipologia e il grado di rischio degli elementi esposti (di seguito brevemente definite Mappe PGRA) e pubblicate sui siti delle Regioni, costituiscono integrazione al quadro conoscitivo del PAI. Le Mappe PGRA contengono, in particolare:

- la delimitazione delle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità (aree P1, o aree interessate da alluvione rara; aree P2, o aree interessate da alluvione poco frequente; aree P3, o aree interessate da alluvione frequente);

2. Le aree allagabili di cui al comma precedente riguardano i seguenti ambiti territoriali:

- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP),
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM),
- Reticolo secondario di pianura (RSP),
- Aree costiere lacuali (ACL),
- Aree costiere marine (ACM).

3. Le suddette Mappe PGRA costituiscono quadro di riferimento per la verifica delle previsioni e prescrizioni del PAI ai sensi del precedente articolo 1, comma 9 delle presenti Norme con riguardo, in particolare, all'Elaborato n. 2 (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici– Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo), all'Elaborato n. 3 (Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico) nonché per la delimitazione delle Fasce fluviali di cui alle Tavole cartografiche del PSFF e dell'Elaborato 8 del presente Piano.

Nell'art.58 "Aggiornamento agli indirizzi alla pianificazione urbanistica, ai sensi dell'art. 65, comma 6 del D. lgs n. 152/2006" vengono fornite le indicazioni sull'applicazione dei riferimenti normativi. In particolare, nell'ambito del comma 2 si riporta quanto segue.

2. Nell'ambito delle disposizioni integrative di cui al comma precedente le Regioni individuano, ove necessario, eventuali ulteriori misure ad integrazione di quelle già assunte in sede di adeguamento dello strumento urbanistico al PAI. Dette misure, salva la possibilità di una loro migliore specificazione ed articolazione sulla base dei dati ed elementi a disposizione negli specifici casi, devono essere coerenti rispetto ai riferimenti normativi di seguito indicati:

a) Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP):

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3), alle limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme del precedente Titolo II del presente Piano;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2), alle limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del precedente Titolo II del presente Piano;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1), alle disposizioni di cui al precedente art.31.

b) Reticolo secondario collinare e montano (RSCM):

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3), alle limitazioni e prescrizioni stabilite dal precedente art. 9, commi 5 e 7, rispettivamente per le aree Ee e per le aree Ca;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2), alle limitazioni e prescrizioni stabilite dal precedente art. 9, commi 6 e 8 rispettivamente per le aree Eb e per le aree Cp;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1), alle limitazioni e prescrizioni stabilite dal precedente art. 9, commi 6bis e 9 rispettivamente per le aree Em e per le aree Cn.

c) Reticolo secondario di pianura (RSP):

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare, compete alle Regioni e agli Enti locali, anche d'intesa con l'Autorità di bacino, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 17 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 e s. m. i.

d) Aree costiere lacuali (ACL):

- *nelle aree interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare, compete alle Regioni e agli Enti locali, anche d'intesa con l'Autorità di bacino, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 e s. m. i..*

Nei territori della Provincia di Savona, al dicembre 2018, le aree inondabili a dati tempi di ritorno recepite nel PGRA, derivanti da sudi idraulici redatti nel tempo dalle Province su finanziamento regionale, i cui esiti sono da tempo noti ai Comuni interessati, non risultano oggetto di una adeguata copertura normativa, in quanto, salvo limitati casi, non sono state recepite dai Comuni nei loro strumenti urbanistici, né in altro strumento di pianificazione sovracomunale.

Con **DGR 1064 del 14 dicembre 2018**, pertanto, al fine di non lasciare aree a pericolosità note prive di adeguata copertura normativa, anche ai sensi dell'art. 33, c. 6, della l.r. 41/2014, è stata adottata, ai fini dell'indizione di una fase di pubblicità partecipativa, **una disciplina di tutela**, coerente con la disciplina del PAI del f. PO, nonché con l'analoga normativa vigente per i bacini padani liguri nel territorio della Provincia di Genova, con riferimento alla mappatura delle aree inondabili derivante da quella approvata per il PGRA del Bacino del f. Po.

La disciplina sulle aree a pericolosità idraulica, a fini di tutela, è stata applicata in regime di salvaguardia già all'atto dell'adozione, fino all'entrata in vigore della DGR 428/2021.

Legge regionale 29 dicembre 2014, n. 41 (Disposizioni collegate alla legge Finanziaria 2015) - Art. 33 (Disposizioni transitorie), comma 6: In attesa della completa attuazione del Titolo II, Parte Terza, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Norme in materia ambientale) e successive modificazioni e integrazioni nonché della revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, la Giunta regionale, nel caso di aree a pericolosità idrogeologica non oggetto di adeguata copertura normativa nell'ambito degli strumenti di pianificazione vigenti, nelle more dell'aggiornamento degli strumenti di pianificazione di bacino, stabilisce una disciplina di tutela e di gestione del territorio, coerente con quella della pianificazione di bacino di riferimento, finalizzata prioritariamente alla protezione e al non aumento delle condizioni di rischio, laddove ne verifichi la necessità in relazione ad esigenze di tutela della pubblica incolumità e di salvaguardia dei beni a rischio. Tale disciplina è corredata da mappe per la localizzazione sul territorio delle aree interessate, nonché dalla individuazione di eventuali misure da attuare al fine di diminuire le condizioni di rischio accertate. La Giunta regionale definisce le modalità con le quali si applicano le disposizioni di cui al presente comma, garantendo un'adeguata pubblicità partecipativa ed individuando eventuali regimi di salvaguardia.

DGR 428/2021 - Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani della Provincia di Savona e di Imperia – Cenni sui contenuti

Art. 1 Oggetto e finalità

1. *La presente disciplina è approvata ai sensi dell'art. 33, c.6 della l.r. 41/2014, recante "Disposizioni collegate alla legge finanziaria 2015". Relativamente alle aree a pericolosità idraulica, la disciplina costituisce adempimento a quanto previsto dall'art. 58 delle Norme*

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 18 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

di Attuazione (NdA) del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po, come introdotto con la variante adottata con Deliberazione C. I. n. 5 del 17/12/2015 ed approvata con D.P.C.M. 22/02/2018 (G.U.R.I. del 25/05/2018, Parte I). ... (omissis)...

2. *La disciplina è finalizzata prioritariamente alla protezione e al non aumento delle condizioni di pericolosità e rischio idraulico e geomorfologico, in relazione ad esigenze di tutela della pubblica incolumità e di salvaguardia dei beni a rischio.*
3. *Per la finalità di cui al comma 2 si stabilisce una adeguata disciplina di tutela sulle aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana note non oggetto di adeguata copertura normativa nell'ambito degli strumenti di pianificazione vigenti, nelle more dell'aggiornamento degli strumenti di pianificazione di bacino, anche a seguito del completamento della riforma delle Autorità di bacino distrettuali ex d. lgs. 152/2006 e ss.mm., nonché su fasce di rispetto del reticolo idrografico di cui non sia noto lo stato di rischio in quanto non oggetto di alcun studio idraulico precedente.*

Art. 2 Ambito territoriale di applicazione

1. *L'ambito territoriale di riferimento della presente disciplina è costituito dal territorio dei bacini padani ricadenti nel territorio ligure delle Province di Savona e Imperia.*
2. *(omissis)*
3. *(omissis)*

Art. 3 Mappatura delle aree a pericolosità idraulica - bacini padani liguri

1. *Le perimetrazioni delle aree su cui si applica la disciplina delle aree a pericolosità idraulica di cui al successivo art. 5 sono rappresentate nella "Carta della pericolosità idraulica e geomorfologica da frana" (Tavole da 1 a 43), allegata quale parte integrante del presente atto.*
2. *(omissis)*
4. *Ai fini dell'applicazione della disciplina di cui all'art. 5, le aree sono classificate come segue, in accordo con le mappature degli scenari di pericolosità del PGRA, come recepiti nel PAI vigente:*
 - a) *Aree Pi3: aree inondabili per tempi di ritorno cinquantennali;*
 - b) *Aree Pi2: aree inondabili per tempi di ritorno duecentennali;*
 - c) *Aree Pi1: aree inondabili per tempi di ritorno cinquecentennali;*
 - d) *Aree Pi3*: aree storicamente inondate per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altra evidenza di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle condizioni di inondabilità. In particolare, a fini di semplicità di applicazione normativa, sono incluse nella perimetrazione di tale classe le aree presenti nella cartografia del "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto" del vigente PAI del Fiume Po, non ancora oggetto di studi idraulici adeguati.*

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 19 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Art. 5 Disciplina di tutela su aree a pericolosità idraulica a vari tempi di ritorno

1. *Nelle more dell'eventuale recepimento delle aree come aggiornamento dell'Atlante dei rischi idraulici nel PAI, con le procedure di cui all'art.1, comma 10, delle NdA del PAI stesso, ovvero della verifica di compatibilità dello strumento urbanistico comunale effettuata ai sensi dell'art. 18 delle Norme di attuazione del PAI, sulle aree rappresentate nella "Carta della pericolosità idraulica e geomorfologica da frana", di cui all'art. 3, c.1, è stabilita la seguente disciplina, coerente con la corrispondente disciplina del PAI del Fiume Po, conformemente a quanto previsto dall'art. 58, c.2, lett. b) delle stesse NdA.*
2. **Nelle aree indicate nella cartografia di cui all'art. 3 con la sigla Pi3, in accordo con l'art. 9 delle NdA del PAI, sono consentiti:**
 - a) *gli interventi di demolizione senza ricostruzione;*
 - b) *gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti all'art. 3, comma 1, lett. a, b, c, del D.P.R. 380/2001;*
 - c) *gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;*
 - d) *gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;*
 - e) *gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;*
 - f) *le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;*
 - g) *la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti.*
3. **Nelle aree indicate nella cartografia di cui all'art. 3 con la sigla Pi2, in accordo con l'art. 9 delle NdA del PAI, oltre agli interventi di cui al comma 2, sono consentiti:**
 - a) *gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti all'art. 3, comma 1, lett. d, del D.P.R. 380/2001;*
 - b) *gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale.*
4. (omissis)
5. **Nelle aree indicate nella cartografia di cui all'art. 3 con la sigla Pi1 sono consentiti gli interventi previsti dalla disciplina urbanistica comunale purché realizzati con tipologie costruttive finalizzate alla riduzione della vulnerabilità delle opere e quindi del rischio per la pubblica incolumità e coerenti con le azioni e misure di protezione civile previste dai Piani Comunali di protezione civile.**
6. **Nelle aree indicate nella cartografia di cui all'art. 3 con la sigla Pi3*, si applica la disciplina delle aree Pi3 di cui al comma 2.**
7. *La disciplina di cui ai commi precedenti non si applica ai territori dei Comuni per i quali risultano concluse le procedure di recepimento delle perimetrazioni di pericolosità negli strumenti urbanistici comunali (Carcare, Altare e Cengio n.d.r.) in conformità al disposto dell'art. 18 delle Norme di attuazione del PAI.*

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 20 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

8. *Resta fermo che qualsiasi intervento realizzato nelle aree inondabili non deve pregiudicare la sistemazione idraulica definitiva del corso d'acqua, aumentare la pericolosità di inondazione ed il rischio connesso, sia localmente, sia a monte e a valle, costituire significativo ostacolo al deflusso delle acque di piena, ridurre significativamente la capacità di invaso delle aree stesse.*

9. (omissis)

Art. 6 Disciplina di tutela per fasce di rispetto dei corsi d'acqua del reticolo idrografico

1. *Ai fini della definizione delle fasce di inedificabilità lungo i corsi d'acqua e della connessa disciplina, si rinvia al Regolamento regionale n. 3/2011, recante "Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua".*
2. *Fermo restando il carattere di pubblicità di tutte le acque, la disciplina di cui al presente articolo si applica al reticolo comprendente tutti i tratti delle aste fluviali con bacino imbrifero sotteso superiore a 0,1 km².*
3. *Relativamente ai tratti dei corsi d'acqua, che non hanno formato oggetto di studi idraulici finalizzati alla individuazione delle fasce di inondabilità, desumibili dalle tracce delle sezioni idrauliche nella "Carta della pericolosità idraulica e geomorfologica da frana" allegata, è stabilita una fascia di rispetto, da misurarsi in coerenza con il disposto del Regolamento regionale n. 3/2011, come di seguito articolata:*
 - (a) 40 metri per i corsi d'acqua del reticolo con bacino sotteso superiore a 1 km²;
 - (b) 20 metri per i corsi d'acqua del reticolo con bacino sotteso compreso tra 0,25 e 1 km²;
 - (c) 10 metri per i corsi d'acqua del reticolo con bacino sotteso compreso tra 0,1 e 0,25 km².
4. *Nella fascia di rispetto di cui al comma 3 non sono consentiti interventi urbanistico-edilizi eccedenti quelli ammessi in aree Pi3, salvo che, ferma restando la fascia di inedificabilità ex r.r. 3/2011, l'ufficio regionale competente in materia di difesa del suolo esprima parere favorevole, sulla base di uno studio idraulico che individui le aree inondabili per un tratto idraulicamente significativo, sulle quali applicare la disciplina di cui all'art. 5. Le risultanze dei suddetti studi idraulici sono recepite nell'aggiornamento della cartografia della pericolosità idraulica e della relativa mappatura del PGRA, ovvero nell'ambito dell'adeguamento dei piani urbanistici comunali attraverso la relativa verifica di compatibilità.*
5. *Gli studi di cui al comma precedente devono essere realizzati con criteri analoghi a quelli adottati per la definizione delle aree inondabili recepite nel presente provvedimento, individuando altresì eventuali aree che possano essere considerate di pertinenza fluviale, anche al fine di non pregiudicare la possibilità di interventi di messa in sicurezza.*

Art. 8 Raccordo con pianificazione urbanistica comunale

1. *I Comuni avviano le procedure per il recepimento nei propri strumenti di pianificazione degli studi effettuati e delle aree inondabili e/o in dissesto di versante di cui agli artt. 3 e 4, congiuntamente alla connessa normativa, nei termini e modalità già previsti dall'art. 18 delle NdA del PAI del Fiume Po e dagli indirizzi regionali e loro eventuali successivi aggiornamenti.*
2. (omissis)

....

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 21 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Art. 10 Disposizioni finali

1. (omissis)
2. La presente disciplina è da applicarsi in modo integrato e coordinato con quello relativo alle fasce di inedificabilità assoluta di cui al regolamento regionale n. 3/2011.
3. Per quanto non diversamente disciplinato nelle presenti norme, continuano ad applicarsi le prescrizioni e le norme del PAI del F. Po, e devono essere osservate le direttive dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

Regolamento regionale n. 3/2011

Il citato **art. 7** del "Regolamento regionale 14 luglio 2011, n. 3" recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua", pubblicato sul Bollettino Ufficiale n. 20 del 20 luglio 2011, definisce gli interventi negli alvei dei corsi d'acqua come segue.

1. Ferme restando le normative in materia di autorizzazioni e polizia idraulica ex R.D. n.523/1904 e le relative competenze attribuite alle amministrazioni provinciali, negli alvei dei corsi d'acqua non sono consentiti i seguenti interventi, fatti salvi quelli necessari ad ovviare a situazioni di pericolo ed a tutelare la pubblica incolumità:
 - a) interventi che comportino ostacolo o interferenza al regolare deflusso delle acque di piena, che interferiscano con gli interventi di messa in sicurezza previsti dai piani di bacino, o che precludano la possibilità di attenuare o di eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio, nonché il deposito di materiali di qualsiasi genere;
 - b) interventi di restringimento o rettificazione degli alvei; su specifica deroga da parte della Provincia, possono essere autorizzati, in contesti di tessuto urbano consolidato, interventi previsti nell'ambito della progettazione complessiva ed organica di interventi finalizzati alla messa in sicurezza del corso d'acqua, compatibile con i piani di bacino, purché non comportino alcun aggravio alle condizioni di deflusso;
 - c) plateazioni o impermeabilizzazioni continue del fondo alveo dei corsi d'acqua di origine naturale, salvo il caso in cui siano previsti come misura necessaria in un progetto complessivo ed organico finalizzato alla messa in sicurezza del corso d'acqua, in tratti ricadenti in contesti di tessuto urbano consolidato e in assenza di interventi alternativi;
 - d) reinalveazioni e deviazioni dell'alveo dei corsi d'acqua, salvo il caso in cui siano previsti come misura necessaria in un progetto complessivo ed organico finalizzato alla messa in sicurezza del corso d'acqua, nonché in caso di:
 - 1) corsi d'acqua di origine naturale classificati come reticolo minuto;
 - 2) corsi d'acqua di origine artificiale, quali canali di bonifica, scoli artificiali, canali già oggetto di precedenti deviazioni, etc., a condizione che ne sia dimostrata la funzionalità idraulica secondo i criteri dei piani di bacino, sia assicurato il superamento dell'eventuale situazione di pericolosità precedente e sia valutata la possibilità di ripristino di sezioni a cielo libero laddove fossero presenti tombinature o coperture.
2. (omissis)
3. Tutti gli interventi interferenti con gli alvei dei corsi d'acqua devono essere adeguatamente dimensionati con adeguato franco rispetto alla portata con tempo di ritorno duecentennale, come determinata dai piani di bacino. Indirizzi generali sulle

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 22 di 124	Rev. 1	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

caratteristiche minime degli studi idraulici di supporto delle valutazioni necessarie ai fini del presente regolamento sono riportati nell'allegato 1; i franchi idraulici minimi da rispettare nelle varie tipologie di intervento sono riportati nell'allegato 2.

4. *Restano ferme le normative e le direttive delle diverse Autorità di Bacino operanti sul territorio ligure in materia di movimentazione ed asportazione di sedimenti dagli alvei.*

3.4 Interferenze dell'opera con le aree a pericolosità idraulica

Nel presente paragrafo vengono analizzate le potenziali criticità riscontrate lungo il tracciato delle opere in progetto e in dismissione, in riferimento alle interferenze con le aree a pericolosità idraulica secondo quanto previsto dai Piani di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) e dai Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Riguardo il pericolo idraulico, la seguente figura (Figura 3.) derivata dalla cartografia dei PGRA (primo aggiornamento 2021-2027 in attuazione alla Dir. 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera) mostra che il tracciato del metanodotto attraversa delle fasce di pericolosità idraulica.

La mappa della figura (Figura 3.) riunisce le seguenti informazioni:

1. aree potenzialmente allagabili per effetto delle inondazioni marine nel territorio costiero della Regione Liguria mappate in conformità alla Direttiva 2007/60/CE;
2. scenari di pericolosità alluvionale secondo la direttiva europea 2007/60/CE e il d.lgs. 49/2010 dei piani di bacino vigenti facenti parte del PGRA del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale (di interesse per il territorio del comune di Quiliano);
3. mappatura della pericolosità alluvionale secondo la direttiva europea 2007/60/CE e il d.lgs. 49/2010 approvata con Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po n.43 del 11/04/2022 (di interesse per i territori dei comuni di Altare, Carcare, Cairo Montenotte).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 23 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

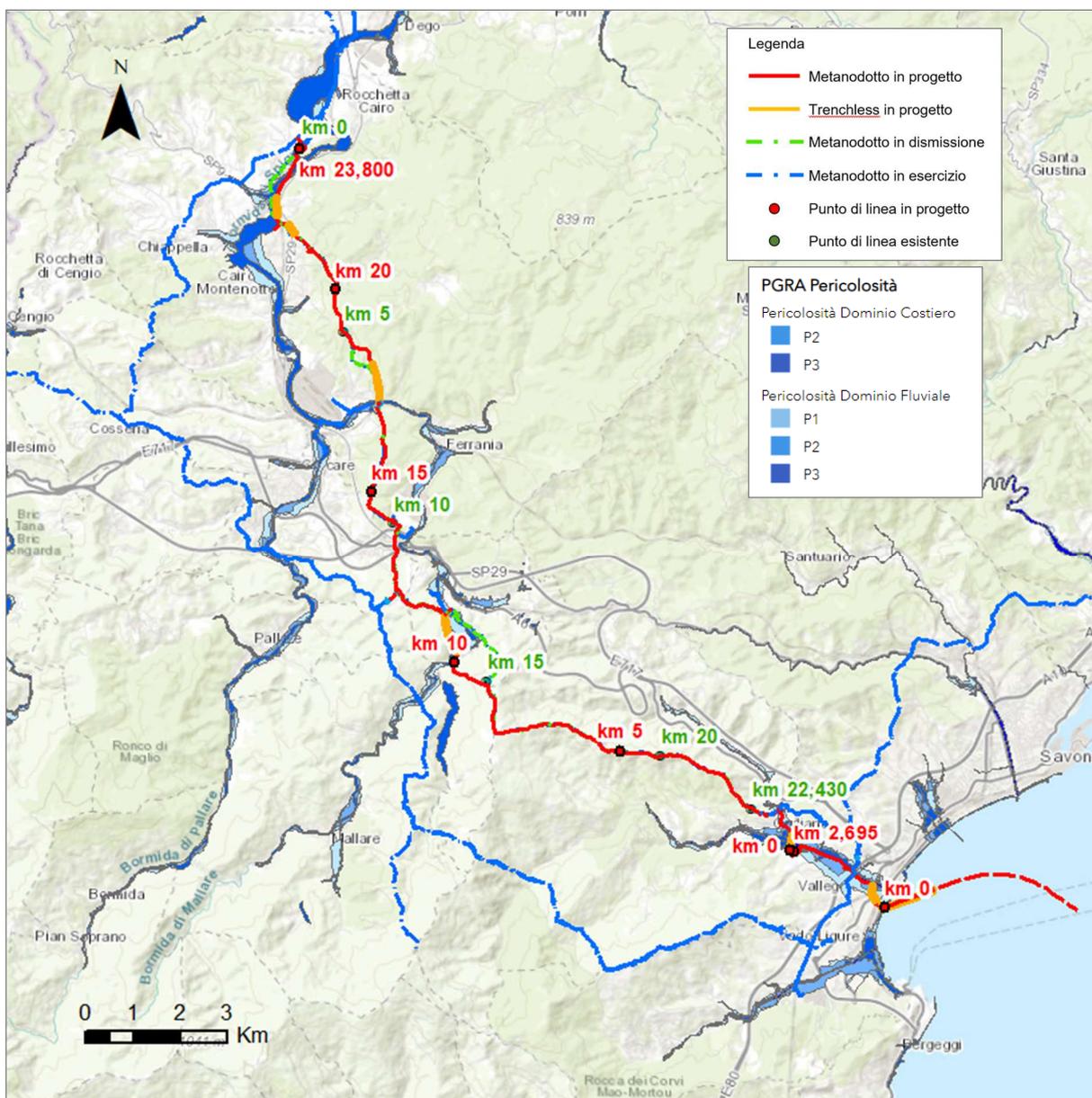


Figura 3.4 - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera PGRA - Fonti: Cartografie Ambiente (regione.liguria.it) e PGRA - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera (appenninosettentrionale.it)

Per quanto riguarda l'assetto idraulico, i tratti di interferenza con gli ambiti di competenza dei PGRA sono riportati nella tabella seguente (Tabella 3.4/A) e cartografati nella suddetta planimetria.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 24 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tabella 3.4/A - PGRA: Pericolosità idraulica

Da km	A km	Percor. parz. (km)	Comune	Classe di pericolosità	Ambito di competenza
Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26"), DP 100 bar, in progetto					
0,000	0,015		Vado Ligure (SV)	P3-P2-P1	Distretto dell'Appennino Settentrionale
0,015	0,025			P2-P1	
0,070	0,075	0,005 (*)		P1	
0,075	0,135			P1	
0,160	0,195			P1	
0,210	0,270			P1	
0,270	0,315	0,045 (*)		P1	
0,315	0,325	0,010 (*)	Quiliano (SV)	P1	
0,360	0,430	0,070 (*)		P1	
0,430	0,440			P1	
0,440	0,475	0,035 (*)		P1	
0,485	0,500	0,015 (*)		P1	
0,500	0,625	0,125 (*)		P2-P1	
0,625	0,855			P2-P1	
0,855	0,885			P1	
0,885	1,115			P3-P2-P1	
1,135	1,270			P3-P2-P1	
1,270	1,285			P2-P1	
1,285	1,325			P3-P2-P1	
1,325	1,375			P2-P1	
1,375	2,480			P3-P2-P1	
2,480	2,605		P2-P1		
Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, in progetto					
0,080	0,095		Quiliano (SV)	P2-P1	Distretto dell'Appennino Settentrionale
0,095	0,105			P3-P2-P1	
0,105	0,225	0,120 (*)		P3-P2-P1	
0,225	0,330	0,105 (*)		P2-P1	
0,330	0,375	0,045 (*)		P3-P2-P1	
0,375	0,395			P3-P2-P1	
0,395	0,415			P2-P1	
0,415	0,990			P3-P2-P1	
0,990	1,075		P1	Distretto del Fiume Po	
10,215	10,245		Altare (SV)		P1
10,245	10,270	0,025 (*)			P2-P1
10,270	10,310	0,040 (*)			P3-P2-P1
17,090	17,125		Cairo Montenotte (SV)		P2-P1
17,125	17,145	0,020(*)			P2-P1
17,145	17,175	0,030 (*)			P3-P2-P1
22,060	22,065				P1
22,065	22,225				P2-P1
22,225	22,245	0,020 (*)			P3-P2-P1
22,245	22,350	0,105 (*)		P2-P1	

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 25 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Da km	A km	Percor. parz. (km)	Comune	Classe di pericolosità	Ambito di competenza
22,350	22,610	0,260 (*)	Cairo Montenotte (SV)	P1	Distretto del Fiume Po
22,610	22,705			P1	
23,015	23,035			P1	
23,035	23,150			P2-P1	
23,150	23,225			P3-P2-P1	
23,225	23,400			P1	
23,665	23,675			P2-P1	
23,675	23,685			P3-P2-P1	
23,685	23,690			P1	
Dismissione Met. Cairo Montenotte – Savona DN 300 (12”), MOP 64 bar					
0,200	0,205		Cairo Montenotte (SV)	P1	Distretto del Fiume Po
0,205	0,210			P3-P2-P1	
0,210	0,220			P2-P1	
1,085	1,125			P1	
1,125	1,205			P2-P1	
1,205	1,675			P3-P2-P1	
1,675	1,685			P2-P1	
1,685	1,690			P1	
1,690	1,695			P2-P1	
1,695	1,950			P3-P2-P1	
1,950	1,960			P2-P1	
1,960	1,965			P1	
6,860	6,890			P3-P2-P1	
6,890	6,945			P2-P1	
12,850	12,960		Altare (SV)	P2-P1	
12,960	13,335			P3-P2-P1	
13,335	13,400			P2-P1	
13,400	13,515			P1	
13,535	13,560			P1	
13,560	13,725			P2-P1	
13,725	13,730		P1		

(*) Interferenza superata con metodologia di posa trenchless

Come riportato nella tabella precedente le opere oggetto del presente studio attraversano alcune aree a “pericolosità idraulica elevata - P3”, “aree a pericolosità idraulica media - P2” e “aree a pericolosità idraulica bassa - P1”.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 26 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

In particolare, il metanodotto “Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26”), DP 100 bar” interessa:

- ✓ le aree P3 a pericolosità elevata per una lunghezza complessiva di **1,525** km;
- ✓ le aree P2 a pericolosità media per una lunghezza complessiva di **2,080** km, che si riduce a **1,955** km considerando i tratti trenchless;
- ✓ le aree P1 a pericolosità bassa per una lunghezza complessiva di **2,450** km, che si riduce a **2,150** km considerando i tratti trenchless.

Il metanodotto “Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar” interessa:

- ✓ le aree P3 a pericolosità elevata per una lunghezza complessiva di **0,935** km, che si riduce a **0,690** km considerando i tratti trenchless;
- ✓ le aree P2 a pericolosità media per una lunghezza complessiva di **1,550** km, che si riduce a **1,050** km considerando i tratti trenchless;
- ✓ le aree P1 a pericolosità bassa per una lunghezza complessiva di **2,225** km, che si riduce a **1,460** km considerando i tratti trenchless.

Il metanodotto principale in dismissione “Met. Cairo Montenotte – Savona DN 300 (12”), MOP 64 bar” interessa le aree P3 a pericolosità elevata per una lunghezza complessiva pari a **1,135** km, le aree P2 per una lunghezza complessiva pari a **1,645** km e le aree P1 per una lunghezza di **1,845** km.

In merito alla compatibilità Idraulica dell’intervento è necessario ribadire che il metanodotto in progetto rappresenta un’infrastruttura lineare di trasporto del gas (infrastruttura energetica di interesse pubblico), che risulta tra le tipologie d’intervento per le quali, ai sensi delle Norme di Piano, è consentita l’interferenza con le aree a pericolosità idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico e purché non pregiudichino la possibilità di realizzare gli interventi di sistemazione idraulica. A tal proposito, si evidenzia che il metanodotto in progetto non presenta alcun problema operativo e di sicurezza in caso di innalzamento della falda e/o di allagamento dell’area e non determina alcun incremento del carico insediativo nell’area di intervento. Le uniche strutture visibili risulteranno essere le paline ed i cartelli indicatori e pertanto, anche in occasione delle piene eccezionali del corso d’acqua, non si introdurranno interferenze idrauliche significative per la laminazione delle piene e/o riduzioni della capacità di invaso. La costruzione dell’infrastruttura lineare, inoltre, non determina alcuna forma di trasformazione del territorio. Non sono previsti cambiamenti di destinazioni d’uso del suolo, né azioni di esproprio.

Si segnala, inoltre, che sono localizzati all’interno di aree a pericolosità idraulica i seguenti impianti e punti di linea in progetto (Tabella 3.4/B):

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 27 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tabella 3.4/B - PGRA: Pericolosità idraulica

Prog. (km)	Impianto	Comune	Classe di pericolosità	Ambito di competenza
Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26"), DP 100 bar, in progetto				
0,070	PIL 1	Vado Ligure	P1	Distretto dell'Appennino Settentrionale
1,350	PIL 2	Quiliano	P2-P1	
2,695	Impianto PDE		-	
Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, in progetto				
1,645	PIDI 1	Quiliano	-	Distretto dell'Appennino Settentrionale
11,080	PIDS 1.1/PIDA 1.1.1	Altare	- / P2-P1	Distretto del Fiume Po
12,435	PIDI 2	Carcare	-	
13,730	PIDS 2.1	Cairo Montenotte	-	
16,340	PIL 3		-	
17,105	PIDI 4		P2-P1	
21,125	PIDI 5		-	
22,085	PIDI 6		P3-P2-P1	
23,800	Impianto finale		-	

e in dismissione (Tabella 3.4/C):

Tabella 3.4/C - PGRA: Pericolosità idraulica

Prog. (km)	Impianto	Comune	Classe di pericolosità	Ambito di competenza
Dismissione Met. Cairo Montenotte – Savona DN 300 (12"), MOP 64 bar				
0,000	PIL 4510100/7	Cairo Montenotte	-	Distretto del Fiume Po
2,010	PIDI 4500240/33		-	
2,575	PIL 4500240/33.1		-	
2,875	PIDA 4102154/1		-	
6,930	HPRS di Bragno		P2-P1	
7,655	PIL 4500510/2		-	
10,295	PIDS 20709/1		-	
11,630	PIDI DI VISPA 4500510/2.1		Carcare	
12,910	PIDS 4103134/0.1	Altare	P2-P1	
13,215	PIDA 4104307/1		P3-P2-P1	
17,375	PIL 4500510/5	Quiliano	-	Distretto dell'Appennino Settentrionale

La localizzazione dei punti di linea, indispensabili alla funzionalità e l'operatività dei metanodotti in progetto, all'interno di aree a pericolosità idraulica è compatibile con le prescrizioni delle Norme di Piano poiché gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico non determinano modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, non alterano i fenomeni idraulici naturali, non determinano un aumento dei rischi e non costituiscono ostacolo al deflusso delle acque.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 28 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

3.5 Interferenze dell'opera con i corsi d'acqua

Di seguito (Tab. 3.5/A) si riporta l'aggiornamento delle interferenze tra l'opera, in progetto e tutti i corsi d'acqua, di qualunque livello negli ambiti ricadenti nel Distretto del Fiume Po.

Il reticolo considerato è il Reticolo Idrografico Regionale adottato con D.G.R. N. 507 del 21/06/2019, scaricato dal [geoportale regionale](#) della Liguria.

Si evidenzia che con DGR n. 1280 del 14 dicembre 2023 è stata approvata la nuova cartografia del Reticolo idrografico regionale che costituisce il nuovo riferimento cartografico univoco a livello regionale. Ad oggi tale cartografia è disponibile solo in formato pdf, ma tanto è bastato per verificare la correttezza delle informazioni riportate nel presente elaborato.

Nella tabella 3.5/A sono anche riportate le metodologie realizzative previste per ogni attraversamento.

Tabella 3.5/A – Interferenze idrauliche: Ubicazione attraversamenti corsi d'acqua e metodologie realizzative – METANODOTTI IN PROGETTO

Progr. (km)	Comune	Provincia	Corsi d'acqua	Rif. Dis. tipologici	Modalità realizzative
Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, in progetto					
10,285	Altare	Savona	Fiume Bormida di Mallare	STD-D-11855	Trenchless (microtunnel)
11,075			Rio femmina morta	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
12,230	Carcare		Rio Miserare	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
12,535			Rio	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
13,430			Rio	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
13,925	Cairo Montenotte		Rio	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
16,310			Rio	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
16,625			Rio	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
16,885			Rio	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
17,165			Fiume Bormida di Mallare	STD-D-11855	Trenchless (microtunnel)
17,200	Fosso		STD-D-11855	Trenchless (microtunnel)	
17,900	Rio		STD-D-11855	Trenchless (microtunnel)	
17,970	Rio Valchiosa		STD-D-11855	Trenchless (microtunnel)	
18,595	Rio delle Moglie		STD-D-11817	Scavo a cielo aperto	
19,990	Rio Moglie della Cipolla		STD-D-11817	Scavo a cielo aperto	

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 29 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Progr. (km)	Comune	Provincia	Corsi d'acqua	Rif. Dis. tipologici	Modalità realizzative
20,340	Cairo Montenotte	Savona	Rio Loppa	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
20,450			Rio Chiappin	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
20,750			Fosso	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
21,090			Rio Vesima	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
21,570			Rio Cancare	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
21,960			Rio Cancare	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
22,120			Rio Fonga	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
22,315			Rio Ponte Rotto	STD-D-11855	Trenchless (microtunnel)
23,185			Rio	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
23,205			Fiume Bormida di Spigno	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
23,695			Rio Vignaroli	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
Ricollegamento ad Allacc. Bormioli DN 100 (4"), DP 75 bar					
0,015 – 0,030	Altare	Savona	Rio femmina morta	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
Rifac. Allacc. Rete 2i Gas Altare DN 100 (4"), DP 75 bar					
0,105	Altare	Savona	Fiume Bormida di Mallare	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
Ricoll. ad Imp.di Regolazione di Carcare DN 500 (25"), DP 75 bar					
0,095	Carcare	Savona	Fosso	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
Nuovo Allacc. Liguria Gas DN 100 (4"), DP 64 bar					
0,025	Cairo Montenotte	Savona	Rio Vesima	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto
Nuovo stacco per Comune di Cairo Montenotte DN 100 (4"), DP 75 bar					
0,180	Cairo Montenotte	Savona	Rio	STD-D-11817	Scavo a cielo aperto

Per le condotte in progetto, un'analisi idraulica più di dettaglio è stata condotta sugli attraversamenti dei corsi d'acqua classificati a pericolosità idraulica media ed elevata nella cartografia del PAI (e PGRA). Tali attraversamenti sono riportati nella tabella 3.5/B.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 30 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tabella 3.5/B: Elenco attraversamenti corsi d'acqua in aree a pericolosità idraulica del PAI (e PGRA)

Id.	Progr. (km)	Attraversamento corso d'acqua	Ambito di competenza	Comune	Peric. Alluvione	Metodologia attravers.	Copertura min. in alveo (m)
Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar, in progetto							
1	10,285	Fiume Bormida di Mallare (1°attr.)	Dist. Fiume Po / Versante bacini padani - Provincia di Savona (ITN008 2022)	Altare (SV)	Pi3 (P3)	Trenchless (microtunnel)	5,00
2	17,165	Fiume Bormida di Mallare (2°attr.)		Cairo Montenotte (SV)	Pi3 (P3)	Trenchless (microtunnel)	5,00
3	22,120	Rio Fonga			Pi3 (P3)	Cielo aperto	2,50
4	22,315	Rio Ponte Rotto			Pi2 (P2)	Trenchless (microtunnel)	2,50
5	23,205	Fiume Bormida di Spigno (3°attr.)			Pi3 (P3)	Cielo aperto	5,00
6	23,695	Rio Vignaroli			Pi3 (P3)	Cielo aperto	3,00
Rifac. Allacc. Rete 2i Gas Altare DN 100 (4"), DP 75 bar							
7	0,105	Fiume Bormida di Mallare	Dist. Fiume Po / Versante bacini padani - Provincia di Savona (ITN008 2022)	Altare (SV)	Pi3 (P3)	Cielo aperto	4,00

Per l'approfondimento dell'analisi idraulica condotta e della compatibilità idraulica dei vari attraversamenti si rimanda ai capitoli successivi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 31 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

4 CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO IN ESAME

4.1 Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua

La Bormida ha uno sviluppo, fino alla confluenza nel Tanaro, di 65 km. Il tratto montano si sviluppa dalla sorgente fino a Strevi (22 km); il tratto di fondovalle e di pianura presenta caratteristiche di alveo tipo meandriforme fino a Castellazzo Bormida e monocursale sinuoso, prevalentemente, fino alla confluenza nel Tanaro. Nel primo tratto sono sottesi i bacini della Bormida di Spigno e di Millesimo e dell'Erro (in destra); nel secondo tratto il bacino dell'Orba (in destra).

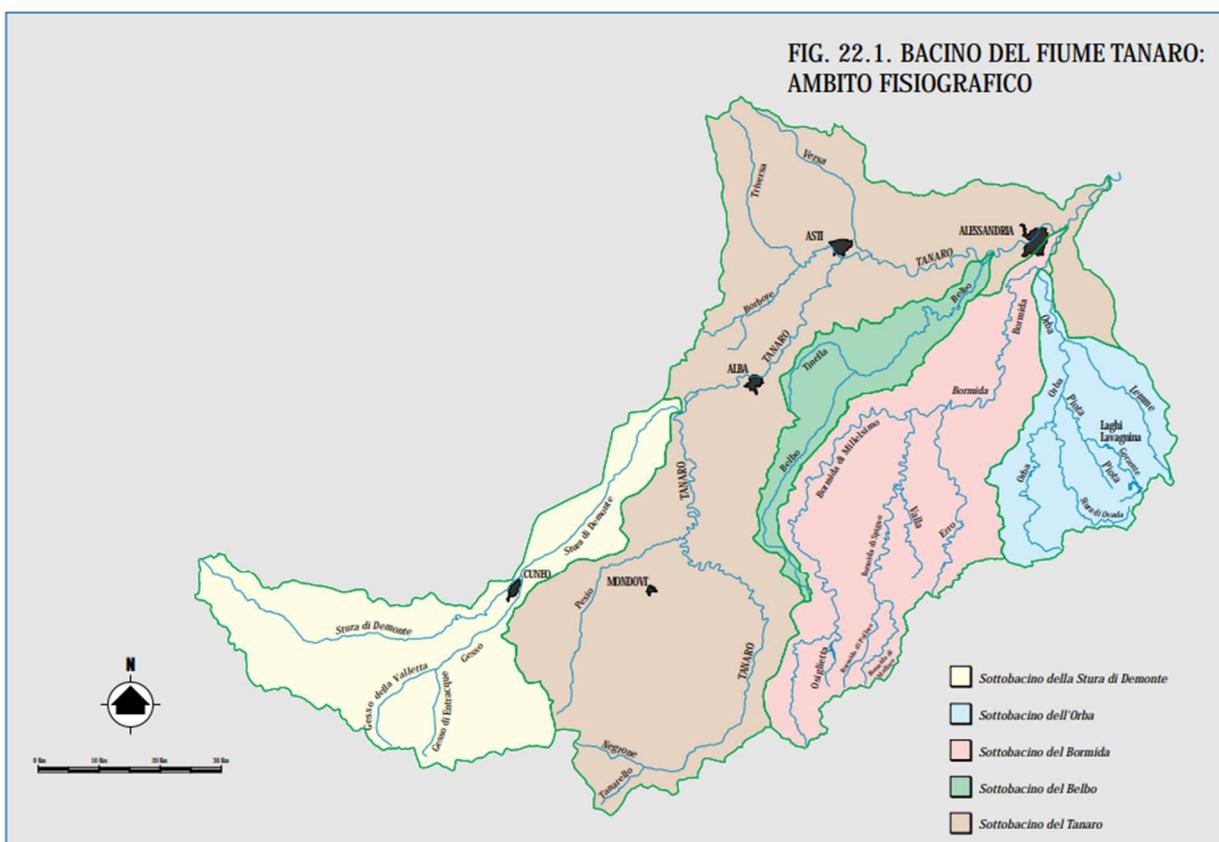


Figura 4.1/A – Bacino complessivo del fiume Tanaro (fonte: Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi bacino del Tanaro)

Il Bormida di Spigno nasce dall'unione dei rami provenienti da Pallare e Mallare nei pressi di San Giuseppe di Cairo, nel Comune di Cairo Montenotte ed ha un bacino complessivo, per la parte ligure, di circa 275 Km².

Il Bormida di Pallare nasce sullo Scoglio dei Ladri, sulle alture di Bormida, ad una quota attorno ai 750 m s.l.m.; lungo il suo corso verso valle il primo centro abitato che incontra è Bormida.

Continuando verso valle, il corso d'acqua è caratterizzato da un alveo incassato e, in alcuni tratti, tortuoso; giunto nell'abitato di Pian Sottano l'alveo si allarga per poi restringersi di nuovo nei pressi del ponte sulla S.P. 38 in località Case Romane (Bormida) e quindi proseguire incassato per ca. 1 km. Di seguito il corso del Bormida è costeggiato da numerose piane

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 32 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

alluvionali, la più estesa delle quali è quella in prossimità dello sbocco del torrente Viazza (affluente di sinistra) nell'abitato di Pallare.

A valle dell'immissione del torrente Viazza, il Bormida scorre, per circa 5 km, in un'area praticamente disabitata, fino all'immissione del rio Plodio nei pressi della quale inizia l'abitato di Carcare, il cui centro cittadino viene attraversato interamente dal Bormida: molti edifici ed un ponte pedonale sono costruiti a quote che li rendono vulnerabili nel caso defluisca una portata di piena significativa.

A valle della confluenza il Bormida attraversa la zona industriale di Carcare e San Giuseppe di Cairo per poi immettersi nel Bormida di Spigno.

Il Bormida di Mallare nasce alle pendici del Bric della Binella, sulle alture di Mallare, ad una quota di circa 750 m s.l.m.; nella parte alta segue un percorso piuttosto tortuoso che lo porta a lambire il centro cittadino di Mallare nel tratto immediatamente a valle del ponte sulla S.P. 38.

Da qui il Bormida prosegue il suo corso, costeggiando una vasta piana posta al di sotto della località Olano (Mallare) secondo un percorso caratterizzato da alcuni meandri, fino alla località Isolagrande, cioè l'area industriale di Altare. Il Bormida poi piega decisamente verso destra per dirigersi verso Ferrania (Cairo Montenotte) dove prima costeggia lo stabilimento "Ferrania" e poi, in prossimità della stazione ferroviaria, riceve le acque del rio Cappelletta.

Nel tratto subito a valle, il corso d'acqua incontra il ponte presso il quale si trova la stazione idrometrografica di Ferrania, costeggia una zona pianeggiante in località San Pietro e subito dopo un ponte ferroviario si ha l'immissione del rio Ferranietta.

Il Bormida di Mallare corre quindi verso valle costeggiando, in un breve tratto, l'abitato di Bragno, che si trova però a quote superiori, per poi confluire nel Bormida di Spigno.

Il Bormida di Spigno nasce dall'unione dei rami provenienti da Pallare e Mallare e il suo corso prosegue secondo un percorso praticamente rettilineo fino ad una pronunciata curva verso sinistra, poco a monte del ponte lungo la S.P. 29, da cui inizia il tratto che attraversa il centro abitato di Cairo Montenotte. In tale tratto si ha l'immissione di numerosi corsi d'acqua tra i quali il rio Loppa, il rio Ferrere ed il rio Carretto.

Proseguendo verso valle, dopo circa 3 km, il Bormida lambisce l'abitato di Rocchetta di Cairo, e costeggia un'ampia area di espansione, in caso di piena, chiamata Piana degli Alemanni; circa 800 m dopo inizia l'abitato di Dego in corrispondenza del quale si ha lo sbocco, da destra, del rio Pollovero.

Il rio Pollovero presenta un andamento piuttosto tortuoso e lungo il suo percorso verso valle non attraversa nessun nucleo abitato significativo.

Il Bormida prosegue verso valle costeggiando un'ampia piana in località Piano (Dego), percorrendo un ampio meandro fino alla traversa in località Case Tione (Piana Crixia). A valle, dopo aver percorso un altro ampio meandro, il corso d'acqua attraversa Piana Crixia, riceve le acque del rio Madonna, e quindi entra in provincia di Alessandria.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 33 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007



Figura 4.1/B – Sottobacino ligure del bacino del fiume Bormida di Spigno ed indicazione dell'ambito in esame nel presente studio

La Bormida di Spigno è un fiume dal regime torrentizio con piene violente nei periodi piovosi e magre accentuate in estate. La portata media annua è sufficientemente copiosa ($6,7 \text{ m}^3/\text{s}$) ma assai irregolare. Il fiume risente in particolare le fortissime magre estive e invernali causate anche dall'eccessivo sfruttamento delle sue acque, tanto da rimanere per ampi tratti quasi perennemente in secca, e causando così problemi di inquinamento per insufficiente capacità auto-depurativa.

Gli eventi di maggior rilievo risultano essere associabili a fenomeni pluviometrici intensi e i dati disponibili consentono di definire "torrentizio" il regime di portata, strettamente legato, con brevi ritardi, all'andamento pluviometrico stagionale, alla distribuzione spaziale delle piogge sul bacino ed alla loro intensità.

4.2 Descrizione della rete idrografica e dell'area d'attraversamento

All'interno del sottobacino ligure del bacino Bormida di Spigno, secondo il PdG Po la rete idrografica è stata classificata in diversi tratti principali. Fra questi, di interesse ai fini del presente studio sono i seguenti corpi idrici:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 34 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

- IT07RW5812LI, in comune di Cairo Montenotte;
- IT07RW5810314LI, in comune di Cairo Montenotte;
- IT07RW5810312LI, in comune di Altare.

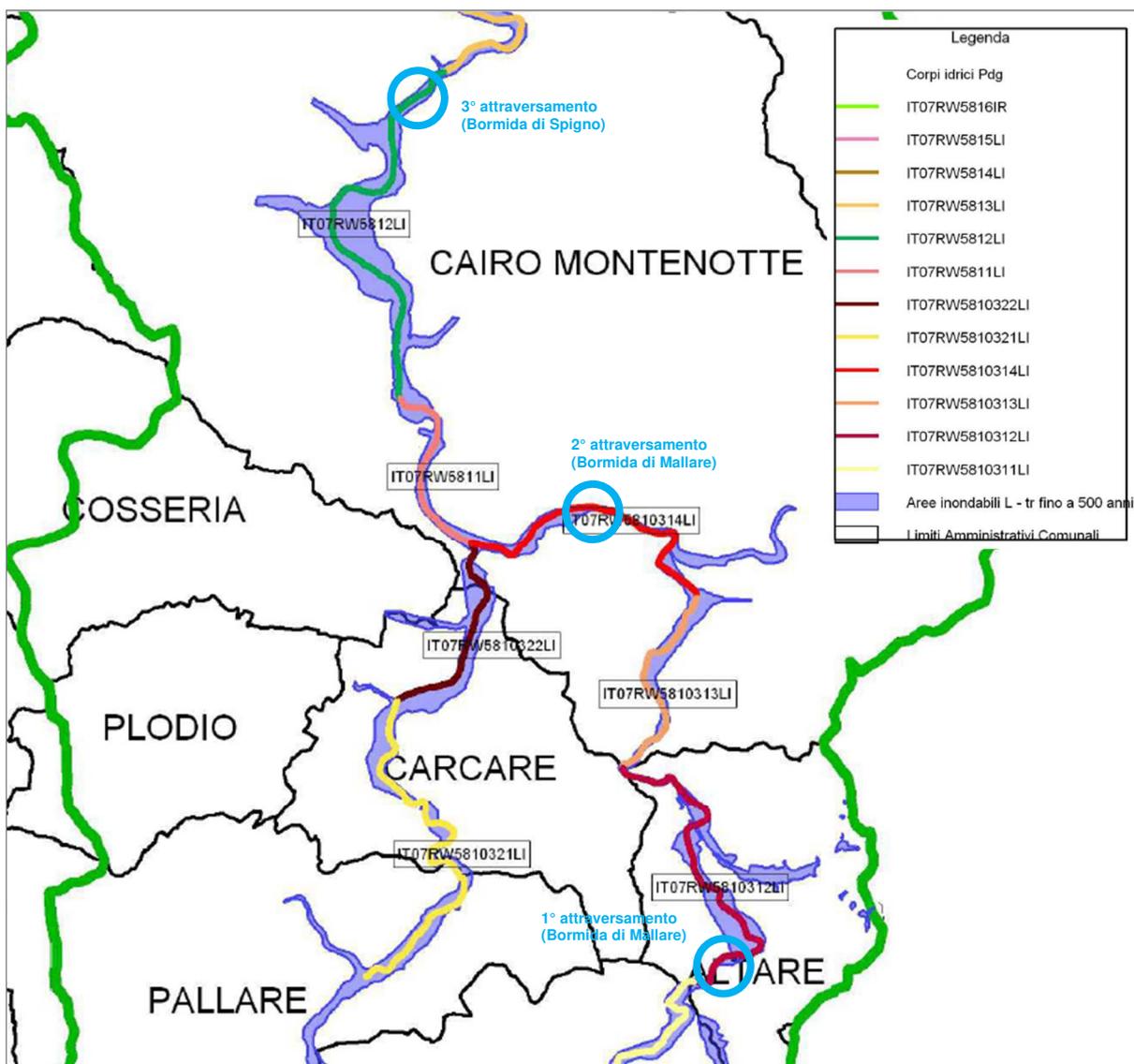


Figura 4.2/A – Sovrapposizione dei corpi idrici significativi con le aree inondabili per il sottobacino ligure del bacino del F. Bormida di Spigno

Asta del Bormida di Mallare

Il Bormida di Mallare, dalla sorgente fino ad Altare, ha valli boscate e presenta caratteristiche decisamente montane. A valle di Altare le caratteristiche mutano repentinamente: le valli si fanno più ampie e aumenta il grado di antropizzazione anche nelle immediate vicinanze del fiume.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 35 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Il metanodotto “Collegamento dal PDE alla Rete Nazionale **Gasdotti**” attraversa con la metodologia operativa del microtunnel il Bormida di Mallare, primo attraversamento, nel tratto fluviale compreso fra il torrente Consevola e il rio Piani, entrambi affluenti di destra, circa 120 m a monte del ponte stradale che dalla SP5 conduce alla località Isola Grande.



Figura 4.2/B – Bormida di Mallare, 1° attraversamento (foto da valle verso monte). La linea rossa tratteggiata rappresenta il metanodotto in progetto (microtunnel)

Il metanodotto “Collegamento dal PDE alla Rete Nazionale **Gasdotti**” attraversa con la metodologia operativa del microtunnel il Bormida di Mallare, secondo attraversamento, nel tratto fluviale compreso fra il rio di Toni e il rio Valchiosa, entrambi affluenti di destra, circa 200 m a monte del ponte stradale di via Curagnata, in località Bragno.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 36 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007



Figura 4.2/C – Bormida di Mallare, 2° attraversamento (foto da valle verso monte). La linea rossa tratteggiata rappresenta il metanodotto in progetto (microtunnel)

Asta del Bormida di Spigno

Il Bormida di Pallare e il Bormida di Mallare rappresentano le aste di testata del Bormida di Spigno, il quale inizia dal nodo di confluenza dei primi due.

Nel tratto dalla sorgente del Bormida di Spigno alla confluenza con il Bormida di Millesimo l'alveo scorre in una valle normalmente abbastanza ampia, che si restringe solo per alcuni tratti. In corrispondenza dei maggiori allargamenti sono ubicati i principali centri abitati della vallata. Da Spigno alla confluenza con il Bormida di Millesimo, l'alveo ha un andamento meandriforme; il bacino tende a restringersi verso valle e diventa semipianeggiante, con modesti rilievi ai margini della valle, su cui sono posti alcuni centri abitati.

Il metanodotto "Collegamento dal PDE alla Rete Nazionale Gasdotti" attraversa con la metodologia operativa degli scavi a cielo aperto il Bormida di Spigno, terzo attraversamento, nel tratto fluviale compreso fra il rio Carretto e il rio Vignaroli, entrambi affluenti di sinistra, circa 170 m a valle del ponte stradale adiacente Corso XXV Aprile.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 37 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007



**Figura 4.2/D – Bormida di Spigno, 3° attraversamento (foto da monte verso valle).
La linea rossa continua rappresenta il metanodotto in progetto (scavo a cielo aperto)**

Al fine di consentire una visione diretta degli ambiti in esame, qui di seguito si riporta una immagine aerea dove:

- i tracciati in progetto sono rappresentati mediante linee in rosso;
- il tratto di metanodotto da dismettere è indicato tramite una linea in verde;
- i metanodotti da mantenere in esercizio sono indicati tramite linee in blu.

Gli attraversamenti in esame, come già anticipato e meglio specificato nel seguito, verranno eseguite in parte con metodologia trenchless e in parte con scavi a cielo aperto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 38 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

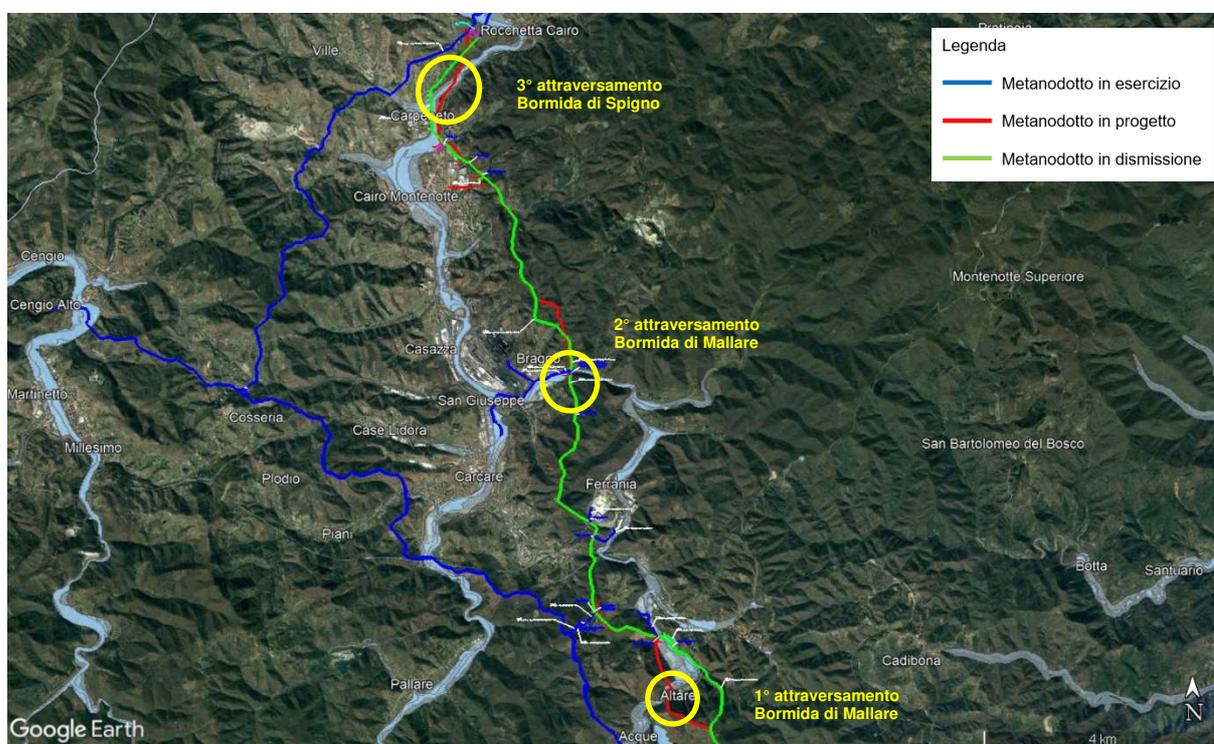


Figura 4.2/E – Immagine aerea degli ambiti di attraversamento (areali cerchiati in giallo)

4.3 Quadro generale dei dissesti

Gran parte dei corsi d'acqua del bacino del Tanaro sono stati interessati dalla piena straordinaria del novembre 1994, che ha notevolmente superato per gravosità tutti gli eventi storici precedenti; i dissesti riscontrati derivano in prevalenza dagli effetti di tale evento e sono pertanto particolarmente gravi; le indagini condotte immediatamente a seguito dell'evento di piena hanno inoltre permesso una precisa identificazione in campo dei dissesti stessi, cosa non sempre possibile nei casi in cui si abbiano corsi d'acqua interessati da eventi di piena abbastanza remoti.

Le aree inondate dalla piena citata hanno messo in evidenza come l'alveo di piena precedente fosse quasi ovunque inadeguato, sia nei tratti in cui era delimitato da argini, sia in quelli senza opere di contenimento. L'area inondata ha raggiunto spesso il limite dei primi versanti, con ampiezza progressivamente crescente verso valle.

Per il Bormida le aree esondabili sono estese, con diversi abitati parzialmente allagabili; il sistema delle opere idrauliche di protezione è inadeguato.

Sul Bormida i fenomeni di erosione hanno condotto ad un abbassamento generalizzato del fondo alveo di circa 1,0-1,5 m.

Per l'asta del Bormida, le problematiche di natura idraulica afferiscono sia all'inadeguatezza di molti attraversamenti sia all'occupazione delle aree inondabili da parte di insediamenti civili e produttivi. Nell'alto Bormida, l'intensa antropizzazione del fondovalle, soprattutto ad opera di insediamenti produttivi, è spesso avvenuta a ridosso dell'alveo; tali situazioni si riscontrano in particolare lungo le due aste di testata del Bormida di Pallare di Mallare, nella zona di Altare,

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 39 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Ferrania e Carcare, e lungo il Bormida di Spigno, a monte di Cairo Montenotte. Nel Basso Bormida si riscontrano localizzati fenomeni erosivi mentre gli attraversamenti risultano per lo più sufficientemente dimensionati. Tutto il corso d'acqua principale denuncia una generale carenza di manutenzione (Rif. [2]).

È da notare che, nonostante si tratti di territorio caratterizzato da un reticolo secondario di tipo collinare e montano, ci sono alcuni dati di pericolosità e di esposizione al rischio che devono essere tenuti in considerazione. Nel 1994, in effetti, le uniche aree alluvionate nel bacino del Bormida sono state quelle nel ramo di Spigno.

4.4 Caratterizzazione stratigrafica

Il territorio attraversato dai tracciati di progetto presenta una morfologia nettamente differenziata in quattro domini:

1. le aree di piana fluviale, fluvio-marina e marino-costiera;
2. le aree terrazzate, sia di bassa e bassissima quota, prossime alla costa, sia di quota media;
3. i rilievi a versanti tra il ripido e il molto ripido, tipici dei settori medio-alto e alto delle valli;
4. i rilievi e soprattutto i crinali montonati, spesso mammellonati, degli spartiacque.

Ciascuno dei domini individuati può essere ulteriormente specificato e articolato a seconda della litologia prevalente.

Il tracciato di progetto in esame in questo elaborato (ambito del Distretto del fiume Po) ha inizio dall'impianto PDE di Quiliano e termina all'interconnessione con il Metanodotto Ponti Cosseria e Cairo Montenotte Savona per una lunghezza complessiva di **km 23,800**, attraversando diverse formazioni geologiche (Rif. [11]).

Di seguito si elencano le formazioni geologiche attraversate dal tracciato di progetto, secondo la cartografia ufficiale.

Da **km 0 a km 1,035** il tracciato di progetto si trova sui depositi alluvionali precedentemente descritti (al) rappresentati da depositi fluviali attuali e recenti e da depositi di spiaggia.

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

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

- *pc e pcM – Formazione di Murialdo (Carbonifero superiore)*
Filladi e micascisti carboniosi con caratteristiche lenti e vene di quarzo contorte. Spesso i sedimenti permiani risultano commisti a lembi della formazione di Eze rappresentati per lo più da metabasiti scistose di colore verdastro i cui affioramenti non risultano cartografabili alla scala del rilievo.

Da **km 1,555 a km 6,880** il tracciato di progetto è ubicato sulle formazioni dell'Unità Savona-Calizzano. Si tratta di:

- *oy- Ortoigneiss (Cambriano – Ordoviciano – Siluriano)*

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 40 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

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

- γ – *Paragneiss micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica (Ordoviciano – Siluriano)*
Paragneiss e micascisti a grana fine, a biotite e muscovite; micascisti a grana da media fine a grande.
- *a – Anfiboliti (Ordoviciano – Siluriano)*
Metabasiti massicce, polimetamorfiche, in facies anfibolitica, localmente granatifere, metabasiti polimetamorfiche a grana generalmente da fine a media, con relitti di paragenesi eclogitiche e granato.

Il tracciato di progetto continua, sia con modalità costruttiva a cielo aperto che in sotterraneo (MT Swaami Gitananda), ad insistere **quasi esclusivamente** su depositi rappresentati dalla Formazione di Murialdo (sopra citata) fino **al km 11,510**. **L'unica eccezione è rappresentata dall'attraversamento del fondovalle del Fiume Bormida di Mallare in cui il tracciato interferisce con i depositi olocenici del Subsistema di Rocchetta Cairo.**

Da **km 11,510 fino a km 12,565** il tracciato si trova nei depositi del bacino ligure- piemontese, all'interno del membro inferiore della formazione di Molare (Oligocene) così descritti:

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

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

- *OGV – Ortogneiss di Vetria (Ordoviciano medio)*
Ortogneiss granitoidi con associazione pre-alpina a K-feldspato, oligoclasio, quarzo, muscovite e biotite subordinata, paragenesi metamorfica alpina, granati.

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

- *CMT₃ – Subsistema di Rocchetta Cairo (Olocene – Attuale)*
Depositazioni essenzialmente ghiaiosi, solitamente a tessitura clasto-sostenuta, localmente contenenti rilevanti quantità di matrice sabbiosa e clasti di dimensioni anche pluridecimetriche. Alterazione pressoché nulla. Costituiscono l'attuale fascia di esondazione della Bormida e dei loro principali affluenti nonché le basse superfici terrazzate sospese a non più di 6-8 metri dall'alveo, esondabili in caso di piene eccezionali (depositi fluviali).

Il tracciato di progetto continua ad insistere nei depositi fluviali sia a cielo aperto che in sotterraneo (MT Bragno) fino al **km 17,075** quando si incontrano le formazioni del deposito brianzese (Unità tettonostratigrafica di Pamparato-Murialdo) così descritte:

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 41 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

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

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

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

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

Dolomie grigio chiare e scure a patina bianca in banchi da decimetrici a sub-metrici, con intercalazioni di calcari, calcari dolomitici, brecce intraformazionali, calcari marnosi e brecce dolomitiche vacuolari. Localmente presenti facies arenaceo-argillose nerastre del Carnico a cui seguono talora dolomie grigio-scure a patina bianca in strati e banchi. Lo spessore della formazione si aggira sui 250 metri.

Il tracciato prosegue, da km 18,050 fino al km 18,570 circa, nei depositi dell'unità tettonostratigrafica di Montenotte così classificati:

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

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

Dopo un altro passaggio nella Formazione di Molare (MORb), al km 19,980 si incontra un'altra formazione dell'unità tettonostratigrafica di Montenotte fino al km 20,575 circa:

- *MEG – Metagabbri (Dogger)*

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

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

- *TUR – Calcescisti del Turchino (Cretacico superiore)*
Calcemicascisti, micascisti e quarzomicascisti
- *MORd – Formazione di Molare (Oligocene inf.)*

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

Al km 23,760 il tracciato insiste nuovamente sui depositi essenzialmente ghiaiosi olocenici del subsistema di Cairo Montenotte (CMT₃) descritti precedentemente, fino al termine, km 23,800, fatta eccezione per brevissimi passaggi rispettivamente nei Calcescisti del Turchino (TUR), Formazione di Molare (MORd) e i terreni appartenenti all'Unità di Voltri delle Serpentiniti antigoritici del Bric del Dente (SNV):

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

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 42 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

5 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

5.1 Generalità

Lo studio idrologico in generale assume la finalità di determinazione delle portate al colmo di piena e/o degli idrogrammi di piena di uno o più corsi d'acqua in prefissate sezioni di studio ed in funzione di associati tempi di ritorno.

I risultati di tale studio nello specifico costituiscono la base per le verifiche idrauliche, in relazione alle quali verranno analizzate le condizioni di deflusso del corso d'acqua ed individuati i valori di copertura della linea in progetto, per la sua posa in sicurezza.

La valutazione delle portate può essere eseguita con diverse metodologie di calcolo, in funzione della natura dei dati disponibili.

In generale, avendo a disposizione dati di portata registrati in continuo da una stazione idrometrica presente sul corso d'acqua, si esegue l'elaborazione statistica degli eventi estremi disponibili (metodo diretto).

In mancanza di detti dati, si verifica se sono disponibili dati di portata di altri corsi d'acqua, siti nelle circostanze del fiume oggetto di studio, con le medesime caratteristiche idrologiche. In detto caso si esegue l'elaborazione statistica di dati disponibili e successivamente si cerca di interpretare le portate del corso d'acqua in esame sulla base dei risultati ottenuti (metodo della similitudine idrologica).

In molti casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici del bacino in esame. Infine, è possibile ricorrere al metodo indiretto (Afflussi-Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.

In ultimo si pone in evidenza, che frequentemente sono disponibili degli "studi ufficiali", adottati e/o approvati dalle Autorità competenti. In tali casi è opportuno riferirsi principalmente ai risultati di detti studi.

5.2 Considerazioni specifiche preliminari

Nel caso in esame, tenuto conto delle finalità progettuali, per le valutazioni idrologiche si utilizzano i dati e le elaborazioni tratte dagli studi propedeutici al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI). In particolare, per i bacini liguri padani della Provincia di Savona, si fa riferimento allo "Studio delle fasce fluviali dei sottobacini del fiume Bormida di Spigno e del fiume Bormida di Millesimo" eseguito dalla Provincia di Savona (Rif. [9]).

In tal senso, nel seguito, si provvederà a riportare dei cenni sulle metodologie di elaborazione idrologiche impiegate negli studi sopracitati, finalizzate alla determinazione delle portate di piena con assegnato periodo di ritorno, e quindi si procederà a selezionare i risultati di interesse per le finalità di cui al presente elaborato.

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 43 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

5.3 Studi propedeutici al PAI

Al fine della redazione del Piano sul rischio idrogeologico ai sensi del comma 1, art. 1 del DL 180/98, si è resa necessaria un'operazione di sistemazione ed integrazione dei dati e delle analisi contenuti nei suddetti studi propedeutici per arrivare ad una descrizione maggiormente dettagliata dell'idrologia del bacino.

5.3.1 Elaborazioni idrologiche - Cenni

Per le valutazioni idrologiche dei corsi d'acqua esaminati nello "Studio delle fasce fluviali" sono state utilizzate diverse metodologie:

1. *Stima della portata in occasione di eventi storici (attività D.1)* - Per una valutazione iniziale delle principali criticità presenti sui tratti in esame si è proceduto ad acquisire il materiale storico disponibile. Sono stati acquisiti pubblicazioni ed altri dati relativi agli eventi di piena storici ed informazioni relative ad eventuali danni e problematiche emerse. L'indagine ha contribuito all'individuazione dell'area di studio ed all'inquadramento delle problematiche. Alcune situazioni riportate sono state successivamente utilizzate come validazione delle risultanze dello studio idraulico e geomorfologico. Non è stato invece possibile acquisire informazioni significative relative alle portate di piena defluenti nel corso degli eventi storici considerati.
2. *Misure dirette di portata (D.2)* - Per completare il quadro conoscitivo diretto sui corsi d'acqua in esame relativamente agli aspetti ambientali e idrologici e per supportare la messa a punto e calibrazione dei modelli idraulici di simulazione, sono state eseguite misure dirette di portata sulle sezioni interessate da stazioni di misura idrometriche. I dati di misura rappresentano condizioni di bassa portata e non sono pertanto esaustivi per la stima delle scabrezze da assegnare ai modelli idraulici. Le stazioni di misura sono: Bormida di Mallare ad Altare, Bormida di Mallare a Ferrania, Bormida di Pallare a Fornelli, Bormida di Millesimo a Murialdo, Bormida di Millesimo a Cengio.
3. *Analisi idrologiche locali (D.3)* - Per la simulazione della risposta idrologica del bacino sotteso si è scelto un evento sintetico di durata complessiva pari alla durata tipica, T, di un evento meteorologico intenso e altezza di pioggia complessiva, H, derivante dalla curva di possibilità pluviometrica. La durata complessiva T, dell'evento pluviometrico è stata assunta pari a 12 ore sia in base a studi relativi ai dati pluviometrici registrati alla stazione-campione di Villa Cambiaso, che all'analisi degli eventi meteorici che hanno causato esondazioni negli ultimi anni.

I parametri della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica sono stati dedotti tramite ad un metodo studiato e verificato con il supporto della consulenza idrologica di ACROTEC S.r.l. di Savona, che si proponeva di risolvere il dualismo nella definizione dei metodi di valutazione delle portate di piena dei corsi d'acqua situati in territorio ligure, lungo il versante padano dell'Appennino, nel dominio idrologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

Mentre la Regione Liguria, infatti, nel metodo messo a punto dal CIMA, propone una procedura di regionalizzazione idrologica delle portate di piena, effettuata sulla base delle trasformazioni al suolo delle piogge intense, frutto dell'analisi statistiche sulle stazioni pluviometriche storiche della regione localizzate in massima parte sul versante tirrenico dell'Appennino, l'Autorità di Bacino del Po propone una procedura di distribuzione spaziale delle piogge intense, effettuata sulla base delle stazioni pluviometriche storiche, principalmente site nella parte piemontese di pianura del bacino.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 44 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Le risultanze di entrambi i metodi riflettono statisticamente due tipologie di fenomeni di precipitazione fisicamente differenti, osservati dalle rispettive reti pluviometriche. In particolare, l'applicazione del metodo proposto dalla sovraordinata Autorità dello strumento pianificatorio restituisce per le aree più montane della fascia esaminata, valori sottostimati, rendendo problematico, per motivi di sicurezza, il suo utilizzo. D'altra parte, l'uso indiscriminato del metodo regionale in tutta la fascia in esame, secondo il principio ingegneristico "a favor di sicurezza", condurrebbe ad una sovrastima delle portate di piena e conseguentemente ad un ingiustificato sovradimensionamento delle opere progettate.

Tale metodo si pone in una posizione di compromesso, determinando un nuovo set di parametri per le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica dell'intera area, ottenuto tramite una semplice media aritmetica dei valori desunti dall'applicazione dei metodi a confronto, e di utilizzarli per la determinazione delle piogge massime in funzione della loro durata.

L'applicazione del metodo suddetto porta alla determinazione dei parametri descrittivi delle linee di pioggia riportati in tabella 5.1 unitamente ai valori risultanti dalle altre metodologie; questi possono essere assunti costanti per tutti i sottobacini dei fiumi Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo, ricadenti sul territorio ligure.

Tabella 5.1 - Parametri delle Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) secondo il metodo proposto a confronto con i metodi esaminati

	ar			n		
	Regione Liguria	Valore proposto	Autorità di Bacino	Regione Liguria	Valore proposto	Autorità di Bacino
T = 50 anni	78.5	61.5	44.6	0.39	0.43	0.47
T = 200 anni	104.0	78.6	53.2			
T = 500 anni	122.7	90.7	58.8			

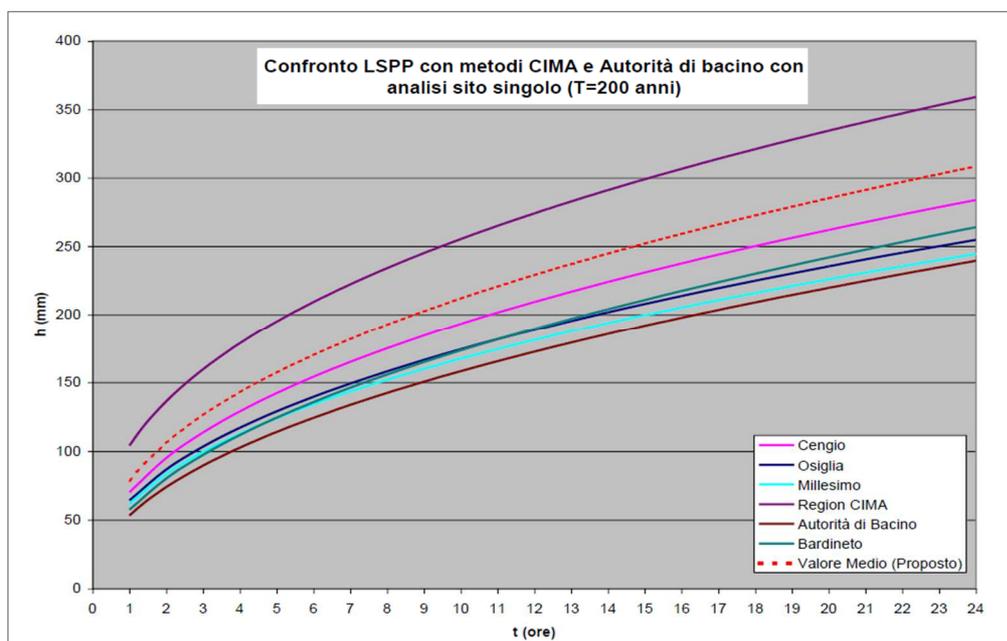


Figura 5.1 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per T=200 anni

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 45 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

4. *Portate di piena per assegnato periodo di ritorno (D.4)* - L'analisi idrologica è stata condotta mediante l'applicazione del modello idrologico afflussi-deflussi DRiFt (Discharge River Forecast). La scelta nell'applicazione di tale modello è stata dettata dalla conformazione geomorfologia del territorio in esame, in cui la parte montana risulta preponderante nei processi di formazione della piena rispetto a quella con caratteristiche spiccatamente vallive.

Il modello idrologico afflussi-deflussi: DRiFt (Discharge River Forecast)

Il modello afflussi deflussi DRiFt è stato sviluppato nell'ambito dell'analisi della risposta idrologica a scala di bacino, incentrata principalmente sulla simulazione e previsione di idrogrammi di piena. Il modello si propone come uno strumento di semplice utilizzo, in grado comunque di interpretare le caratteristiche ritenute di principale importanza per la modellazione al colmo di piena.

Il modello DRiFt è un modello lineare, semi-distribuito, parziale (non gestisce il deflusso sub-superficiale), in grado di effettuare simulazioni a scala di evento. L'approccio lineare è stato adottato in quanto bene si presta a descrivere la realtà morfologica studiata ed è definito semi-distribuito in quanto accetta e gestisce l'informazione in ingresso spazialmente distribuita sul territorio e fornisce il risultato concentrato in una sezione specifica.

Il modello DRiFt (Discharge River Forecast), in sintesi, è costituito da tre moduli distinti:

- individuazione della rete di drenaggio;
- determinazione dei tempi di corrivazione;
- calcolo dell'idrogramma di piena attraverso la convoluzione degli idrogrammi unitari istantanei.

Il sistema integrato DRiFt – Mike11

Il modello idrologico DRiFt è strettamente integrato con il modello idraulico attivato per la rappresentazione della propagazione dei deflussi lungo le aste fluviali.

Applicando le metodologie sopra esposte sono stati calcolati gli idrogrammi di piena per varie sezioni di riferimento dei tratti studiati.

Tali sezioni sono state scelte in prossimità di confluenze, o comunque di significativi apporti di portata, in modo da descrivere al meglio l'aumento di portata di piena al variare dell'area drenata.

Nella tabella seguente si riportano in forma riassuntiva i valori delle portate al picco relativi a ciascuna sezione in esame corrispondenti ai tempi di ritorno T=50, T=200, T=500 (anni).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 46 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tabella 5.2 - Valori di portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno (T=50, 200, 500 anni) determinata in punti significativi del reticolo idrografico

IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE		AREA	PORTATE		
TORRENTE	SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	Area [Km ²]	Q(T=50) [m ³ /s]	Q(T=200) [m ³ /s]	Q(T=500) [m ³ /s]
Bormida di Millesimo	Rio San Giovanni	25.0	110	149	176
Bormida di Millesimo	Torrente Frassino	80.0	380	508	599
Bormida di Millesimo	Rio Valle	64.0	304	408	480
Bormida di Millesimo	Torrente Osiglietta	171.0	683	917	1082
Bormida di Millesimo	Torrente Zemoia	210.0	730	981	1138
Bormida di Millesimo	Rio Giacchetti	222.0	768		1223
Bormida di Millesimo	Rio Siondo	110.0	510	684	805
Bormida di Millesimo	Rio Vetria	96.0	444	600	706
Bormida di Pallare	Torrente Viazza	38.0	173	234	278
Bormida di Mallare	Rio Biterno	24.0	117	157	185
Bormida di Mallare	Torrente Ferranietta	69.0	297	402	476
Bormida di Mallare	Torrente Cappelletta	52.0	231	312	369
Bormida di Spigno	Confluenza Pallare-Mallare	147.0	589	799	948
Bormida di Spigno	Rio Loppa	161.0	634	864	1025
Bormida di Spigno	Rio Ferrere	169.0	653	891	1058
Bormida di Spigno	Rio Carretto	181.0	689	940	1117
Bormida di Spigno	Rio Brange	214.0	776	1059	1258
Bormida di Spigno	Rio Pollovero	207.0	758	1033	1228
Bormida di Spigno	Rio Gelosi (Bormiola)	237.0	819	1118	1328
Bormida di Spigno	Rio Madonna	276.0	903	1233	1466
Bormida di Spigno	Confine Piemonte	277.0	906	1237	1471
Rio Biterno	Rio Merlino	8.0	67	90	106
Rio Valla	Rio Giusvalletta	28.0	106	146	174
Rio Valla	Confine Piemonte	32.0	118	163	194

Per l'esame di maggior dettaglio sulle metodologie di calcolo impiegate per le valutazioni idrologiche dei corsi d'acqua in questione, si rimanda all'esame della Relazione dello Studio delle fasce fluviali dei sottobacini del fiume Bormida di Spigno e del fiume Bormida di Millesimo (Rif. [9]).

5.3.2 Selezione dei risultati di interesse

Ai fini degli scopi del presente elaborato, risultano utili le valutazioni idrologiche effettuate lungo le aste della Bormida di Mallare e della Bormida di Spigno.

In tal senso qui di seguito si riportano i risultati delle valutazioni idrologiche relative ai tratti di interesse per i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Tabella 5.3/A – Valori delle portate al colmo di piena per la Bormida di Mallare, tratto interessato dal 1° attraversamento

IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE		AREA	PORTATE		
TORRENTE	SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	km ²	Q (T=50) (m ³ /s)	Q (T=200) (m ³ /s)	Q (T=500) (m ³ /s)
Bormida di Mallare	Torrente Consevola	38	174	235	277

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 47 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tabella 5.3/B – Valori delle portate al colmo di piena per la Bormida di Mallare, tratto interessato dal 2° attraversamento

IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE		AREA	PORTATE		
TORRENTE	SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	km ²	Q (T=50) (m ³ /s)	Q (T=200) (m ³ /s)	Q (T=500) (m ³ /s)
Bormida di Mallare	Rio Ferranietta	69	297	402	476

Tabella 5.3/C – Valori delle portate al colmo di piena per la Bormida di Spigno, tratto interessato dal 3° attraversamento

IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE		AREA	PORTATE		
TORRENTE	SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	km ²	Q (T=50) (m ³ /s)	Q (T=200) (m ³ /s)	Q (T=500) (m ³ /s)
Bormida di Spigno	Rio Carretto	181	689	940	1117

5.4 Portata di progetto

Conformemente a quanto previsto in normativa, si adotta come portata di progetto per le sezioni di studio in esame quella associata ad un tempo di ritorno (T_R) pari a 200 anni.

Nella tabella seguente si riepiloga dunque la portata di progetto, la quale verrà presa in considerazione per le verifiche idrauliche di cui al capitolo seguente.

Tabella 5.4 - Portata di progetto

Corso d'acqua	Sezione Idrologica	Sup. Bacino (kmq)	Q _{progetto} (mc/s)	q _{max} (mc/s×kmq)
Bormida di Mallare 1° Attrav.	a valle confluenza T. Consevola	38	235	6,2
Bormida di Mallare 2° Attrav.	a valle confluenza T. Ferranietta	69	402	5,8
Bormida di Spigno 3° Attrav.	a valle confluenza rio Carretto	181	940	5,2

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 48 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

6 STUDIO IDRAULICO

6.1 Presupposti e finalità dello studio idraulico

Nel presente capitolo sono descritte le procedure ed i risultati delle elaborazioni condotte per la verifica delle condizioni idrauliche del deflusso di piena del corso d'acqua (Bormida) nei tronchi fluviali interessati dall'interferenza con le opere in progetto. Nello specifico, si è deciso di svolgere l'analisi idraulica, attraverso una *modellazione in moto permanente* in tre tronchi d'alveo idraulicamente significativi a cavallo dell'ambito di attraversamento della condotta.

In generale, 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 delle sezioni interessate dagli attraversamenti in subalveo da parte del metanodotto 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 della 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.

Come esposto nel capitolo precedente, le valutazioni idrauliche sono effettuate sulla base dell'evento di piena corrispondente al tempo di ritorno $T_r = 200$ anni (al quale si associa la probabilità di non superamento del 99.5%). Tale valore è utilizzato per la stima degli eventuali fenomeni erosivi, che devono dimostrarsi limitati entro condizioni compatibili per assicurare la sussistenza di condizioni di stabilità per la condotta e l'assenza di eventuali interferenze tra questa ed i fenomeni associati al deflusso di piena.

Lo schema utilizzato nello studio 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. I limiti dello studio sono quelli intrinseci del modello di calcolo e che le valutazioni idrauliche sono condotte comunque in riferimento ad un tratto limitato del corso d'acqua.

I criteri ed i modelli di calcolo utilizzati per le verifiche idrauliche in moto permanente derivano dall'applicazione del software HEC-RAS¹ e descritti nei documenti "RAS Hydraulic reference manual", "RAS user's manual", "RAS applications guide".

Infine, si ritiene opportuno evidenziare che lo studio risulta pertinente sia all'attuale configurazione idraulica del corso d'acqua, che a quella di fine lavori. Ciò in quanto, con i lavori di costruzione del metanodotto, non verranno apportate al corso d'acqua alterazioni tali da modificarne le condizioni di deflusso della corrente.

¹ River Analysis System, sviluppato da U.S. Army Corp of Engineers - Hydrologic Engineering Center - 609 Second Street, Davis, CA (U.S.A.)

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 49 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

6.2 Assetto geometrico e modellazione dell'alveo

6.2.1 Assetto geometrico di modellazione

Al fine di eseguire la modellazione idraulica in ciascun ambito di riferimento è stato considerato un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo della sezione di attraversamento del metanodotto in progetto, per uno sviluppo complessivo di circa 400 m.

I dati geometrici di base derivano dai DTM (con risoluzione 0.5x0.5) ricavati tramite volo Lidar (appositamente eseguito per la progettazione del metanodotto in esame), che hanno consentito la definizione delle caratteristiche geometriche dell'alveo e delle golene lungo lo sviluppo del tronco d'alveo oggetto di analisi.

La determinazione dei profili di corrente è stata condotta, come detto, in ipotesi di moto permanente per ogni tratto del corso d'acqua analizzato, che si è scelto di far ricadere a debita distanza da opere, quali ponti o passerelle, a favore della qualità delle risultanze.

Entrando nello specifico, nelle figure seguenti sono riportate delle immagini aeree, in ognuna delle quali l'asta del corso d'acqua considerata nella modellazione idraulica è indicata in colore blu, mentre le sezioni trasversali sono riportate in colore verde.

Come evidenziato nelle figure, il tracciato del metanodotto principale in progetto attraversa l'alveo della Bormida in tre diversi ambiti.

In particolare, di interesse ai fini progettuali sono i seguenti tratti:

- **Bormida di Mallare**: il tratto subito a valle della confluenza con il torrente Consevola, in cui ricade l'attraversamento del metanodotto "Collegamento dal PDE alla Rete Nazionale Gasdotti", per una lunghezza di circa 450 m.
- **Bormida di Mallare**: il tratto subito a valle della confluenza con il torrente Ferranietta, in cui ricade l'attraversamento del metanodotto "Collegamento dal PDE alla Rete Nazionale Gasdotti", per una lunghezza di circa 400 m.
- **Bormida di Spigno**: il tratto subito a valle della confluenza con il rio Carretto, in cui ricade l'attraversamento del metanodotto "Collegamento dal PDE alla Rete Nazionale Gasdotti", per una lunghezza di circa 400 m.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 50 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007



Figura 6.1/A – Ortofoto con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione. Bormida di Mallare, tratto interessato dal 1° attraversamento

La RS-458 coincide con la sezione di monte del tronco idraulico, invece, la sezione RS-6 rappresenta quella di valle.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 51 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

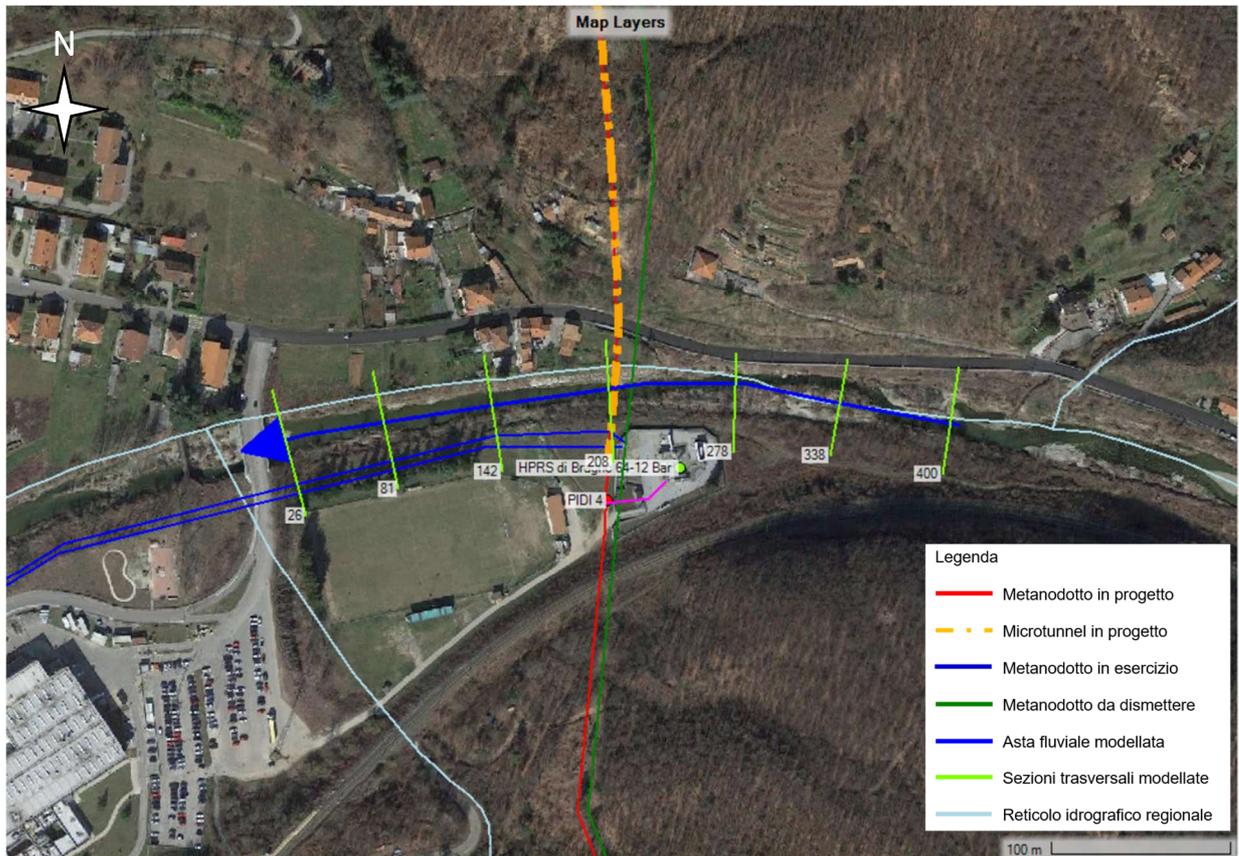


Figura 6.1/B – Ortofoto con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione. Bormida di Mallare, tratto interessato dal 2° attraversamento

La RS-400 coincide con la sezione di monte del tronco idraulico, invece, la sezione RS-26 rappresenta quella di valle.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 52 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

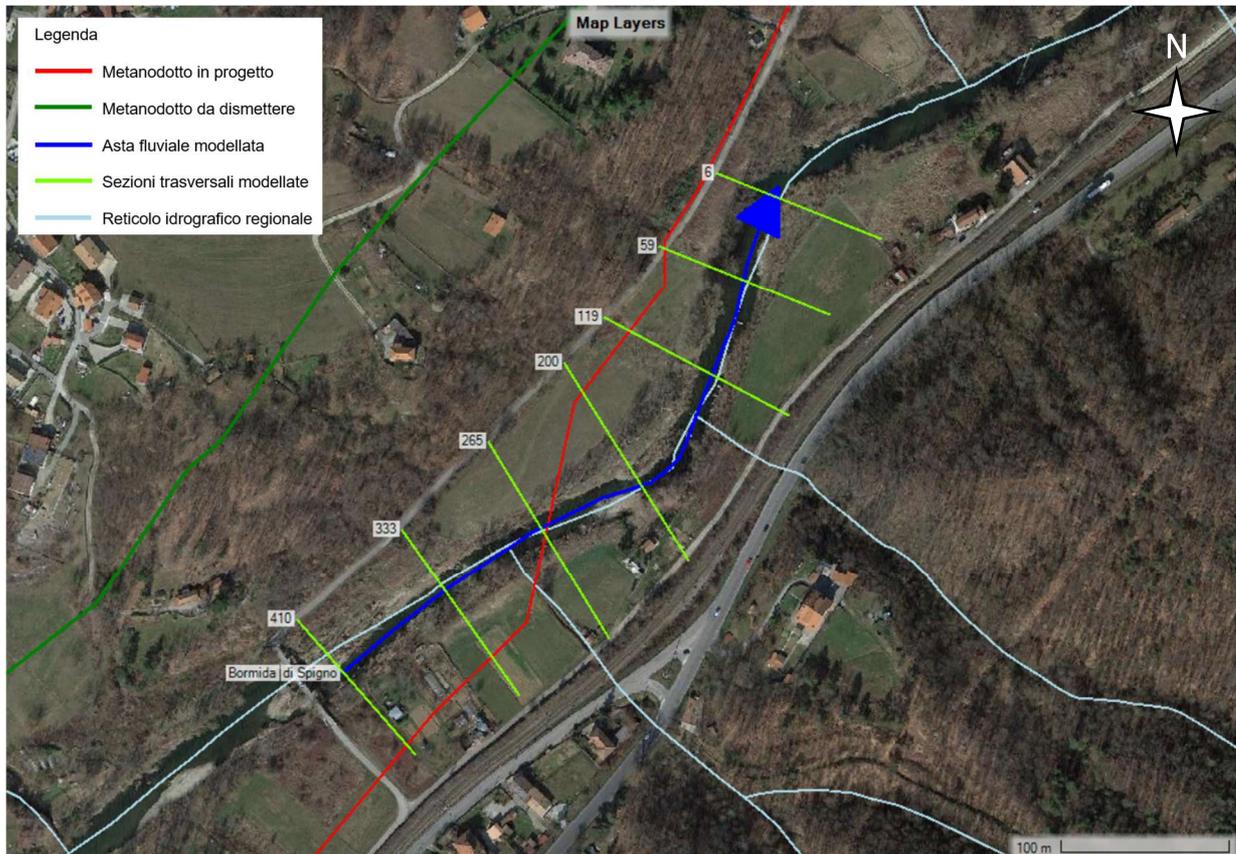


Figura 6.1/C – Ortofoto con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione. Bormida di Spigno, tratto interessato dal 3° attraversamento

La RS-410 coincide con la sezione di monte del tronco idraulico, invece, la sezione RS-6 rappresenta quella di valle.

6.2.2 Dati di input e condizioni al contorno

Le elaborazioni sono state effettuate considerando l'evento di piena associato ad un tempo di ritorno di 200 anni, per il quale (in riferimento alle valutazioni idrologiche di cui al capitolo precedente) è stata valutata una portata al colmo di piena Q pari a:

- $Q_{200}=235$ mc/s, tratto Bormida di Mallare del 1° attraversamento
- $Q_{200}=402$ mc/s, tratto Bormida di Mallare del 2° attraversamento
- $Q_{200}=940$ mc/s, tratto Bormida di Spigno del 3° attraversamento

Il valore di portata è stato mantenuto costante per tutto il tronco d'alveo in esame nella modellazione idraulica. Inoltre, la portata è stata mantenuta costante nel tempo, in conformità ad una delle ipotesi del moto permanente.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 53 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Le condizioni al contorno imposte alle estremità di ogni tronco d'alveo oggetto di studio sono costituite da un flusso in moto uniforme "normal depth" a monte ed a valle, in considerazione delle pendenze al fondo individuate per i tratti immediatamente esterni all'estremità del tronco.

Per quanto concerne il coefficiente d'attrito si è fatto riferimento agli indici di scabrezza di Manning "n", individuati in relazione alle caratteristiche peculiari rilevate nell'ambito in esame. Ossia:

- 0,035 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,045 per le aree golenali di deflusso oltre i limiti d'alveo (LOB, ROB).

6.3 Risultati della simulazione idraulica

Nelle tabelle seguenti si riporta il prospetto riepilogativo dei risultati conseguiti nell'elaborazione idraulica (TR200) relativamente alle varie sezioni di calcolo considerate nella modellazione idraulica per ciascun tronco d'alveo principale interessato dall'interferenza con il metanodotto in progetto.

Tabella 6.3/A: Tabella Riepilogativa di Output per il tratto del Bormida di Mallare del 1° Att.

River Station	Q Total (m3/s)	Min Ch Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
458	235	393,45	397,36	396,86	398,22	0,004547	4,31	62,32	22,67	3,46	149,38	0,74
382	235	393,55	396,74	396,74	397,78	0,007964	4,63	55,69	27,91	2,51	191,32	0,93
315	235	392,69	396,42	395,74	397,04	0,003854	3,62	71,75	27,99	3,1	110,11	0,66
232	235	391,99	395,54	395,54	396,61	0,00753	4,72	55,96	28,16	2,74	193,73	0,91
149	235	391,58	395,31	394,25	395,78	0,002437	3,12	81,64	29,92	3,4	78,78	0,54
77	235	391,4	395,27		395,62	0,002016	2,72	102,34	60,16	3,22	60,98	0,48
6	235	390,92	394,93	394,28	395,45	0,003004	3,47	85,92	48,44	3,51	97,12	0,59

Tabella 6.3/B: Tabella Riepilogativa di Output per il tratto del Bormida di Mallare del 2° Att.

River Station	Q Total (m3/s)	Min Ch Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
400	402	341,76	345,48	344,72	346,05	0,003646	3,35	120,45	44,78	2,78	96,54	0,64
338	402	340,75	345,32		345,85	0,002979	3,22	125,32	46,84	3,12	86,54	0,58
278	402	340,17	345,05		345,66	0,003181	3,49	120,94	48,09	3,43	99,5	0,6
208	402	339,56	344,87		345,45	0,002889	3,45	129,87	53,67	3,61	95,31	0,58
142	402	339,64	344,64	343,62	345,26	0,003057	3,55	125,78	51,84	3,61	101,11	0,6
81	402	339,52	343,88	343,88	344,99	0,007063	4,73	93,21	49,69	2,99	191,42	0,87
26	402	339,3	343,83	342,92	344,38	0,003002	3,35	130,73	61,39	3,26	92,08	0,59

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 54 di 124
				Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tabella 6.3/C: Tabella Riepilogativa di Output per il tratto del Bormida di Spigno del 3° Att.

River Station	Q Total (m3/s)	Min Ch Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
410	940	310,62	317,38	315,9	318,2	0,002575	4,02	241,27	60,02	4,91	116,37	0,58
333	940	310,4	317,39		318,03	0,001915	3,69	302,11	94,26	5,28	95,36	0,51
265	940	310,19	317,38		317,91	0,001625	3,43	344,71	115,56	5,36	81,75	0,47
200	940	309,77	317,52		317,83	0,00102	2,61	432,16	129,57	4,99	48,41	0,37
119	940	309,89	317,28		317,73	0,001414	3,28	371,7	110,52	5,6	73,86	0,44
59	940	309,88	317,18		317,65	0,001275	3,28	363,22	104,48	6,03	72,15	0,43
6	940	309,89	317,24	314,94	317,59	0,001001	2,81	401,42	101,85	5,75	53,75	0,37

Nelle tabelle di “output”, i parametri riportati assumono i significati qui di seguito specificati:

River Station:	Numero identificativo della sezione;
Q Total:	Portata complessiva defluente nell'intera sezione trasversale;
Min. Ch Elev:	Quota minima di fondo alveo;
W.S. Elev:	Quota del pelo libero;
Crit W.S.:	Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della curva dell'energia);
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 (alveo attivo);
Flow Area:	Area della sezione liquida effettiva;
Top Width:	Larghezza superiore della sezione liquida complessiva;
Top Width Act Chl:	Larghezza superiore della sezione liquida in alveo, senza includere eventuali flussi inefficaci;
Hydr Depth C:	Altezza liquida media nel canale principale (alveo attivo);
Shear Chnl:	Tensione di attrito nel canale principale (alveo attivo);
Froude Chnl:	Numero di Froude nel canale principale (alveo attivo);

Nelle figure seguenti si riportano degli stralci del Modello Digitale del Terreno e dell'Ortofoto, sui quali sono riportate le aree inondabili individuate nella modellazione idraulica.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 55 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

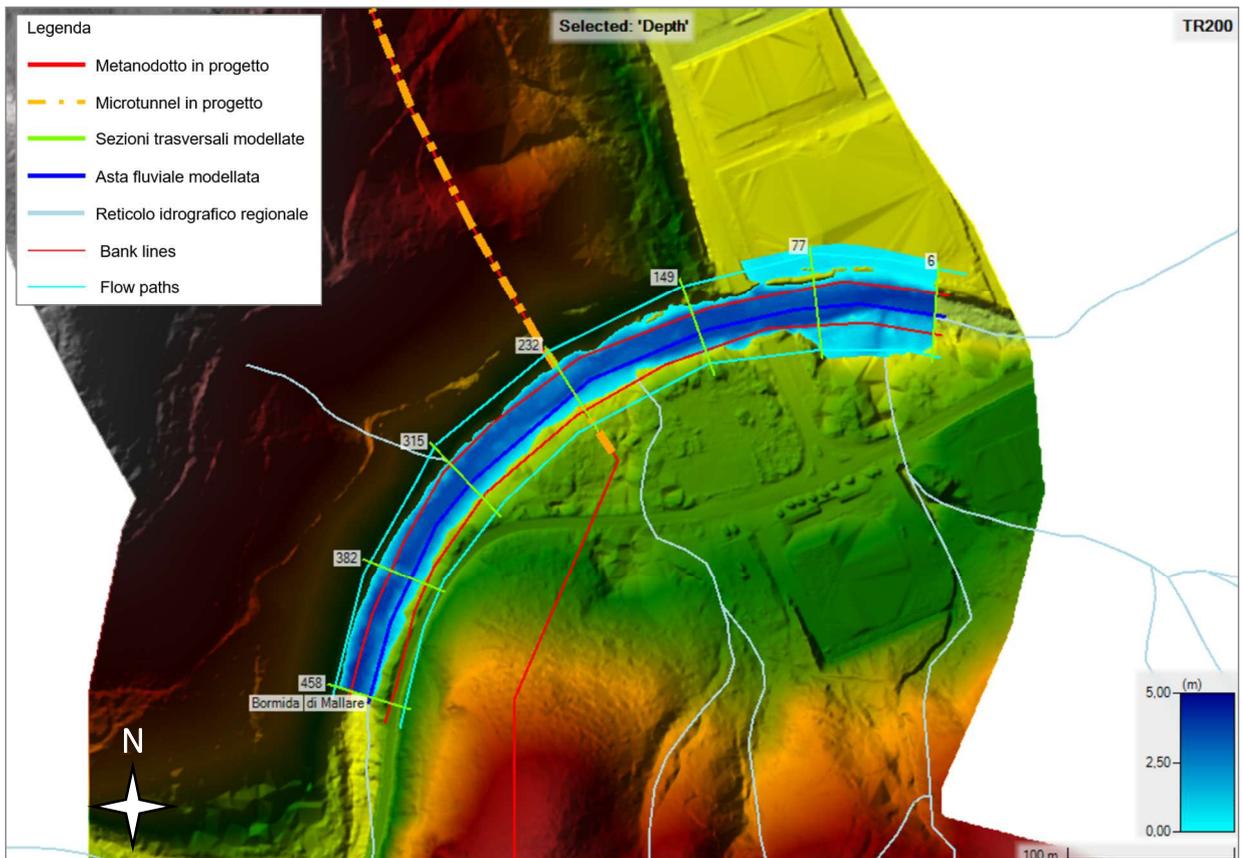


Figura 6.2/A – DTM con individuazione delle aree inondabili. Tratto del Bormida di Mallare interessato dal 1° attraversamento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 56 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

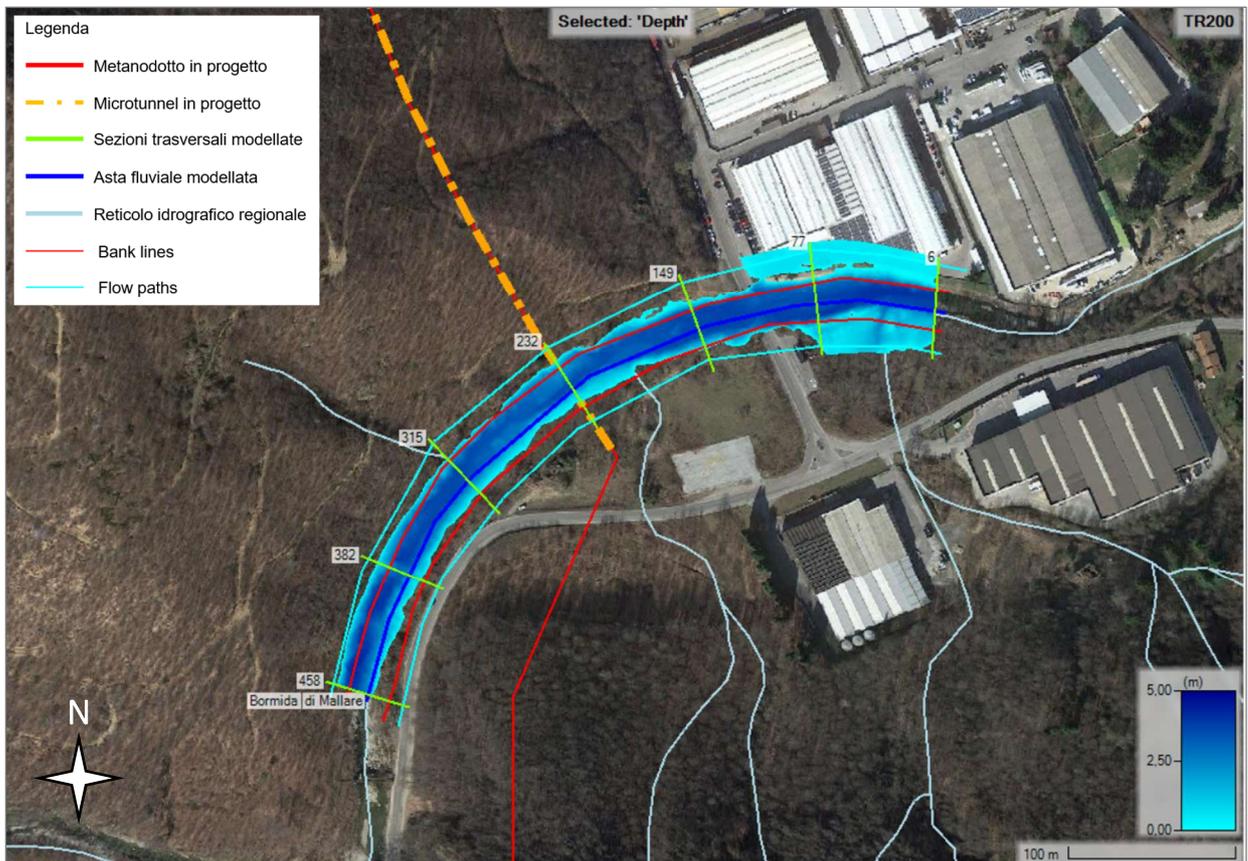


Figura 6.2/B – Ortofoto con individuazione delle aree inondabili. Tratto del Bormida di Mallare interessato dal 1° attraversamento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 57 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

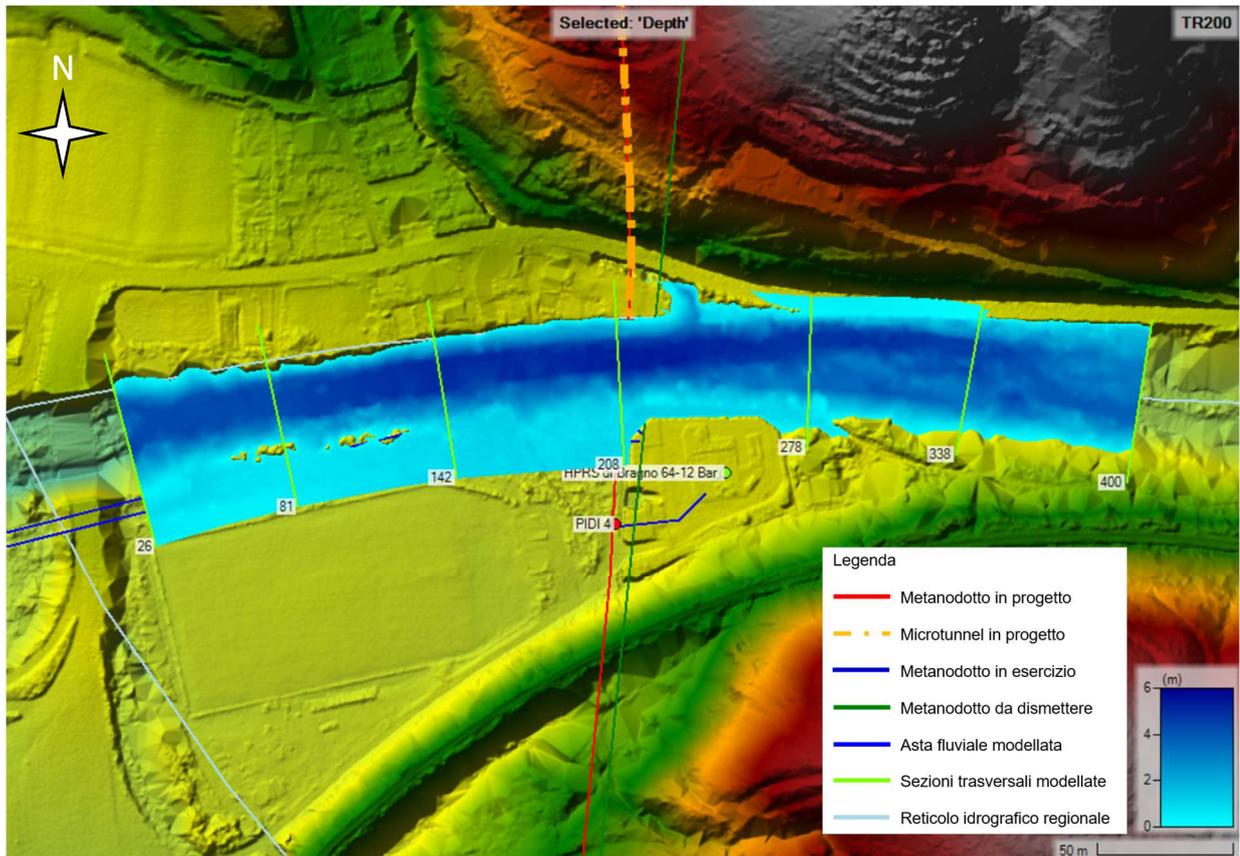


Figura 6.2/C – DTM con individuazione delle aree inondabili. Tratto del Bormida di Mallare interessato dal 2° attraversamento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 58 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

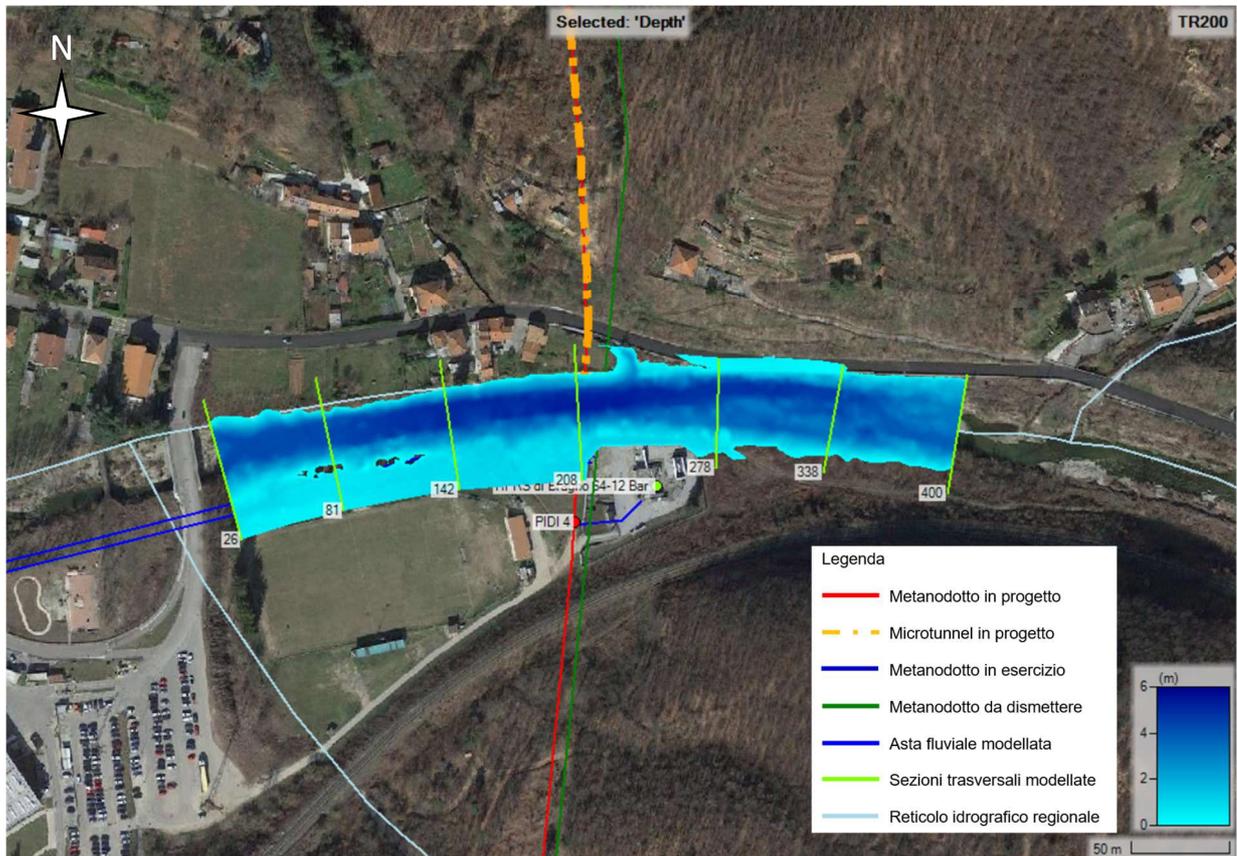


Figura 6.2/D – Ortofoto con individuazione delle aree inondabili. Tratto del Bormida di Mallare interessato dal 2° attraversamento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 59 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

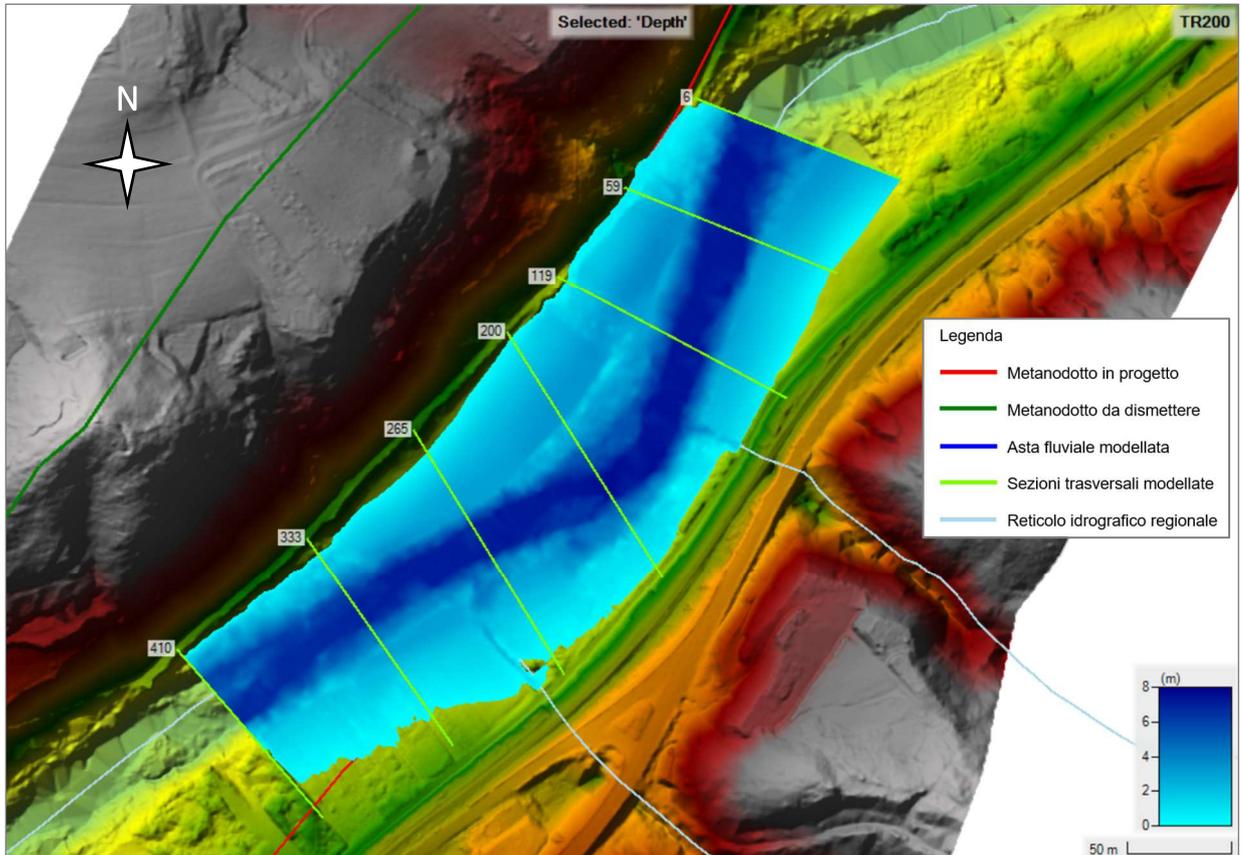


Figura 6.2/E – DTM con individuazione delle aree inondabili. Tratto del Bormida di Spigno interessato dal 3° attraversamento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 60 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

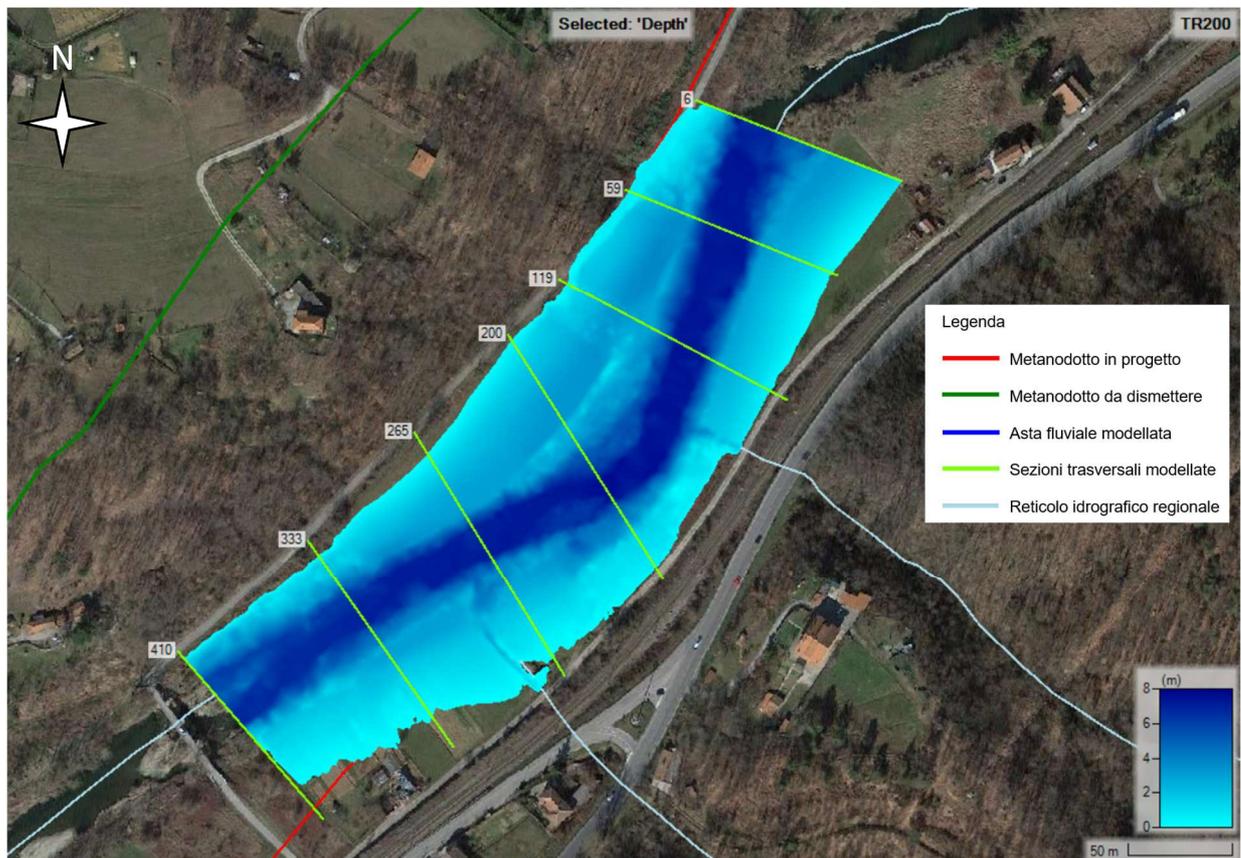


Figura 6.2/F – Ortofoto con individuazione delle aree inondabili. Tratto del Bormida di Spigno interessato dal 3° attraversamento

Qui di seguito si riporta il profilo longitudinale di ciascun tronco d'alveo considerato lungo l'asta principale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 61 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

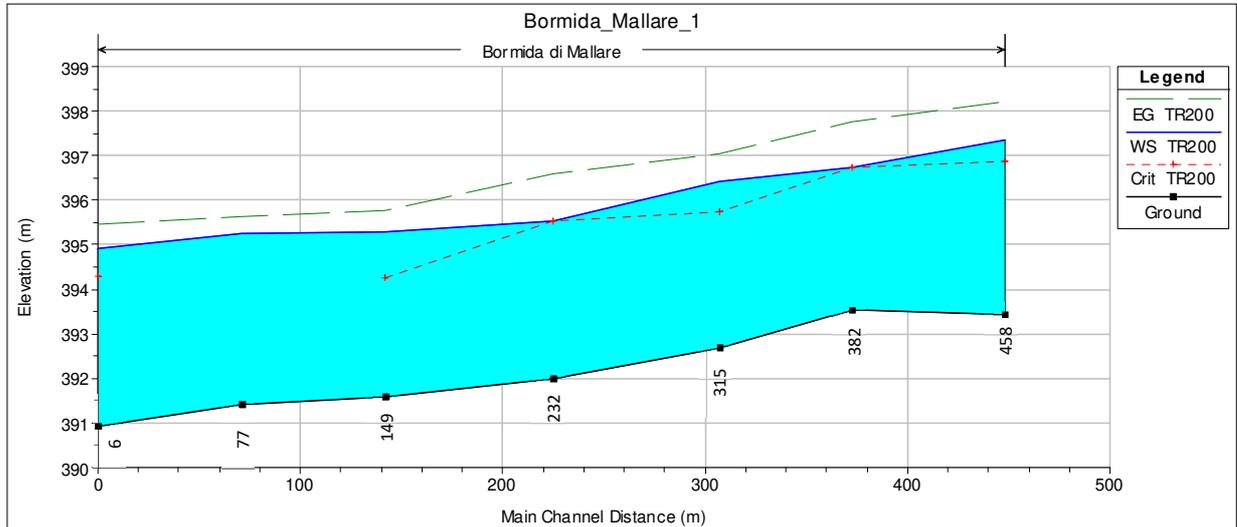


Figura 6.3/A – Profilo longitudinale per le portate di piena (TR200) del tratto del Bormida di Mallare interessato dal 1° attraversamento

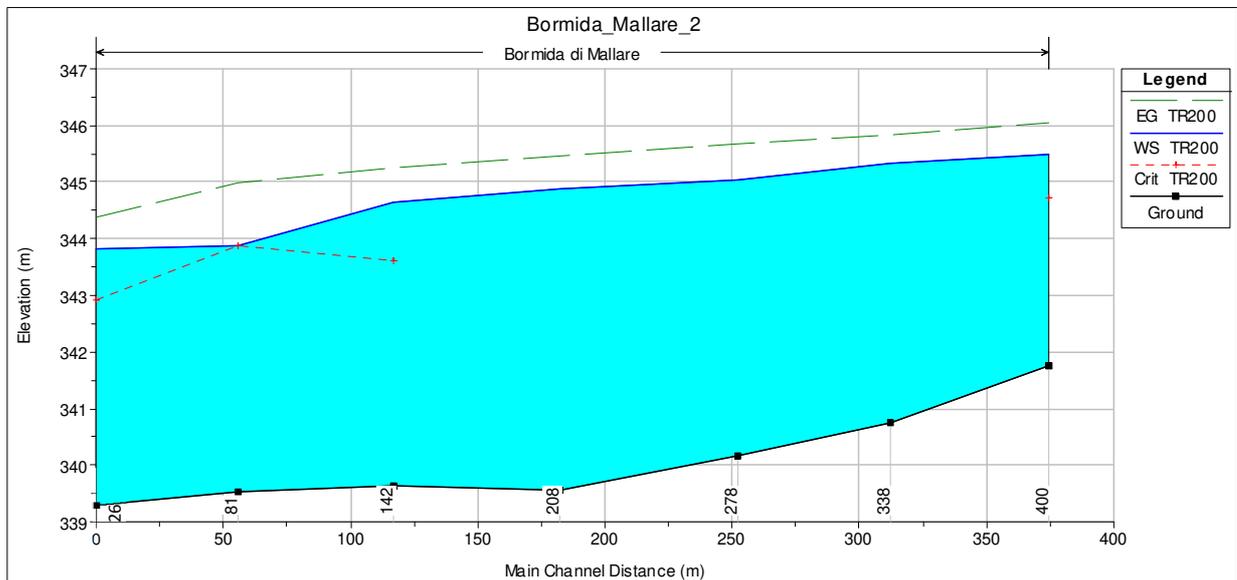


Figura 6.3/B – Profilo longitudinale per le portate di piena (TR200) del tratto del Bormida di Mallare interessato dal 2° attraversamento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 62 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

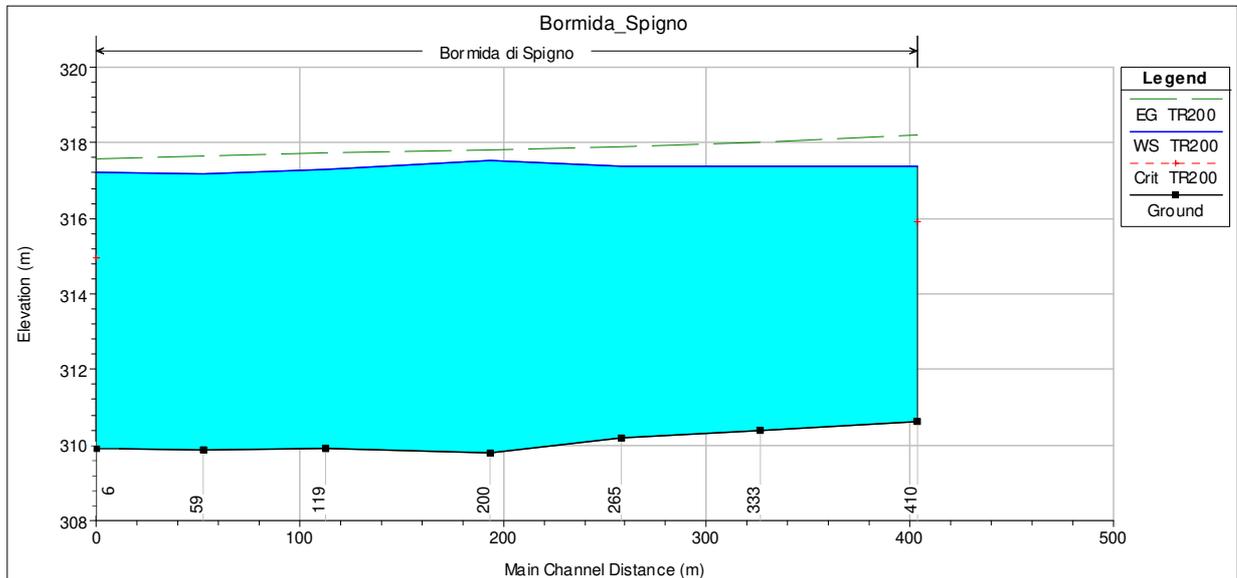


Figura 6.3/C – Profilo longitudinale per le portate di piena (TR200) del tratto del Bormida di Spigno interessato dal 3° attraversamento

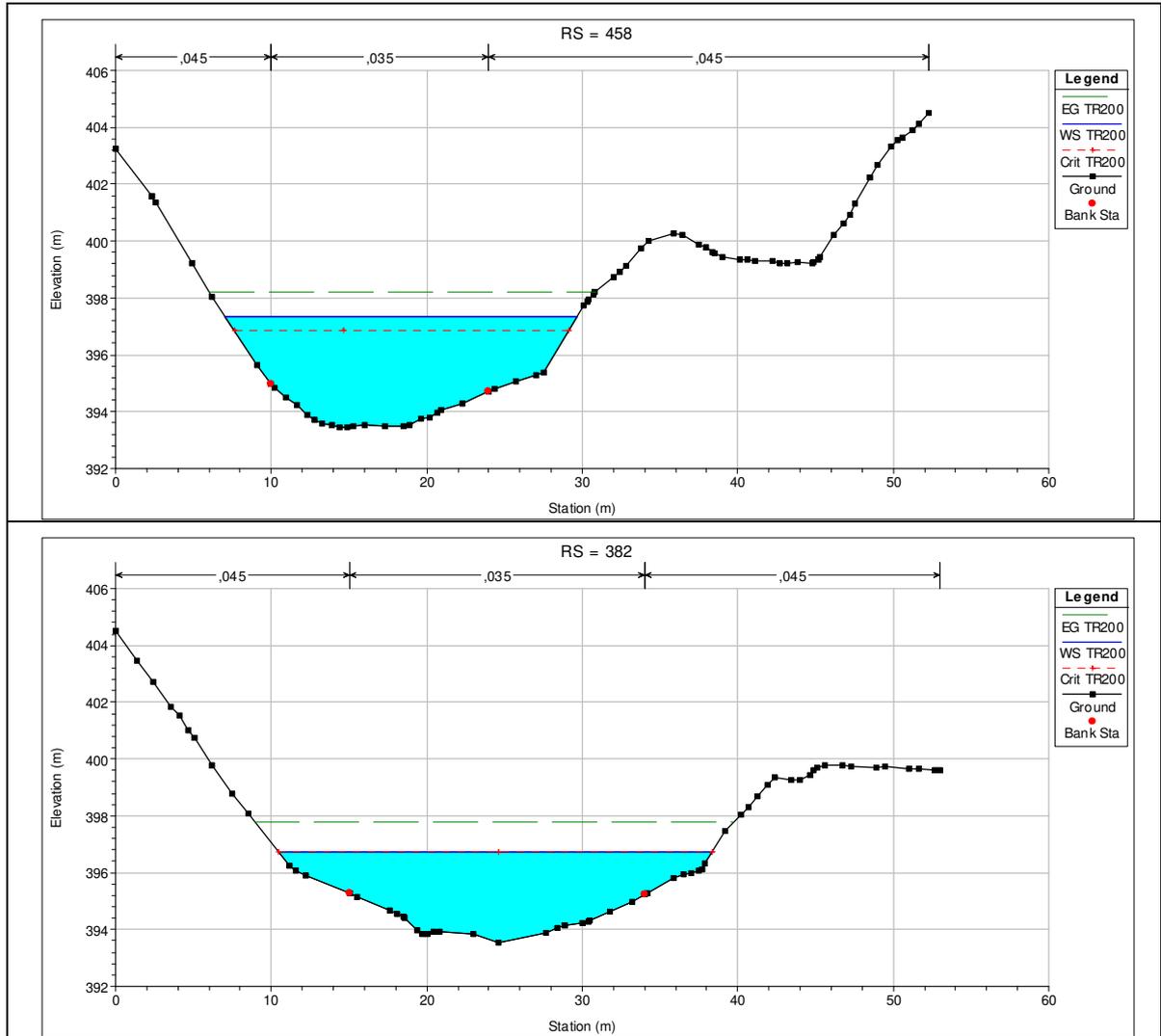
Infine, nelle figure seguenti si riportano le schermate di output delle sezioni di calcolo considerate nelle elaborazioni idrauliche.

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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 63 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Figura 6.4/A – Sezioni trasversali del tratto del Bormida di Mallare del 1° Attr.





PROGETTISTA



COMMESSA
NQ/R23350

CODICE TECNICO
-

LOCALITÀ

ALTO TIRRENO

REL-PAI-E-11007

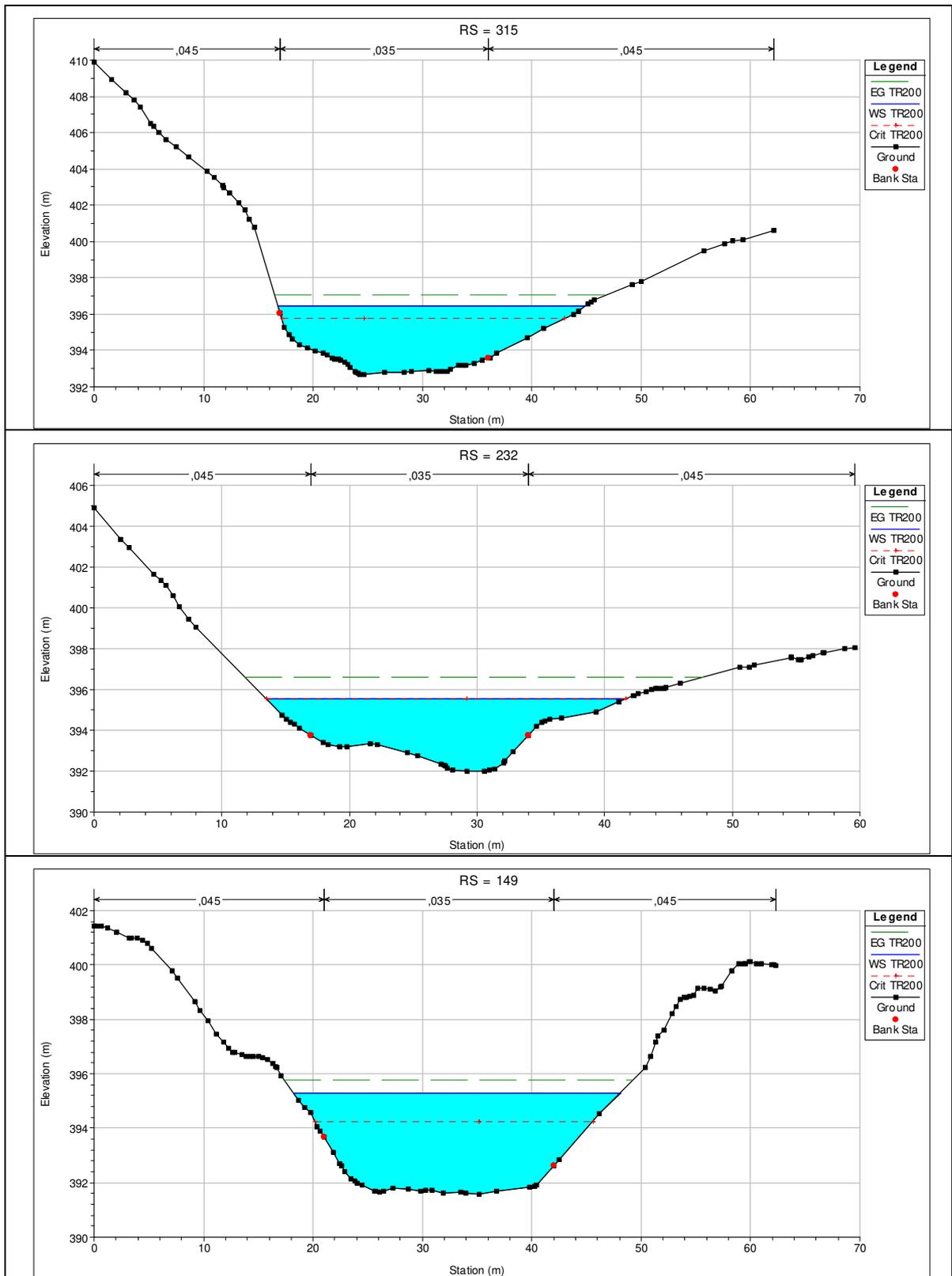
PROGETTO

Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Fg. 64 di 124

Rev.
1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007





PROGETTISTA



COMMESSA
NQ/R23350

CODICE TECNICO
-

LOCALITÀ

ALTO TIRRENO

REL-PAI-E-11007

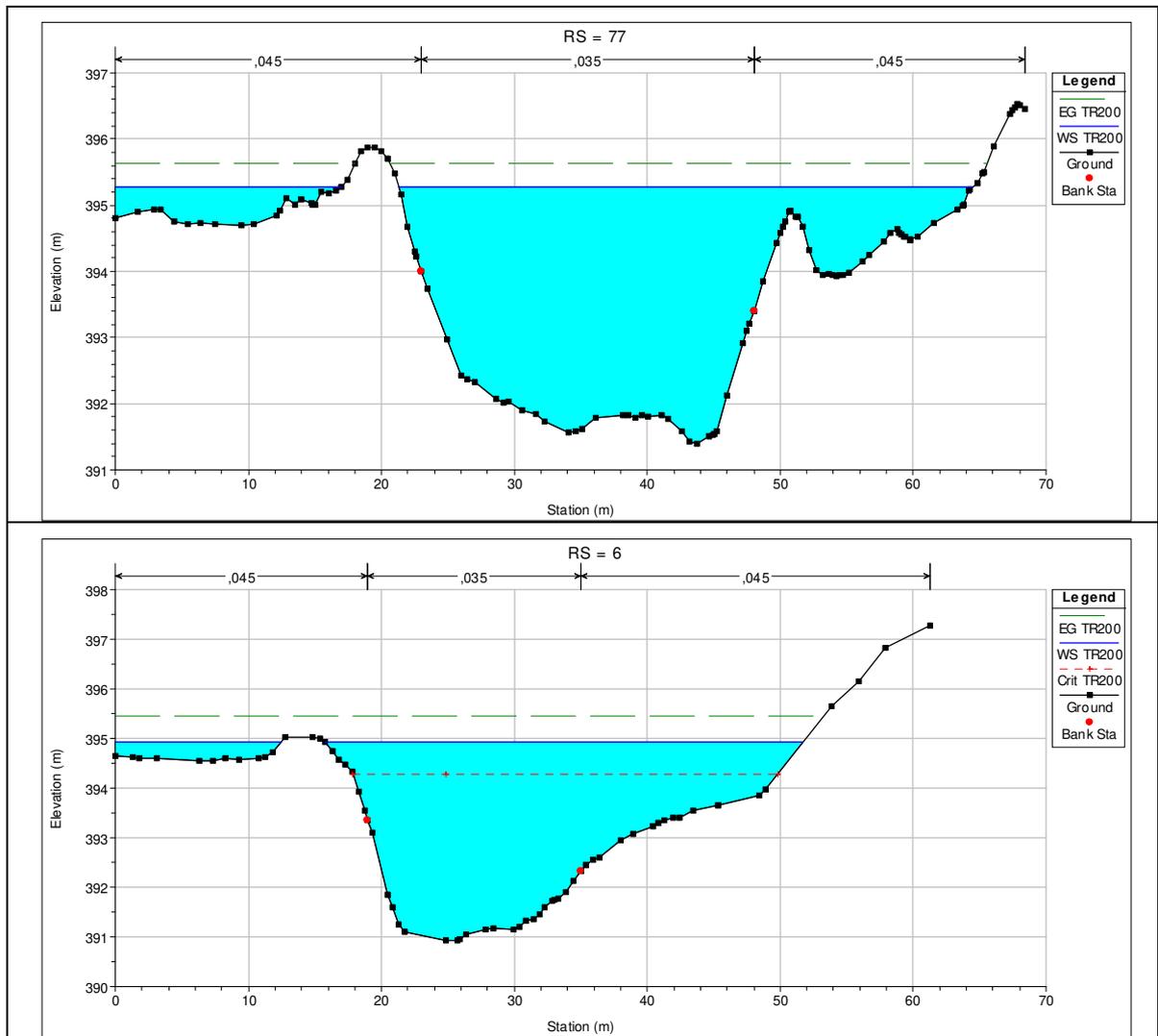
PROGETTO

Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Fg. 65 di 124

Rev.
1

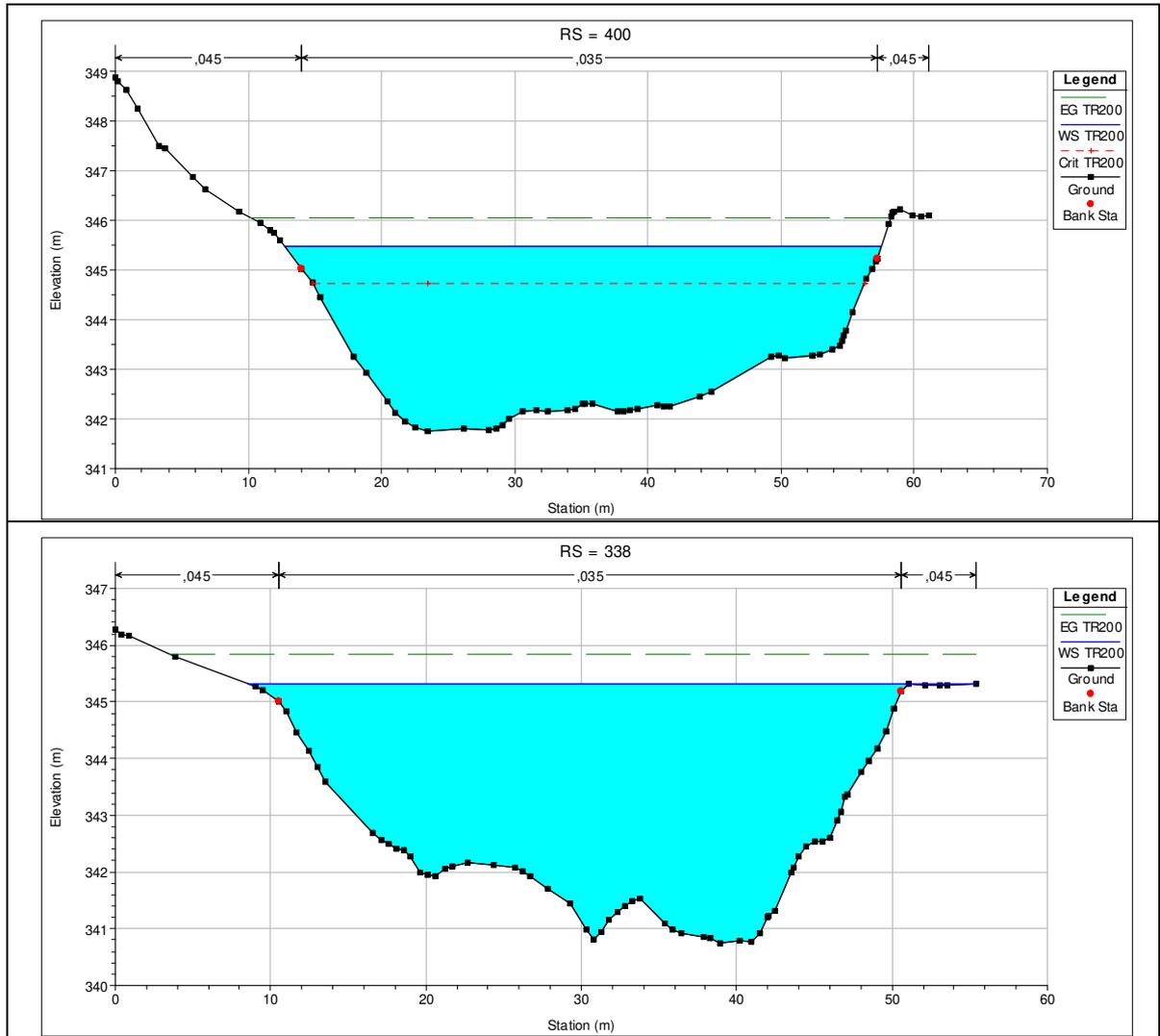
Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 66 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Figura 6.4/B – Sezioni trasversali del tratto del Bormida di Mallare del 2° Attr.





PROGETTISTA



COMMESSA
NQ/R23350

CODICE TECNICO
-

LOCALITÀ

ALTO TIRRENO

REL-PAI-E-11007

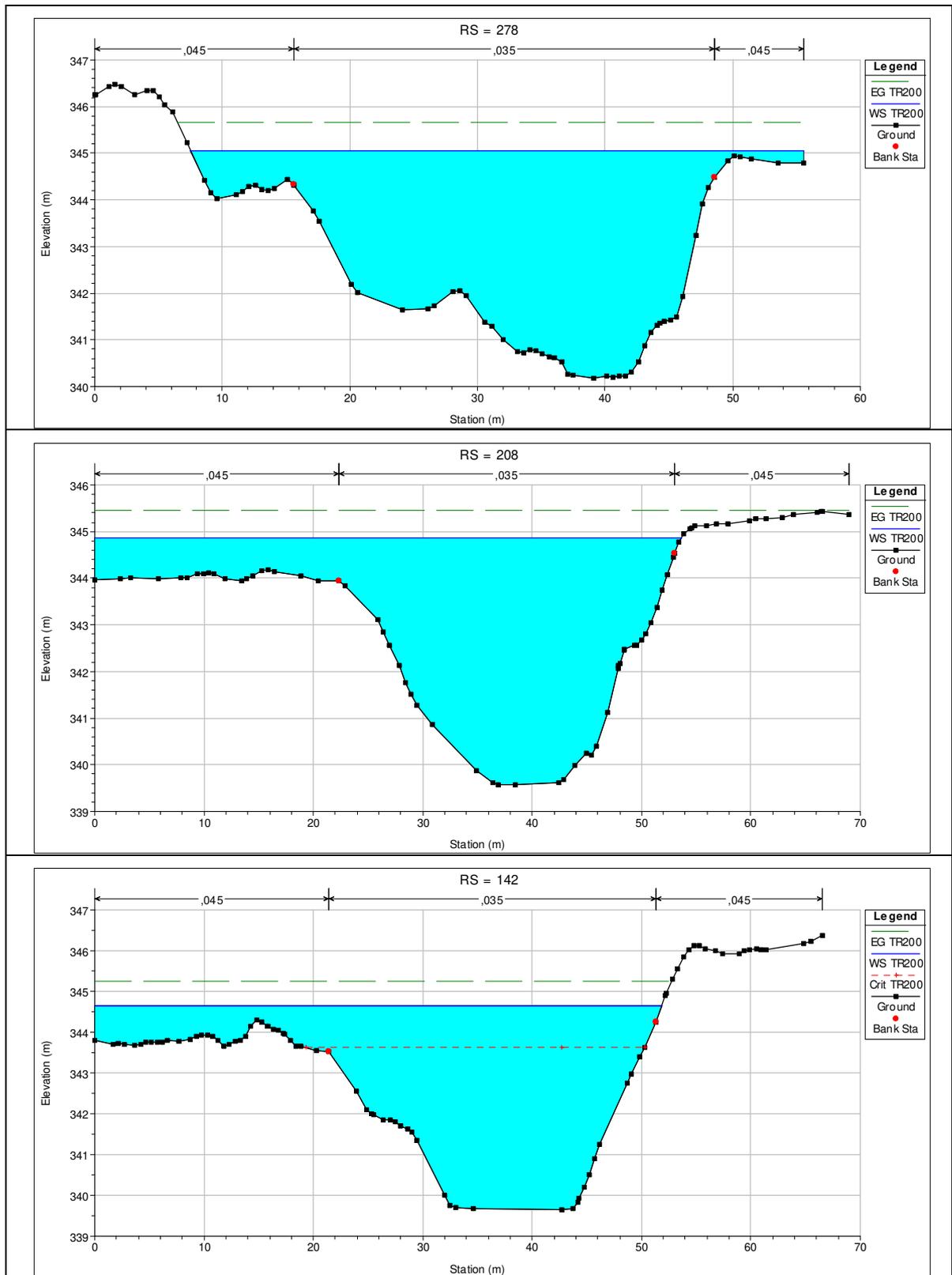
PROGETTO

Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Fg. 67 di 124

Rev.
1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007





PROGETTISTA



COMMESSA
NQ/R23350

CODICE TECNICO
-

LOCALITÀ

ALTO TIRRENO

REL-PAI-E-11007

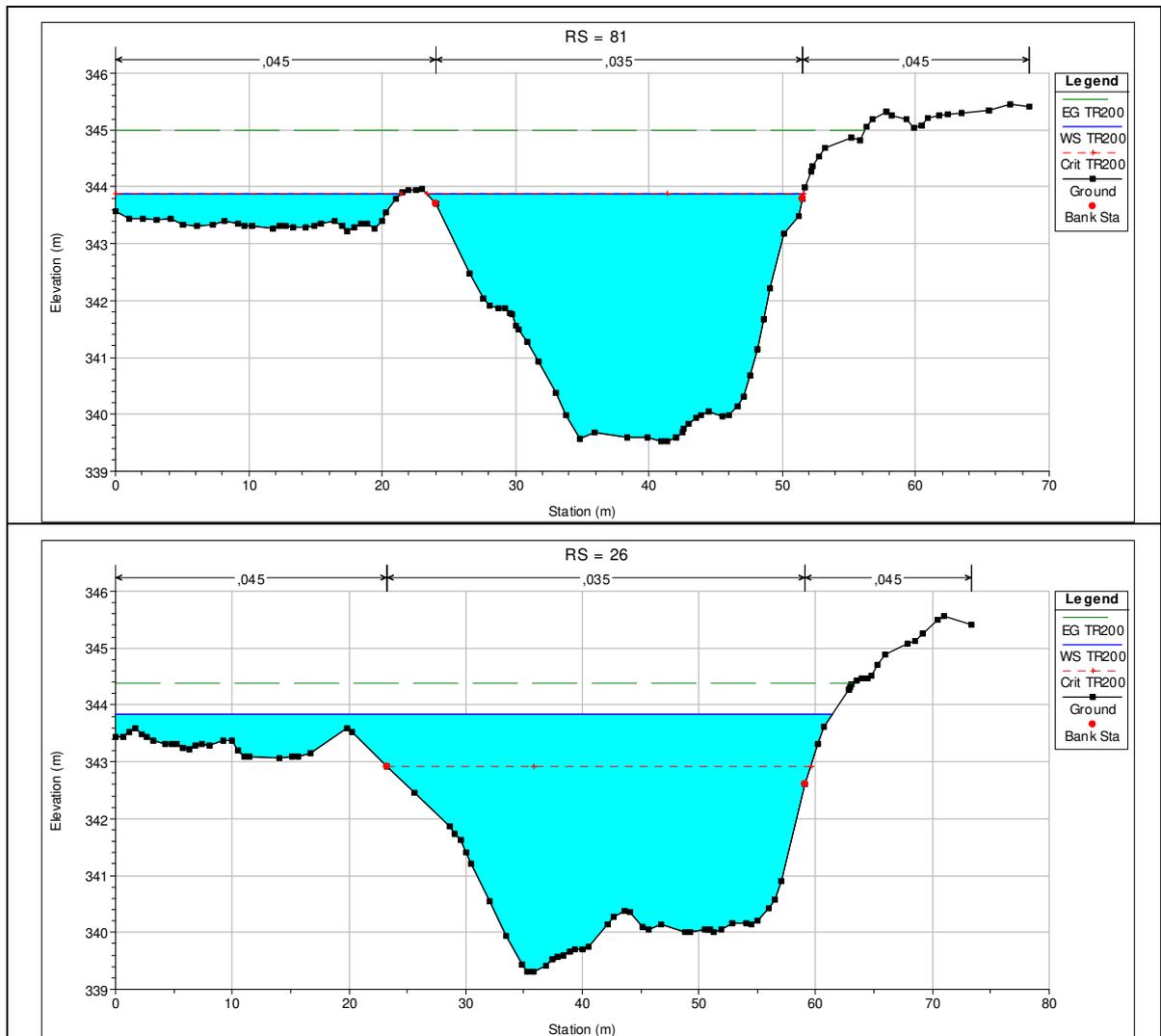
PROGETTO

Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Fg. 68 di 124

Rev.
1

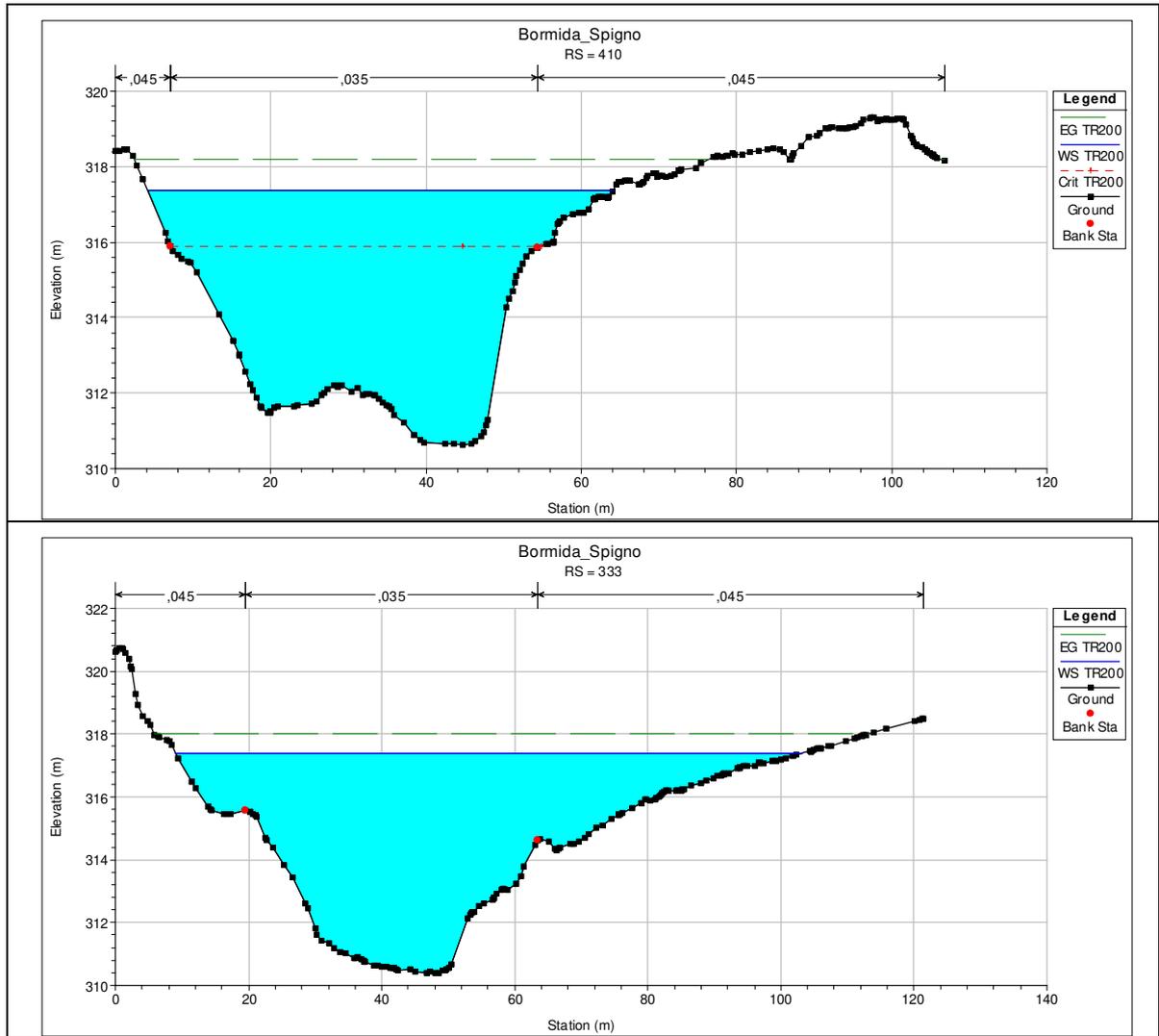
Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 69 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Figura 6.4/C – Sezioni trasversali del tratto del Bormida di Spigno del 3° Attr.





PROGETTISTA



COMMESSA
NQ/R23350

CODICE TECNICO
-

LOCALITÀ

ALTO TIRRENO

REL-PAI-E-11007

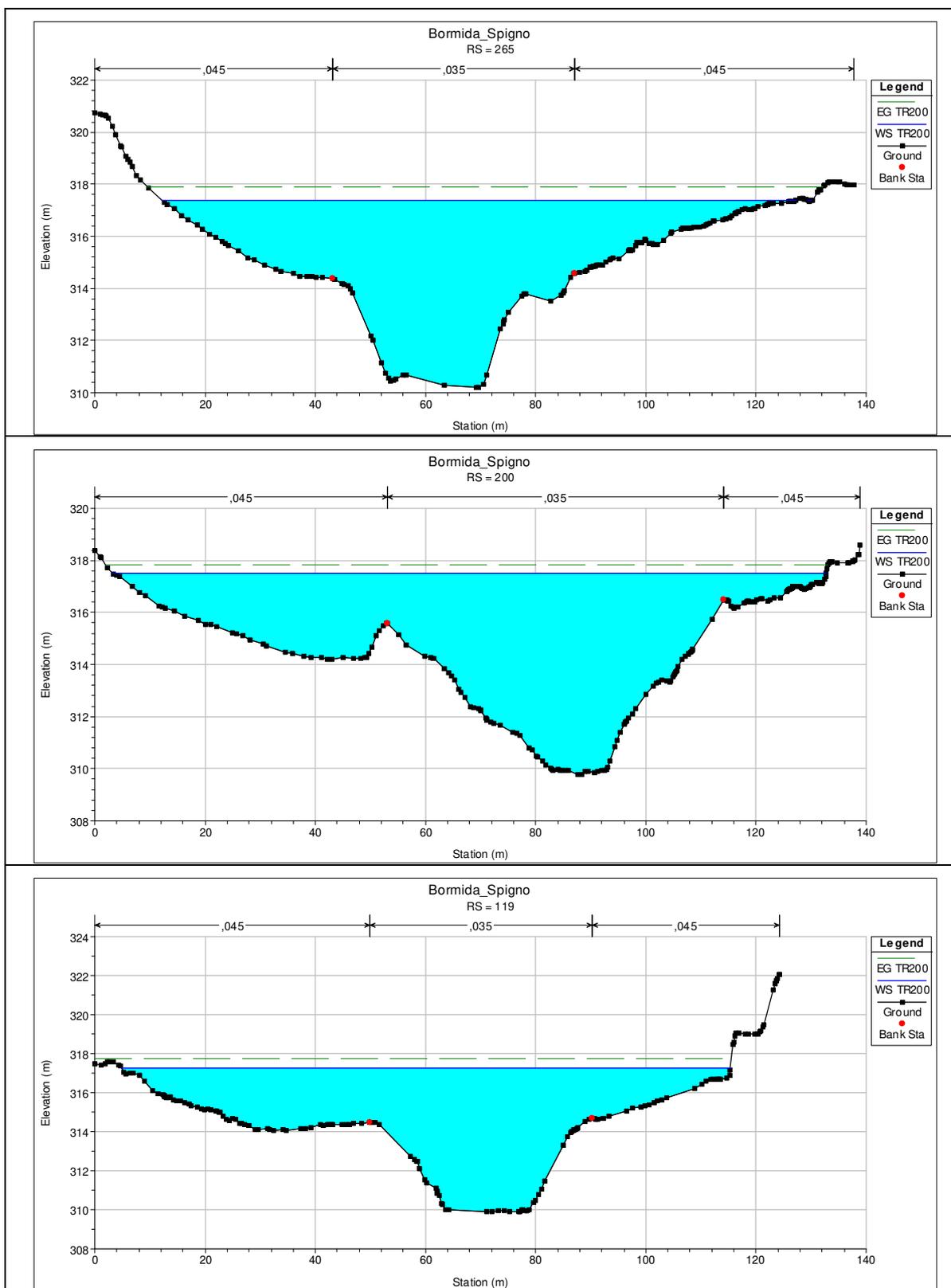
PROGETTO

Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Fg. 70 di 124

Rev.
1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007





PROGETTISTA



COMMESSA
NQ/R23350

CODICE TECNICO
-

LOCALITÀ

ALTO TIRRENO

REL-PAI-E-11007

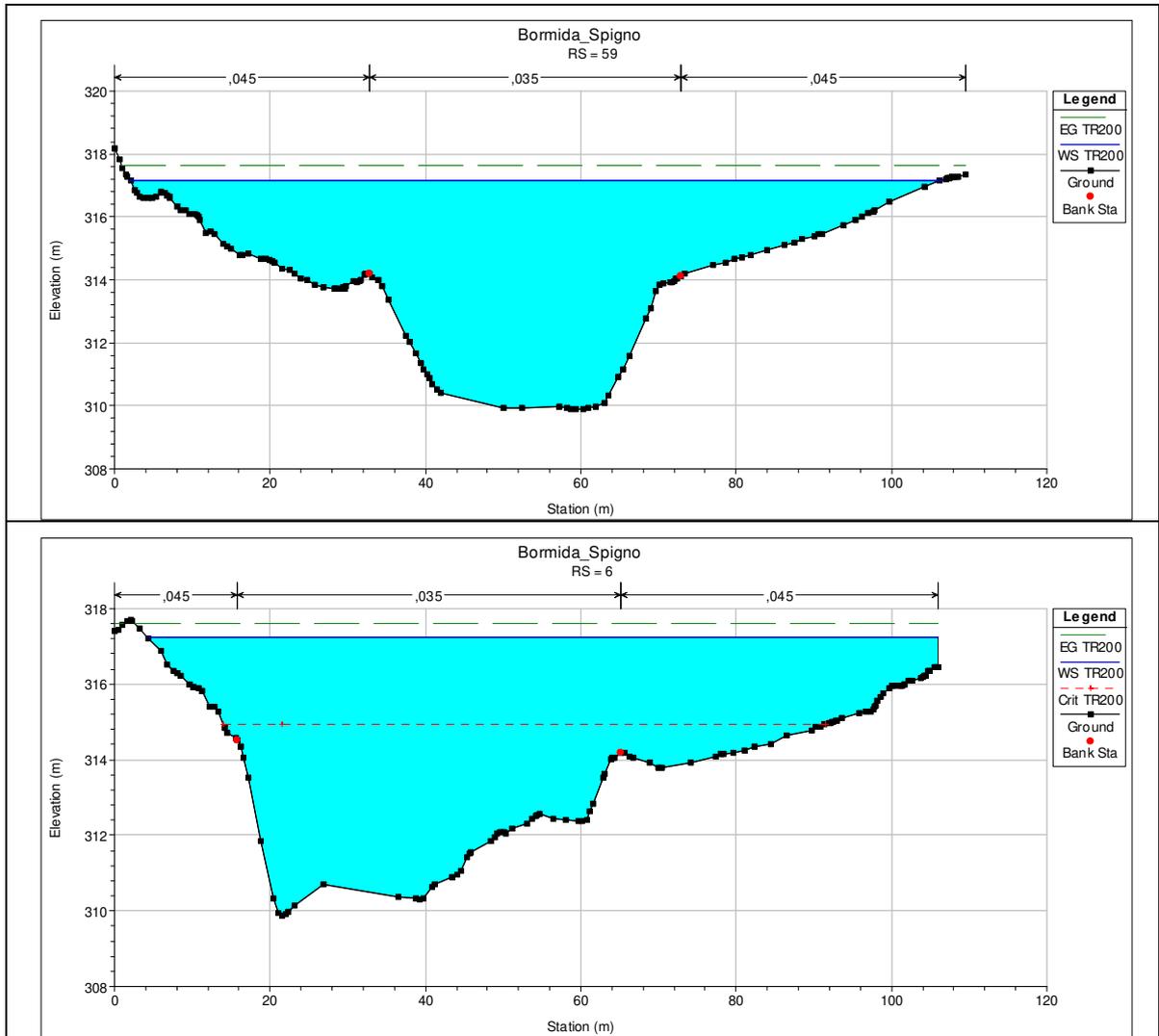
PROGETTO

Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Fg. 71 di 124

Rev.
1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007



	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 72 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

6.4 Analisi dei risultati conseguiti

Nelle Tabelle 6.3 (paragrafo precedente) è stato riportato il prospetto riepilogativo dei risultati conseguiti nelle varie sezioni di calcolo considerate nella modellazione idraulica per TR200. Inoltre, sempre nel paragrafo 6.3, sono state riportate le schermate di output del programma ritenute maggiormente indicative per rappresentare i risultati delle elaborazioni (planimetrie con individuazione delle aree inondabili, profilo longitudinale lungo l'asta fluviale, sezioni trasversali).

Le verifiche hanno mostrato che, lungo i tre tronchi idraulici analizzati, il deflusso della portata 200-ennale avviene in corrente lenta con numeri di Froude <1 e velocità mediamente comprese tra 3,3 e 3,8 metri al secondo, valori non molto elevati; le profondità medie del pelo libero all'interno dell'alveo centrale risultano dell'ordine dei 3 m nei due tratti della Bormida di Mallare, superiori al 5 m nel tratto più a valle della Bormida di Spigno.

Inoltre, dall'esame dei risultati delle simulazioni idrauliche nei tratti in questione, si evince come molte sezioni non siano sufficienti a smaltire la portata di progetto duecentennale. Infatti, fasce di esondazione si individuano nelle aree golenali, coerentemente alle risultanze delle verifiche idrauliche del PAI (Rif. [8]). Tale situazione è determinata principalmente da mancanze arginali.

Nei casi di fenomeni di esondazione diretta dei corsi d'acqua principali i tiranti idrici che si possono realizzare nelle aree limitrofe sono, in maggior parte modesti, e con basse velocità.

La valutazione dei livelli idrici attesi nell'evento di piena, è stata effettuata trascurando il fenomeno del trasporto di sedimenti da parte della corrente e quindi attraverso una modellazione idraulica a fondo fisso. Sebbene ciò possa fornire risultati sottostimati rispetto ad una soluzione a fondo mobile, questi sono accettabili ai fini delle valutazioni del presente elaborato, in considerazione dei metodi conservativi utilizzati per la valutazione delle erosioni.

C'è da considerare che il fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche geomorfologiche e geologiche del bacino ed è difficilmente quantificabile a meno di monitoraggi e di modellazioni complesse. La valutazione del trasporto solido assume importanza in tutti quei casi in cui la stabilità di opere in alveo possa essere alterata da fenomeni di scalzamento.

Per le valutazioni dei fenomeni erosivi in alveo della corrente in considerazione della piena di progetto, si rimanda a quanto riportato nel capitolo seguente.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 73 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

7 VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO

7.1 Generalità

Nel corso degli eventi di piena, il fondo degli alvei subisce modifiche morfologiche, in molti casi anche di notevole entità, innescate da cause che possono essere definite “intrinseche” (dovute cioè a fenomeni naturali quali confluenze, curve, ostacoli naturali ecc.) o “indotte” (legate ad alterazioni di origine antropica diretta o indiretta, quali opere in alveo, escavazioni, ecc.). La valutazione di tali fenomeni riveste notevole importanza ai fini del dimensionamento degli interventi in alveo.

Allo stato attuale delle conoscenze tecniche, la valutazione dell’entità degli approfondimenti, dei fenomeni di escavazione e di trasporto localizzato, nella maggioranza dei casi, dipende da un puntuale riscontro sul campo, atto a valutare lo stato generale dell’alveo. La stima del valore atteso per tali fenomeni rimane, nella maggioranza dei casi, un’attività dipendente in massima parte dall’esperienza e dalla sensibilità del progettista, il quale deve avvalersi in misura preponderante degli esiti di appositi sopralluoghi per valutare lo stato generale dell’alveo. Le analisi di natura sperimentale disponibili, pur fornendo utili indicazioni circa l’entità dei fenomeni, risultano spesso legate alle particolari condizioni al contorno poste a base delle indagini, ed ai modelli rappresentativi utilizzati.

Il lavoro di ricerca ha prodotto negli ultimi cinquanta anni una serie di risultati, che forniscono utili indicazioni circa l’entità dei fenomeni di escavazione e trasporto localizzato solo in alcuni casi tipici. Va sottolineato che tali risultati sono in generale caratterizzati dai seguenti limiti principali:

- la quasi totalità dei dati utilizzati per la definizione delle metodologie di valutazione delle escavazioni proviene da prove effettuate in laboratorio, su modelli in scala ridotta e su terreni di fondo alveo a granulometria maggiormente omogenea di quanto effettivamente riscontrabile in natura;
- ogni formula determinata per via sperimentale è strettamente legata a casi particolari di escavazione in alveo e risulta difficilmente estrapolabile a casi dissimili da quelli direttamente analizzati in campo o in laboratorio;
- non si dispone di analisi effettuate su ripristini di scavo e su rivestimenti eseguiti in opera, che si differenzino dalle condizioni teoriche di depositi aventi una granulometria ordinaria;
- le sperimentazioni sono in massima parte riferite a condizioni che prevedono una portata di base sostanzialmente costante e non tengono conto di fenomeni di estrema variabilità che caratterizzano gli eventi di piena in alvei a regime torrentizio;
- gli studi sono condotti essenzialmente per alvei di pianura di grandi dimensioni.

Le considerazioni sopra riportate devono condurre pertanto ad un atteggiamento di estrema cautela nell’uso delle relazioni utilizzate per il calcolo degli approfondimenti, avendo cura di utilizzare ciascuna di esse per casi simili a quelli per cui sono state ricavate ed associando comunque alle valutazioni condotte su scala locale (buche, approfondimenti localizzati) considerazioni ed analisi sulla dinamica d’alveo generale nella zona di interesse (presenza o meno di trasporto solido, variazioni storiche della planimetria d’alveo, granulometria dei sedimenti ed indagine geotecnica sui litotipi presenti nei primi metri del fondo, ecc.).

Nel seguito si descrivono quindi le espressioni generali che si ritengono utilizzabili nel caso in oggetto, per la valutazione dei fenomeni erosivi in alveo, al fine di quantificare il valore che un eventuale approfondimento potrebbe raggiungere rispetto alla quota media iniziale del fondo, interessando quindi la quota di collocazione della condotta.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 74 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

7.2 Criteri di calcolo

Approfondimenti localizzati

Per quanto attiene alla formazione locale di buche ed approfondimenti, le posizioni e le caratteristiche di queste erosioni sono talvolta abbastanza prevedibili, come ad esempio nel punto di gorgo dei meandri o in corrispondenza di manufatti, ed a volte del tutto imprevedibili, specialmente in alvei a fondo mobile, cioè costituiti da un materiale di fondo essenzialmente granulare.

Infatti, in tali alvei, anche in assenza di manufatti, sul fondo possono crearsi buche di notevole profondità; le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso.

Fra i modelli più noti atti a determinare il valore dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota iniziale del fondo alveo durante la manifestazione di piene (Schoklitsh, Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsh² è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici ed è quella maggiormente impiegata (con risultati soddisfacenti) per gli attraversamenti in subalveo di corsi d'acqua da parte delle condotte (soprattutto nel campo dei metanodotti).

In ragione di quanto detto, per la valutazione degli approfondimenti localizzati in alveo rispetto alla quota iniziale del fondo si ricorre alla citata formula di Schoklitsh:

$$S = 0.378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2.15 \cdot a$$

dove

- **S** è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- **H** = $h_0 + v^2/2g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- **h₀** = il livello medio del battente idrico in alveo;
- **q** = Q_{Max}/L è la portata specifica media in alveo, per unità di larghezza L;
- **a** è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca.

Il valore di **a** viene assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base della pendenza locale del fondo alveo in corrispondenza della massima incisione moltiplicata per una lunghezza (in asse alveo) pari all'altezza idrica di piena considerata.

Arature di fondo

Per quanto attiene al fenomeno di scavo temporaneo durante le piene o "aratura di fondo", esso raggiunge valori modesti, se inteso come generale abbassamento del fondo alveo, mentre può assumere valori consistenti, localmente, se inteso come migrazione trasversale o longitudinale dei materiali incoerenti.

Nel primo caso si tratta della formazione di canali effimeri di fondo alveo 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.

² Schoklitsh A., "Stauraum verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 75 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Allo stato attuale non potendosi fare che semplici ipotesi sul fenomeno, non è possibile proporre algoritmi per calcolare la profondità degli scavi. Le proprietà geometriche del fondo alveo, in relazione all'entità delle tensioni tangenziali indotte dalla corrente, sono state studiate³ da Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare a tali escavazioni un valore cautelativo pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata. In particolare, nel caso di regime di corrente lenta, venne concluso 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 prudenziale, proposta in Italia⁴, 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 piena.

Per quanto riguarda il fenomeno di scavo temporaneo durante le piene, come detto, non disponendo allo stato di algoritmi opportunamente tarati, atti a determinare la potenziale entità del fenomeno in relazione alle specificità del sito in studio, ci si basa sulle considerazioni empiriche proposte in letteratura tecnica, secondo le quali un valore del tutto cautelativo della profondità di tali potenziali escavazioni del fondo (Z) è stimabile, in corrispondenza di una assegnata sezione, al massimo in ragione del 50% del battente idrometrico medio di piena in alveo (h_0), ovvero:

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

Considerazioni sui metodi di calcolo impiegati

In Italia, negli ultimi 50÷60 anni circa, per la progettazione di attraversamenti in subalveo dei metanodotti, l'applicazione dei metodi sopracitati (che si completano con la valutazione dell'erosione massima in alveo, in considerazione del valore maggiore tra gli approfondimenti localizzati e le arature di fondo individuati nel tronco fluviale in esame) risultano quelli maggiormente impiegati, anche in considerazione di una vastissima casistica di situazioni litologiche e morfologiche nei contesti fluviali d'intervento.

Sulla base delle esperienze acquisite, ossia sulla base dei riscontri conseguiti nel tempo, i risultati sono assolutamente positivi. Infatti, dall'analisi storica, problematiche di erosioni in alveo che hanno determinato la scopertura di condotte si sono verificate solo in rarissimi casi correlabili a situazioni estremamente particolari e non considerate adeguatamente in fase di progetto, ossia per il crollo di briglie localizzate poco a valle degli attraversamenti, oppure per effetto di azioni antropiche in alveo (ad esempio per estrazioni incontrollate di ingenti quantitativi di inerti).

In definitiva, sulla base dei riscontri delle esperienze acquisite, si può ritenere che l'impiego dei metodi sopracitati, unitamente all'applicazione di adeguati franchi di sicurezza (valutati anche in funzione delle condizioni peculiari rilevati nel contesto d'intervento), consentono di garantire all'infrastruttura lineare in progetto condizioni di sicurezza adeguate nei confronti dei processi erosivi di fondo alveo.

³ Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

⁴ Zanovello A., Sulle variazioni di fondo degli alvei durante le piene; L'Energia elettrica, XXXIV, n. 8; 1959.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 76 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

7.3 Stima dei massimi approfondimenti d'alveo attesi

Le valutazioni dei fenomeni erosivi sono state eseguite in riferimento all'evento di piena duecentennale ($T_R=200$ anni), i cui parametri di deflusso nelle sezioni dei tratti di interesse sono riportati nel capitolo precedente.

A tal proposito nella tabella seguente si riportano i valori delle erosioni di fondo alveo, valutati nelle varie sezioni considerate nello studio idraulico.

In particolare, i valori riportati in nero sono stati estrapolati dai parametri caratteristici del deflusso (di cui alle tabelle 6.3/A/B/C); mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente (par. 7.2). Le ultime due colonne rappresentano rispettivamente i valori relativi agli approfondimenti localizzati (S) e alle arature di fondo (z).

Tabella 7.3/A: Erosioni nel fondo alveo per il tratto del Bormida di Mallare del 1° Attr.

River Station	Q Total (m ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata Specifica q (m ³ /s m)	Carico Totale H (m)	Approfond. Localizzati S (m)	Arature di fondo z (m)
458	235	4,31	22,67	3,46	10,37	4,41	1,91	1,73
382	235	4,63	27,91	2,51	8,42	3,60	1,62	1,26
315	235	3,62	27,99	3,1	8,40	3,77	1,65	1,55
232	235	4,72	28,16	2,74	8,35	3,88	1,67	1,37
149	235	3,12	29,92	3,4	7,85	3,90	1,64	1,70
77	235	2,72	60,16	3,22	3,91	3,60	1,26	1,61
6	235	3,47	48,44	3,51	4,85	4,12	1,44	1,76

Tabella 7.3/B: Erosioni nel fondo alveo per il tratto del Bormida di Mallare del 2° Attr.

River Station	Q Total (m ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata Specifica q (m ³ /s m)	Carico totale H (m)	Approfond. Localizzati S (m)	Arature di fondo z (m)
400	402	3,35	44,78	2,78	8,98	3,35	1,60	1,39
338	402	3,22	46,84	3,12	8,58	3,65	1,64	1,56
278	402	3,49	48,09	3,43	8,36	4,05	1,71	1,72
208	402	3,45	53,67	3,61	7,49	4,22	1,68	1,81
142	402	3,55	51,84	3,61	7,75	4,25	1,70	1,81
81	402	4,73	49,69	2,99	8,09	4,13	1,70	1,50
26	402	3,35	61,39	3,26	6,55	3,83	1,54	1,63

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 77 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tabella 7.3/C: Erosioni nel fondo alveo per il tratto del Bormida di Spigno del 3° Attr.

River Station	Q Total (m ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica q (m ³ /s m)	Carico Totale H (m)	Approfond. Localizzati S (m)	Arature di fondo z (m)
410	940	4,02	60,02	4,91	15,66	5,73	2,48	2,46
333	940	3,69	94,26	5,28	9,97	5,97	2,17	2,64
265	940	3,43	115,56	5,36	8,13	5,96	2,03	2,68
200	940	2,61	129,57	4,99	7,25	5,34	1,85	2,50
119	940	3,28	110,52	5,6	8,51	6,15	2,09	2,80
59	940	3,28	104,48	6,03	9,00	6,58	2,20	3,02
6	940	2,81	101,85	5,75	9,23	6,15	2,15	2,88

Nelle precedenti tabelle, i parametri riportati hanno i significati qui di seguito specificati:

River Station:	Numero identificativo della sezione
Q Total:	Portata complessiva defluente nell'intera sezione trasversale
Vel Chnl:	Velocità media nel canale principale dell'alveo
Top Width:	Larghezza superiore della sezione liquida
Hydr Depth C:	Altezza liquida media nel canale principale

7.4 Analisi dei risultati e considerazioni progettuali

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente ai tronchi d'alveo analizzati (nei quali ricadono gli attraversamenti da parte del metanodotto in progetto), le massime erosioni attese al fondo alveo, in concomitanza dell'evento di piena di progetto, si attestano intorno a valori dell'ordine dei 2,0 m nei due tratti del Bormida di Mallare e dell'ordine dei 3,0 m nel tratto del Bormida di Spigno.

I valori delle potenziali erosioni riscontrabili all'interno dell'alveo, riferiti all'evento di piena duecentennale, presentano prevalenza per il fenomeno arature di fondo, come del resto logicamente conseguente agli elevati valori del battente idrometrico medio di piena (grandezza a cui sono legate le potenziali arature di fondo), dei bassi valori di velocità e al regime di corrente lenta con carico energetico contenuto (grandezze alle quali sono direttamente legate, nella formulazione "qualitativa" utilizzata, i potenziali approfondimenti localizzati).

Essendo note la struttura del fondo alveo e delle aree attraversate, e i livelli stratigrafici di interesse (par. 4.3), 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, viene stabilita una copertura progettuale minima di 5 m per la realizzazione delle opere di attraversamento sulle Bormida, ritenuta adeguatamente cautelativa, in considerazione degli aspetti progettuali inerenti alla metodologia costruttiva (vedere capitolo successivo) e anche in considerazione del fatto che nella Bormida si rileva una tendenza evolutiva all'erosione di fondo e conseguente abbassamento del fondo dell'alveo (Relazione Generale del PAI (Rif. [1]), par.3.6.3).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 78 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

8 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

8.1 Premessa

Il gasdotto è costituito da un sistema di tubazioni interrato, formate da tubi in acciaio di qualità saldati di testa, con una copertura minima di 1,50 m (maggiorato rispetto al limite previsto dal DM 17.04.2008 pari a 0,90 m).

La realizzazione dell'opera si attua attraverso l'esecuzione di fasi di lavoro sequenziali che, avanzando progressivamente nel territorio, permettono di confinare le operazioni, per un intervallo di tempo contenuto, in un tratto limitato della linea di progetto

La definizione del progetto degli attraversamenti in subalveo è stata effettuata in riferimento a valutazioni di tipo geomorfologico, geotecnico ed idraulico, condotte nell'ambito specifico d'intervento.

In particolare, in considerazione delle caratteristiche del corso d'acqua e dei risultati delle valutazioni conseguiti, sono state definite le scelte progettuali inerenti ai punti qui di seguito elencati:

- la metodologia costruttiva per la realizzazione dell'opera;
- la geometria di posa "in subalveo", con particolare riferimento alla profondità di posa;
- le caratteristiche tipologiche delle opere di ripristino.

Le metodologie realizzative previste per ciascun attraversamento cambiano in funzione di diversi fattori (profondità di posa, presenza di acqua o di roccia, intensità del traffico, eventuali prescrizioni dell'ente competente, ecc.) e si possono così raggruppare:

- posa con scavi a cielo aperto;
- posa attraverso il ricorso a tecnologie *trenchless*.

8.2 Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto

La scelta del sistema di posa in subalveo della condotta, particolarmente nel caso di corsi d'acqua di significativa importanza, deve essere effettuata in modo da garantire la massima sicurezza dal punto di vista idraulico e geotecnico, sia nella fase operativa che a lungo termine, tanto per la condotta in progetto quanto per la configurazione d'alveo del corso d'acqua (fondo, sponde ed eventuali manufatti esistenti).

In particolare, analizzando le caratteristiche morfologiche, geologiche, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'interferenza, si è arrivati all'individuazione del miglior sistema di posa in subalveo della pipeline.

Infatti, nei casi che non necessitano dell'applicazione di differenti metodologie (per la presenza in alveo di opere di presidio idraulico significative quali rilevati arginali, imponenti scogliere, ecc.), la posa di una condotta mediante scavi e successivi rinterrati è il sistema più frequentemente utilizzato. Ciò in considerazione della sua versatilità costruttiva, della semplicità nell'organizzazione delle fasi di lavoro e della possibilità di adattare la geometria della condotta a quella della sezione di attraversamento. Inoltre, ostacoli incontrati nelle fasi di scavo, o variazioni di progetto in corso d'opera, generalmente non sono tali da inficiarne la fattibilità o la corretta esecuzione.

La metodologia esecutiva consiste sostanzialmente nelle seguenti fasi:

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 79 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

- nello scavo di una trincea lungo il profilo dell'attraversamento fino al raggiungimento delle quote di posa;
- nel successivo alloggiamento della colonna di condotta (precedentemente preassemblata) nel fondo-scavo;
- infine nel rinterro degli scavi, con il medesimo materiale di scavo (precedentemente accantonato) per il ripristino morfologico dell'area, ivi comprese la realizzazione e/o ripristino di eventuali opere di protezione idraulica.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, 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 con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;
- lavori per "fasi chiuse"; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell'inizio della successiva; 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.

Preliminarmente alla fase di scavo verranno in generale realizzati dei by-pass (deviazioni), mediante argini, ture ecc., per consentire il normale deflusso delle acque.

Per i corsi d'acqua ampi e/o con deflusso significativo di acqua, i lavori verranno eseguiti per tratti successivi. In questo caso anche gli interventi temporanei di deviazione del flusso verranno adattati nel corso dei lavori, con lo scopo di operare sempre nelle condizioni favorevoli.

Al termine dei lavori, tutte le eventuali opere di deviazione e di regimentazione temporanea del deflusso idraulico verranno rimosse e sarà integralmente ripristinata la configurazione dell'alveo preesistente.

8.2.1 By-pass del flusso idrico mediante parzializzazione della sezione d'alveo

Con lo scopo di limitare le potenziali interferenze con il regime idraulico del corso d'acqua, si procede operativamente per "fasi chiuse" (ossia scavo, posa condotta e rinterro), considerando dei tratti successivi di lunghezze non superiori alla semilarghezza dell'alveo del corso d'acqua.

Preliminarmente alla fase di scavo verranno realizzati, ove necessario, degli interventi temporanei di deviazione del flusso idraulico, che verranno adattati nel corso dei lavori, con lo scopo di operare sempre nelle condizioni favorevoli. Tali interventi di by-pass, realizzati mediante argini e/o ture ecc., assicureranno il normale deflusso delle acque.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 80 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

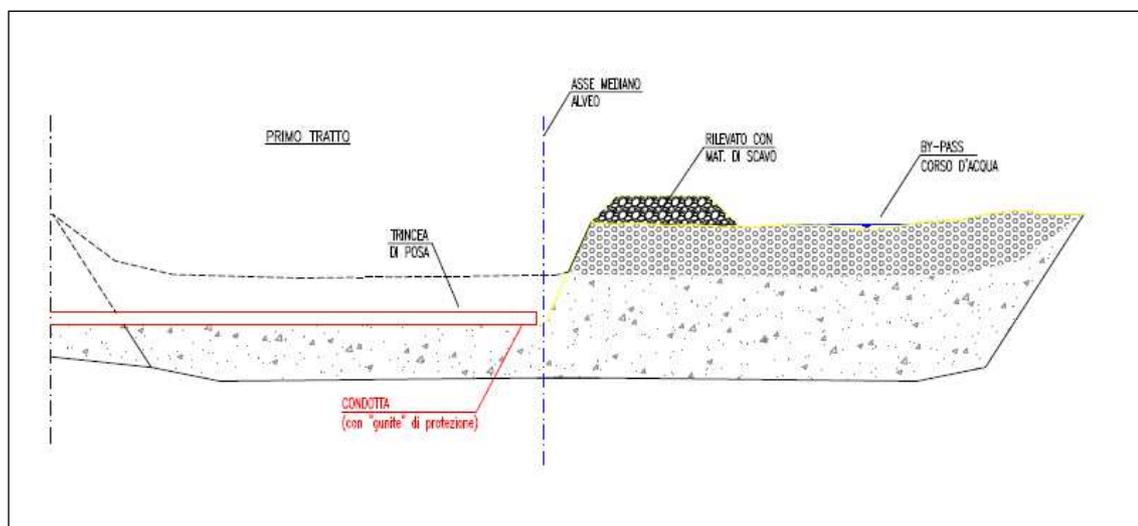


Figura 8.2/A – Esempio di parzializzazione della sezione del corso d’acqua

Tale procedura prevede che si completi per ogni tratto le varie fasi connesse alla posa della condotta, prima dell’inizio del tratto successivo, eseguendo dunque in progressione lo scavo, la posa della condotta e i rinterri.

Il normale deflusso delle acque del corso d’acqua sarà comunque garantito nella restante parte della sezione d’alveo (seppur parzializzata).

Ultimate tutte le varie fasi connesse alla posa nel primo tratto, si passerà ad eseguire le medesime fasi operative per il tratto successivo.

Al termine dei lavori, tutti gli interventi di deviazione e di regimentazione temporanea del deflusso idraulico verranno rimossi e sarà, dunque, integralmente ripristinata la configurazione dell’alveo preesistente, prevedendo il totale riutilizzo del materiale movimentato durante i lavori. Tutto il materiale provenienti dagli scavi (tout venant) verrà riutilizzato per il rinterro della trincea. Eventuali piccoli esuberanti di materiali (dovuti all’ingombro della condotta in subalveo) dovranno essere comunque ricollocati per la riprofilatura d’alveo, possibilmente colmando le eventuali depressioni localizzate individuate nell’ambito fluviale.

8.2.2 By-pass del flusso idrico mediante tombone

Per gli attraversamenti di piccoli corsi d’acqua ma con deflusso di una certa entità si procede normalmente alla preparazione fuori opera del cosiddetto “cavallotto”, che consiste nel piegare e quindi saldare le barre secondo la configurazione geometrica di progetto. Il “cavallotto” viene poi posato nella trincea appositamente predisposta e quindi rinterrato.

In caso di presenza d’acqua in alveo, durante le fasi operative si provvederà all’esecuzione di bypass provvisori del flusso idrico. Questi verranno realizzati tramite la posa di alcune tubazioni nell’alveo del corso d’acqua, con diametro e lunghezza adeguati a garantire il regolare deflusso dell’intera portata. Successivamente, realizzato il bypass, si procederà all’esecuzione dello scavo per la posa del cavallotto preassemblato tramite l’impiego di trattori posatubi (vedi figg. 8.2/B – 8.2/C).

Gli attraversamenti con scavo a cielo aperto dei corsi d’acqua con questa metodologia vengono sempre programmati nei periodi di magra per facilitare le operazioni di posa della tubazione.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 81 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Non sono comunque mai previste deviazioni dell'alveo o interruzioni del flusso durante l'esecuzione dei lavori. In nessun caso la realizzazione dell'opera comporterà una diminuzione della sezione idraulica non determinando quindi variazioni sulle caratteristiche di deflusso delle acque al verificarsi dei fenomeni di piena.

La tubazione, inoltre, in corrispondenza della sezione dell'attraversamento, al fine di garantire la sicurezza della condotta, sarà opportunamente collocata ad una maggiore profondità, garantendo una copertura minima pari a 2,5–3,0 m dal punto più depresso dell'alveo di magra.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 82 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

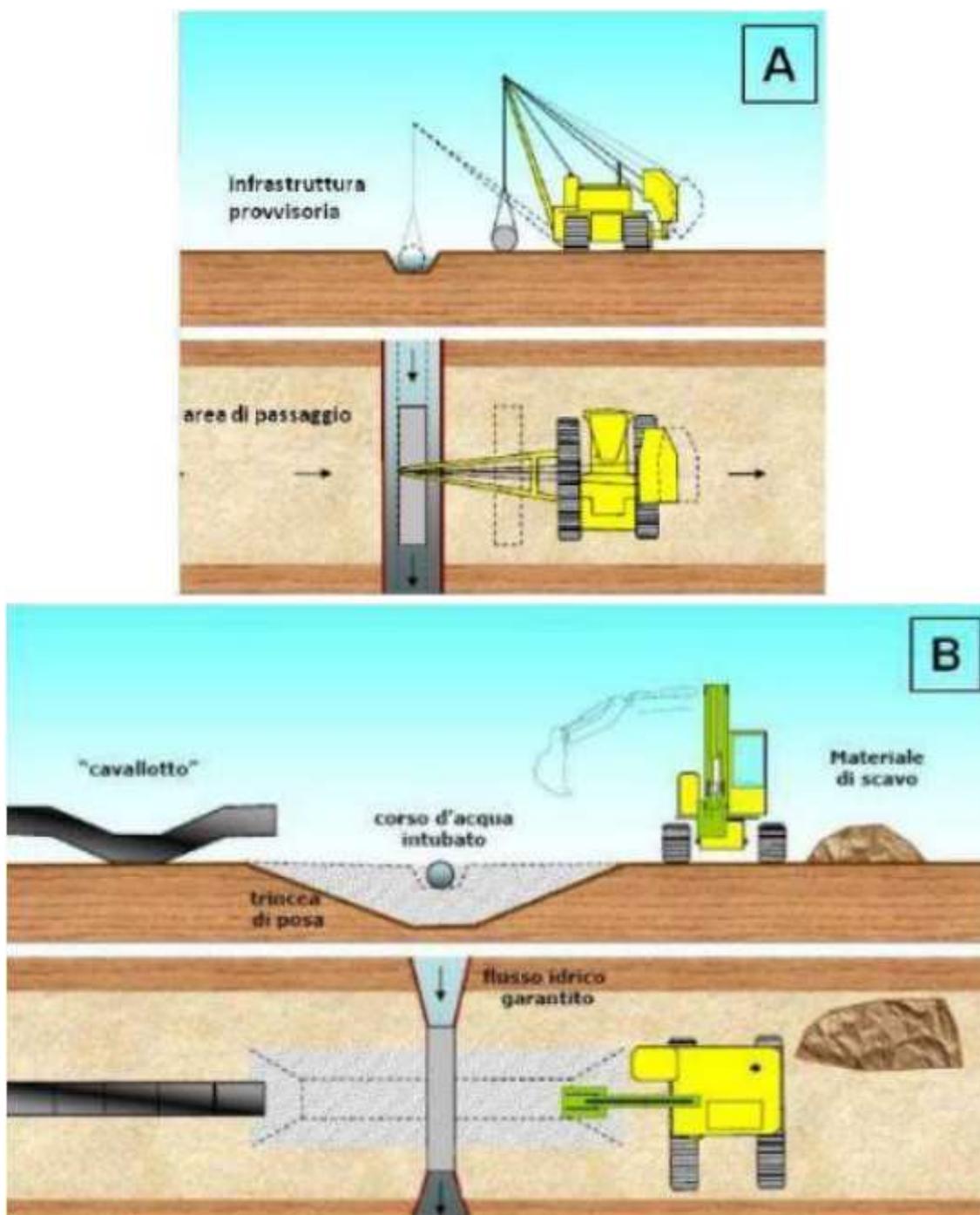


Fig. 8.2/B - Sezione tipo di un by-pass provvisorio del flusso idrico:
A. Posa del by-pass per l'incanalamento del corso d'acqua;
B. Scavo della trincea di posa a cavallo del tratto canalizzato.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 83 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

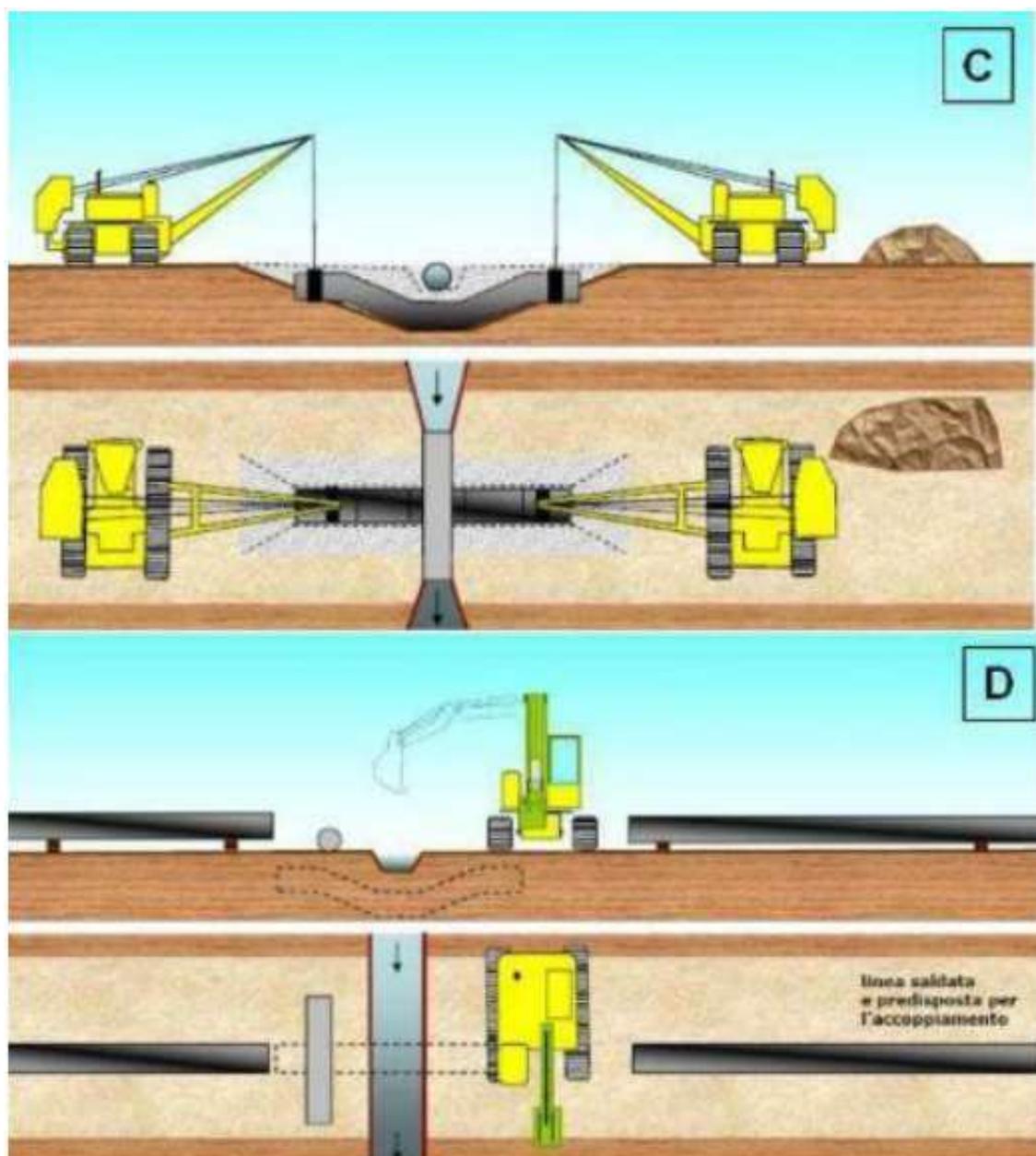


Fig. 8.2/C - Sezione tipo di un by-pass provvisorio del flusso idrico:
C. Posa del “cavallotto” preformato all’interno della trincea di posa;
D. Tombamento dello scavo, rimozione del by-pass e ripristino dell’alveo.

8.2.3 Realizzazione di guadi provvisori in alveo

Prima di iniziare le attività di scavo, viene realizzato (immediatamente a monte o immediatamente a valle della sezione di attraversamento) un guado provvisorio di passaggio sul corso d'acqua, per la costituzione della pista di lavoro (di larghezza di almeno 4.5 m). Il manufatto viene realizzato mediante l'impiego di tomboni in grado in generale di far defluire

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 84 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

adeguatamente le portate (anche di piena) del corso d'acqua. Tuttavia, si evidenzia che nel caso di manifestazione di portate di piena significative il guado provvisorio viene sormontato dalle acque, senza però garantire la transitabilità da parte dei mezzi. Si precisa che in tal caso la perturbazione idraulica, in considerazione della posizione dell'attraversamento (situato nell'alveo del corso d'acqua principale, in corrispondenza degli apporti laterali, e lontano da qualsiasi manufatto antropico) e delle caratteristiche morfologiche dell'alveo (inciso e arginato), rimangono localizzate in prossimità del guado stesso.

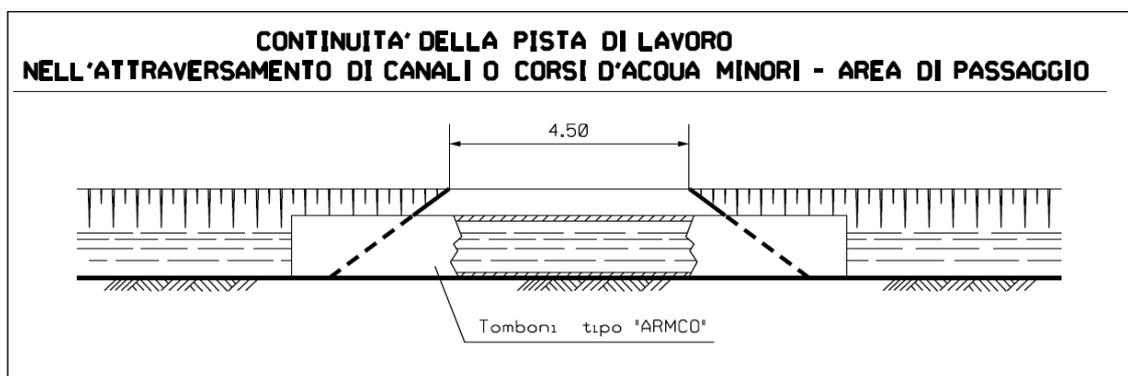


Figura 8.2/D - Disegno tipico di guado provvisorio con tomboni

Una volta ultimate le attività di posa in alveo, si procederà a rimuovere il guado provvisorio e a risagomare l'alveo, in modo da consentire il ripristino morfologico complessivo dell'ambito di intervento.

8.3 Effetti sulla qualità delle acque

Le metodologie lavorative esposte riducono e minimizzano le variazioni della corrente fluviale, che sono comunque temporanee e limitate strettamente al tempo necessario per la messa in opera (o rimozione) della condotta, senza che vi siano effetti in tempi successivi alla conclusione delle attività di lavoro.

Potendosi escludere variazioni significative sul chimismo, l'impatto sulla qualità delle acque superficiali è limitato a un possibile intorbidimento a valle del tratto interessato dai lavori, a causa della messa in sospensione, per effetto delle operazioni di scavo, dei materiali fini limoso-argillosi presenti nei sedimenti.

Si tratta di un fenomeno che avviene naturalmente in occasione dei regimi di piena. Anche in tali condizioni è un fenomeno temporaneo e reversibile.

Entrambe le metodologie di intervento descritte consentono di limitare gli effetti di intorbidamento, riducendo l'entità dello scavo in alveo, in particolare nel caso della tombatura. Considerando la natura temporanea delle attività in progetto (circoscritte alla sola fase di cantiere e della durata di alcuni giorni) e le modalità operative volte al contenimento dell'intorbidamento, l'impatto può essere considerato temporaneo e reversibile, e quindi poco significativo.

Infine, i mezzi impiegati (in gran parte escavatori) sono mantenuti in perfetta efficienza a cura dell'Appaltatore ed è pertanto da ritenersi piuttosto remota l'eventualità che il loro utilizzo possa compromettere lo stato di qualità ambientale del corso d'acqua interessato dai lavori.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 85 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

8.4 Disposizioni generali di sicurezza

Durante le fasi operative i mezzi ed il personale presenti in alveo saranno quelli strettamente necessari per l'esecuzione dei lavori, con deposito del materiale di servizio e delle attrezzature fuori dall'ambito fluviale. Ciò con lo scopo di agevolare il rapido allontanamento dei mezzi e del personale dall'ambito fluviale nel caso di una manifestazione di un evento di piena significativo. Al termine di ogni giornata lavorativa i mezzi d'opera verranno comunque collocati fuori dalla pertinenza fluviale del corso d'acqua.

In ogni caso tutte le procedure di sicurezza connesse a sistemi di preallertamento e alle disposizioni operative in caso di manifestazione di eventi di piena significative verranno stabilite nel PSC e comunque si pone particolare evidenza sulla necessità di tenersi costantemente aggiornati sulle condizioni meteorologiche, consultando il Bollettino del Centro Funzionale della Regione Liguria, e di sospendere i lavori in occasione di intense precipitazioni, anche a carattere locale.

In particolare, sarà vietato effettuare lavorazioni in alveo nelle giornate di allerta meteo per precipitazioni intense; in aggiunta, nel caso di previsione di allerta meteo per le giornate seguenti, si dovranno mettere in atto tutte le misure di sicurezza volte a limitare la possibilità di erosione in presenza di scavi aperti, anche eventualmente con la messa in opera di opere provvisorie, che in ogni caso non dovranno diminuire in maniera significativa la sezione utile di deflusso.

I tempi operativi saranno quelli strettamente necessari per lo svolgimento dei lavori, ricadenti nel periodo ottimale d'intervento individuato in considerazione delle peculiarità idrologiche stagionali del corso d'acqua.

8.5 Metodologia operativa: Microtunnel

Questa tecnologia consiste nella realizzazione di un tunnel di piccolo diametro (tra i 300 mm e fino a 3000 mm) mediante l'avanzamento controllato di uno scudo cilindrico, cui è applicato frontalmente un sistema di scavo e che consente di realizzare trivellazioni di sviluppi anche superiori ai 1000 m.

L'azione di avanzamento è esercitata da martinetti idraulici ubicati nella postazione di spinta, che agiscono sul tubo di rivestimento del tunnel (che in questo caso è di cemento armato). L'elemento principale del microtunnelling è il microtunneller che è uno scudo telecomandato munito di una fresa rotante che disgrega il materiale durante l'avanzamento. Le teste fresanti vengono scelte in funzione delle condizioni geologiche dei terreni interessati. Vi è la possibilità di combinare le varie soluzioni per ottenere teste "miste", utilizzabili in terreni che presentano nelle varie stratigrafie materiali diversi.

8.5.1 Requisiti generali del sistema costruttivo

I sistemi di trivellazione che utilizzano le tecniche del microtunnelling presentano una serie di opzioni tali da garantire sia la fattibilità esecutiva del tunnel che il mantenimento di adeguati livelli di sicurezza rispetto alla stabilità dei terreni che del tunnel stesso.

La definizione del sistema operativo da adottare riguarda sostanzialmente i seguenti elementi: tipo di fresa di perforazione, tubi di protezione in c.a., intasamento del terreno di perforazione.

- La testa fresante sarà a tenuta idraulica

E' necessario ricorrere all'uso di un sistema che preveda una fresa integrale con scudo

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 86 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

chiuso con bilanciamento della pressione sul fronte di scavo tramite fanghi bentonitici. In questo modo, in corso d'opera l'equilibrio delle pressioni sul fronte di scavo inibisce in modo sostanziale l'afflusso d'acqua verso il tunnel.

- Stazione di spinta

La potenza della stazione di spinta sarà adeguata alle previste resistenze all'avanzamento ed alle modalità e caratteristiche esecutive che verranno adottate in fase di avanzamento della trivellazione.

L'unità di spinta verrà messa a contrasto con il muro reggispinga, realizzata all'interno della postazione di partenza della trivellazione.

- Sistema di controllo dell'avanzamento della trivellazione

Sarà approntato un sistema per il controllo (durante l'avanzamento) della direzionalità del tunnel (strumentazione ottica e laser), delle potenze impiegate, della velocità di rotazione dello scudo e delle pressioni dei fanghi di perforazione.

In considerazione della precisione di esecuzione richiesta ed essendo necessario il controllo in tempo reale sulla direzionalità del tunnel, il sistema sarà dotato di adeguati strumenti computerizzati per l'elaborazione dei dati rilevati con sistemi di puntamento ottico e laser. L'operatore addetto alla verifica dovrà operare con continuità sulla consolle di comando, posizionata all'esterno della postazione di trivellazione, e tramite il sistema di puntamento laser controllerà l'andamento planimetrico ed altimetrico del tunnel realizzato.

- Tubi di rivestimento in c.a.

I tubi di rivestimento che saranno impiegati, sono anelli prefabbricati in conglomerato cementizio armato ($R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$, con armatura FeB 44K). In considerazione degli elevati standard di qualità richiesti alle tubazioni, i manufatti in calcestruzzo armato saranno prodotti in stabilimento di prefabbricazione con materiali di qualità e caratteristiche controllate e certificate e dovranno presentare resistenze garantite per le massime sollecitazioni prevedibili. Il tubo di rivestimento sarà, inoltre, a tenuta idraulica, corredato di giunti a tenuta idraulica, capaci di resistere ad una pressione $\geq 5-7 \text{ atm}$.

I manufatti, infine, saranno forniti di valvole di iniezione (almeno 3 manchettes per tubo) necessarie per eseguire nel terreno di trivellazione iniezioni fluidificanti con miscele bentonitiche durante le fasi di avanzamento ed iniezioni a base di miscele di cemento e bentonite per l'intasamento dell'intercapedine "terreno-tubo di protezione" nelle fasi finali di costruzione del minitunnel.

- Giunti di tenuta idraulica

Le giunzioni tra i tubi di rivestimento saranno di tipologia idonea per consentire la deviazione angolare del tunnel e la tenuta idraulica: l'incastro ed il centraggio tra due tubi successivi saranno garantiti mediante opportuna sagomatura dei bordi oppure con collari in acciaio annegati nel getto, la tenuta idraulica del giunto viene assicurata da anelli in gomma.

Essendo richiesta l'ispezionabilità del tunnel durante tutte le fasi costruttive del tunnel, si porranno in opera giunti di tenuta idraulica tra i conci di caratteristiche sperimentate e certificate nelle condizioni di esercizio più gravose.

- Iniezioni di intasamento "tubo di rivestimento – terreno"

Al termine delle operazioni di scavo, è richiesta l'esecuzione di iniezioni di miscele cementizie dagli ugelli predisposti lungo le pareti dei tubi di rivestimento. Le iniezioni saranno effettuate per ogni singola valvola fino al rifiuto, con numero, modalità e pressioni d'iniezione adeguate a creare, nell'intorno del tubo, una zona di terreno completamente intasata e a bassa permeabilità.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 87 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

L'intasamento idraulico delle cavità tra tubo e terreno, riduce la filtrazione che può verificarsi lungo il contatto tra tubo di rivestimento e terreno in corso di realizzazione dell'opera.

- Sistema di evacuazione del materiale di scavo (slurry)

L'evacuazione dal fronte scavo del terreno frantumato verrà effettuato in sospensione per mezzo del circuito idraulico di alimentazione e recupero del fluido di perforazione (slurry). Il sistema deve quindi essere provvisto di un'unità di dissabbiatura o di una vasca di decantazione per la separazione del terreno di scavo dal fluido di perforazione.

- Impianto di produzione dei fanghi di perforazione

Verrà predisposto in cantiere un impianto di produzione di fanghi bentonitici necessari per il sostegno del fronte di scavo, per la lubrificazione della superficie di contatto tra tubo di protezione e terreno e per il trasporto in sospensione del terreno scavato.

L'impianto di produzione sarà dotato di un'unità di miscelazione ad alta turbolenza per la preparazione della miscela, un dosatore a funzionamento automatico, silos di stoccaggio, vasca di dissabbiatura e/o decantazione, circuito idraulico dello slurry e di pompe di ricircolo di potenza adeguata.

- Iniezioni di fluidificazione in corso di avanzamento

Le iniezioni di fluidificazione per abbattere le resistenze all'avanzamento dovranno essere effettuate con cadenza, quantità e caratteristiche reologiche della miscela in modo da evitare plasticizzazioni anomale del terreno di trivellazione.

- Sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento

La sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento sarà eseguita dall'interno del tunnel successivamente alle operazioni di avanzamento, con malta di cemento ad alta resistenza in modo da ottenere una superficie interna del tunnel perfettamente liscia e priva di risalti con lo scopo di realizzare un'ulteriore garanzia di tenuta dei giunti nei confronti di possibili fenomeni di filtrazione, in aggiunta a quella strutturale del giunto.

- Intasamento interno del tunnel

Terminate le operazioni di varo ed eseguito il collegamento di linea delle condotte, dovrà essere realizzato il riempimento dell'intercapedine tra tubo di linea e tubo di rivestimento tramite idonee miscele, con lo scopo di saturare l'intercapedine stessa e impedire la formazione di flussi idrici all'interno del tubo di rivestimento ed eliminare la camera d'aria altrimenti presente tra tubo di linea e pareti del tunnel. Le miscele impiegate possono essere: conglomerati cementizi additivati e/o alleggeriti oppure miscele di tipo bentonitico.

8.5.2 Fasi operative

Di seguito viene fornita la descrizione delle principali fasi operative per la costruzione del microtunnel e la messa in opera, al suo interno, delle condotte in acciaio.

Fasi Operative:

- Impianto cantiere;
- Esecuzione delle postazioni di estremità;
- Esecuzione della trivellazione;
- Varo delle condotte;
- Collaudo delle condotte;
- Posa dei cavi;
- Intasamento interno del tunnel;
- Ripristini.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 88 di 124	Rev. 1	

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Impianto cantiere

Il cantiere sarà costituito da due aree di dimensioni adeguate, ubicate in corrispondenza dei pozzi di spinta e di arrivo.

Esecuzione delle postazioni di estremità

Prima dell'installazione delle apparecchiature relative alla realizzazione del tunnel, si procederà alla costruzione del pozzo di spinta. La postazione di arrivo sarà realizzata prima dell'ultimazione della trivellazione (di cui al punto seguente).

Le metodologie realizzative dipendono dalle caratteristiche geomeccaniche dei terreni e dalla presenza della falda. I pozzi (postazione di trivellazione e di recupero) saranno di dimensioni adeguate ad effettuare tutte le lavorazioni occorrenti per la realizzazione del minitunnel e per essere equipaggiati con tutti gli impianti a corredo del sistema di trasporto. Saranno realizzate strutture di contenimento verticali adeguate a resistere a tutte le sollecitazioni esterne (spinta delle terre, spinta idrostatica, pressione della stazione di spinta principale e sovraccarichi al piano campagna). In particolare, nella realizzazione dei pozzi, dovendo essere realizzati sottofalda, saranno adottate tipologie strutturali che garantiscano la tenuta idraulica.

Esecuzione della trivellazione

La trivellazione sarà eseguita con una fresa a scudo chiuso con il bilanciamento della pressione sul fronte di scavo. Le caratteristiche tecniche del sistema costruttivo sono state descritte nel paragrafo precedente.

Nelle figure seguenti si riportano rispettivamente uno schema di trivellazione, a partire dalla postazione di trivellazione ed uno esempio di scudo a bilanciamento di pressione.

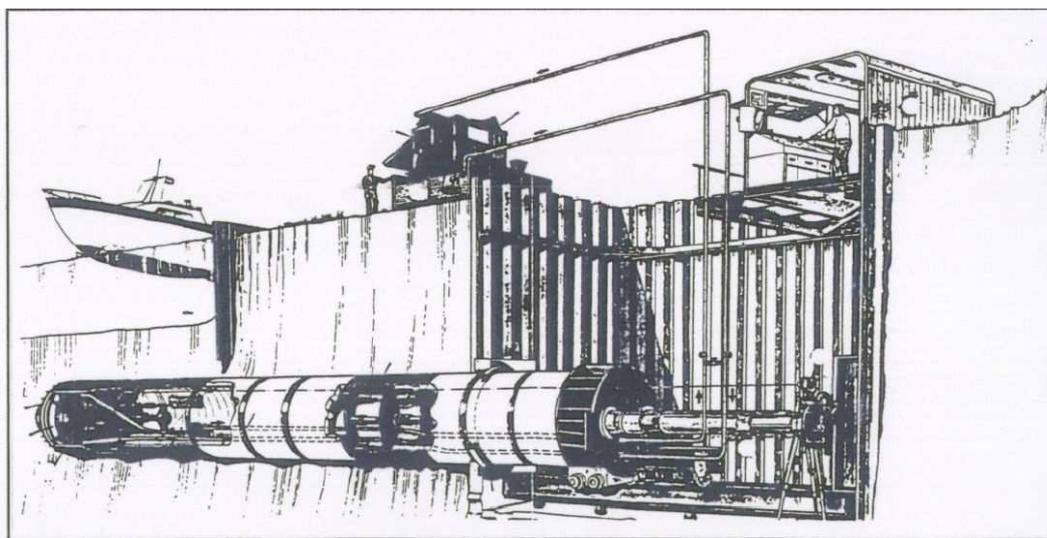


Figura 8.5/A: Schema del sistema di trivellazione con microtunnel

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 89 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

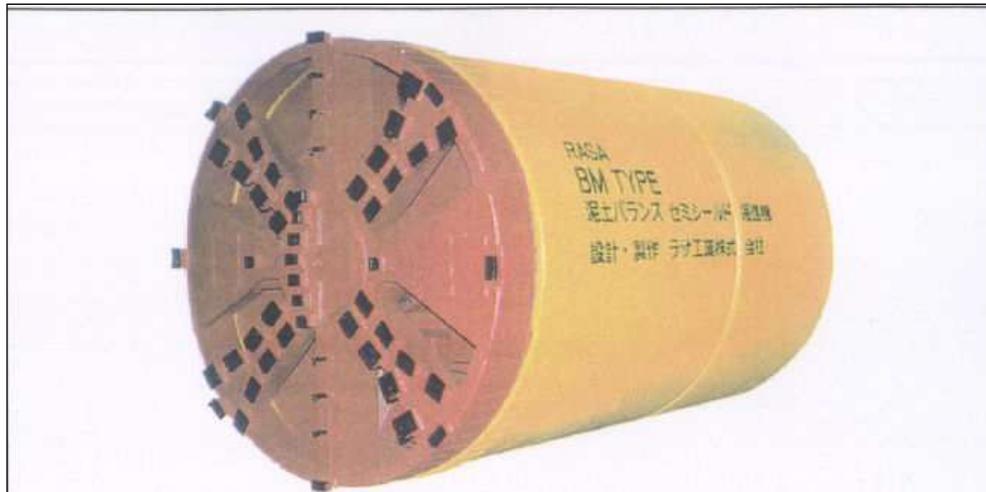


Figura 8.5/B: Scudo con bilanciamento pressione meccanica del terreno (microtunneller)

Varo delle condotte

Ciascuna condotta potrà essere collocata dentro il microtunnel con due metodologie:

- 1) *Varo dell'intera colonna in unica soluzione*
- 2) *Varo con inserimento progressivo delle singole barre*

Al fine di evitare lo strisciamento tra la condotta ed il fondo del tunnel e diminuire l'attrito radente che si sviluppa tra le due superfici verranno applicati alla condotta opportuni collari distanziatori costituiti da materiali in grado di resistere all'usura (collari RACI in PEAD rinforzato e/o in malta poliuretanicca gettati in opera).

- *Varo dell'intera colonna in unica soluzione*

La colonna di varo potrà essere predisposta rispettando la geometria di progetto.

La lunghezza della colonna di varo sarà formata da singoli tronconi che verranno assiemati man mano che le operazioni di infilaggio progrediranno.

La scelta della posizione e della lunghezza della colonna sarà fatta in funzione alla disponibilità di spazio e alle scelte operative dell'appaltatore.

In testa alla colonna di varo verrà saldata una testata di tiro alla quale, mediante un sistema di pulegge, verrà collegato il cavo in acciaio per il tiro. Dal lato opposto della colonna un argano, ovvero un sistema di martinetti, produrrà il tiro necessario all'infilaggio della condotta nel tunnel.

Lungo la colonna sarà disposto un sufficiente numero di mezzi di sollevamento che aiuteranno la condotta sia ad assumere la geometria elastica di varo prevista in progetto che le operazioni di infilaggio.

- *Varo con l'inserimento progressivo delle singole barre*

La scelta della posizione per il varo sarà fatta in funzione alla disponibilità di spazio e alle scelte operative dell'appaltatore.

Le singole barre verranno calate una alla volta nel pozzo con l'ausilio di trattori posatubi e qui assiemate mediante saldatura di testa.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 90 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

L'inserimento nel tunnel avverrà perciò progressivamente grazie al tiro di un argano, posizionato nel pozzo opposto a quello di varo, collegato con un cavo in acciaio alla testata di tiro saldata sulla prima barra.

Le saldature del tratto di condotta in attraversamento saranno tutte controllate ad ultrasuoni ed accompagnate dal certificato di idoneità rilasciato dall'Istituto Italiano della Saldatura.

La condotta sarà protetta con:

- una protezione passiva esterna costituita da un rivestimento in polietilene estruso ad alta densità applicato in fabbrica dello spessore minimo di mm 3 ed un rivestimento interno in vernice epossidica.
- i giunti di saldatura saranno rivestiti in linea con fasce termorestringenti;
- una protezione attiva (catodica) attraverso un sistema di correnti impresse con apparecchiature poste lungo la linea.

Collaudo idraulico delle condotte

Il tratto di ciascuna condotta interessato dall'attraversamento sarà sottoposto a prove di collaudo. In generale saranno prove idrauliche in opera con una pressione pari a 1,2 volte la pressione massima di esercizio.

La pressione di prova idraulica sarà controllata con manometro registratore. Il risultato della prova idraulica sarà verbalizzato.

Posa dei cavi

Insieme alle condotte, verranno collocati i vari cavi nell'ambito dei relativi alloggiamenti predisposti.

Ripristini

Al termine delle operazioni di intasamento interno del tunnel e del collegamento di linea (con i tratti già posati a monte e a valle dell'attraversamento), si procederà al ritombamento dei pozzi e allo sgombero delle aree di lavoro e al loro ripristino per la restituzione delle aree alle normali attività agricole.

8.6 Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo

Qui di seguito viene affrontato il problema della stabilità dei terreni rispettivamente nella configurazione transitoria nel corso di esecuzione dei lavori e a lungo termine, successiva al completamento dei lavori.

Stabilità per "filtrazione" in corso di esecuzione dei lavori

L'instabilità per filtrazione lungo una traiettoria preferenziale a permeabilità elevata rispetto al terreno può avvenire ogni qualvolta si verifica una repentina dissipazione del carico idraulico. Ciò si verifica quando nel "tubo di flusso" le perdite di carico idraulico sono piuttosto elevate, come nel caso di una trivellazione a "sezione aperta" dove può aversi un flusso all'interno del tubo di protezione oppure, nel terreno di trivellazione, qualora siano presenti "scavernamenti" lungo la trivellazione stessa.

Relativamente ai lavori d'interesse la tecnica adottata elimina tali rischi, presenti per alcune metodologie di scavo sottofalda, legati a possibili fenomeni di filtrazione lungo il foro di trivellazione. Con tale tecnica, infatti, è possibile un bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche consentendo di operare con un sistema "chiuso" a tenuta idraulica. Infatti:

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 91 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

- la fresa presente sul fronte scavo è a sezione piena;
- l'allontanamento del terreno di perforazione avviene internamente al tubo di protezione con l'utilizzo di un apposito sistema idraulico. La quantità di terreno scavato è in rapporto costante con l'avanzamento del tunnel;
- Il tubo di rivestimento in c.a. che spinge la fresa assicura, puntualmente ed in ogni istante, il sostegno dello scavo ed il bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche (giunti a tenuta idraulica);
- I pozzi di spinta e di recupero, da realizzare con manufatti in c.a., saranno a tenuta idraulica. In particolare, l'anello di neoprene di tenuta idraulica presente sulla parete del pozzo di trivellazione consente il progressivo inserimento dei conci in c.a. impedendo eventuali flussi localizzati, in prossimità della parete esterna del tubo di protezione, verso il pozzo di spinta.

Come già accennato, la metodologia adottata è anche in grado di garantire un'ideale tenuta della zona di contatto terreno-tubazione nei riguardi di eventuali moti di filtrazione preferenziali.

La lubrificazione del terreno a contatto con il rivestimento mediante un circuito esterno di fanghi, che consente di ridurre in maniera sensibile le resistenze laterali all'avanzamento, e la particolare configurazione del sistema di giunzione, che garantisce assenza di sovraincumbri dei giunti nei confronti del diametro esterno del tubo di protezione in c.a., fanno venire meno la necessità di procedere ad un sovracarotaggio del foro rispetto al tubo di protezione ottenendosi così il diametro del foro praticamente coincidente con quello della tubazione di rivestimento.

Stabilità per "filtrazione" a lungo termine

Le motivazioni espresse sulla stabilità alla filtrazione durante le fasi operative sono a maggior ragione valide per la configurazione finale dell'opera.

Si è già detto che la metodologia minimizza le deformazioni plastiche nel terreno e le conseguenti alterazioni delle caratteristiche di permeabilità: la sua rottura viene ottenuta per rotazione e non per taglio avendosi così una sorta di aderenza tra il rivestimento e il terreno (l'utilizzo dei fanghi bentonitici e la possibilità di bilanciare le pressioni esterne contribuiscono a minimizzare l'alterazione dello stato tensionale preesistente nel terreno).

Una garanzia rispetto ai fenomeni di filtrazione in sub-alveo è insita nella configurazione geometrica del tunnel stesso. Infatti, nel corso della sua definizione geometrica è stata privilegiata la geometria di progetto che, interessando terreni posti ad "elevate profondità", soddisfa sostanzialmente ai seguenti criteri di sicurezza:

- le elevate profondità di posa del tunnel (min. 5 m) presuppongono percorsi preferenziali di filtrazione lungo il suo profilo molto più lunghi di quelli che si avrebbero naturalmente (in assenza del tunnel); inoltre, mettono al sicuro l'opera dalle massime erosioni attese al fondo alveo in concomitanza dell'evento di piena di progetto (circa 2 m);

Viene inoltre introdotto un ulteriore grado di sicurezza, a garanzia della stabilità dell'insieme, riutilizzando lo stesso impianto già adoperato per le iniezioni in fase di avanzamento. Al termine dei lavori di trivellazione, il terreno prossimo al tubo di protezione viene "intasato" iniettando a bassa pressione una miscela di acqua, bentonite e cemento.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 92 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tali iniezioni hanno lo scopo di escludere, per ogni evenienza, l'instaurarsi di un flusso preferenziale lungo l'asse di trivellazione. Si ottiene così, nell'intorno del foro, un terreno a permeabilità sicuramente inferiore rispetto al terreno in posto.

L'esecuzione di tali iniezioni è prevista lungo tutto lo sviluppo longitudinale della trivellazione. Le due estremità del tunnel verranno sigillate con setti in c.a., in corrispondenza dei due pozzi (di spinta e di recupero). Quest'ultimi, al termine dei lavori, verranno riempiti con terreni a bassa permeabilità opportunamente costipati.

8.7 Modalità di dismissione del metanodotto esistente

Ultimata la messa in esercizio della condotta principale DN 650 (26") e delle linee secondarie del progetto, verranno avviate le attività di dismissione delle linee principali e secondarie esistenti di diversi diametri. Le opere da dismettere e rimuovere sono costituite da un sistema di condotte formate da tubi in acciaio collegati mediante saldatura, che rappresenta l'elemento principale del sistema di trasporto e da una serie di impianti atti a garantire l'operatività della struttura e l'intercettazione della condotta.

La rimozione delle tubazioni esistenti e delle opere ad esse connesse prevede l'esecuzione di fasi sequenziali di lavoro che permettono di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea da rimuovere, avanzando progressivamente nel territorio.

In generale, saranno rimosse tutte le tubazioni, gli impianti e gli attraversamenti esistenti, nell'ottica di non lasciare alcun residuo dell'infrastruttura dismessa.

Nel caso dei tratti interessati dalle interferenze idrauliche, si provvederà alla rimozione mediante scavo a cielo aperto e successivo ripristino.

I lavori prevedono le seguenti fasi:

- **Bonifica tubazione**
La bonifica della tubazione sarà ottenuta attraverso l'impiego di eiettori o di gas inerti (azoto) in pressione.
- **Pista di lavoro/Accessi**
Per raggiungere le postazioni si utilizza generalmente la "pista di lavoro" realizzata per la realizzazione della nuova condotta nei punti di connessione. La pista di lavoro sarà utilizzata anche per il deposito provvisorio dei materiali di scavo.
- **Scavo**
Nelle aree golenali sarà eseguito, per il tratto da rimuovere, lo scavo di una trincea ("buca") per la messa a giorno del metanodotto. Gli scavi saranno eseguiti, in modo da non interferire con l'ambito fluviale e da ridurre al minimo i movimenti terra. Gli scavi saranno mantenuti asciutti e messi in sicurezza, dove necessario, anche con adeguate opere di contenimento temporanee.
- **Taglio della tubazione, bonifica e saldatura dei fondelli (condotta lasciata in situ)**
La tubazione sarà tagliata in corrispondenza delle trincee di scavo per agevolare le operazioni di rimozione. Si saldano, quindi, dei tappi di chiusura in acciaio (fondelli), uno a monte ed uno a valle del tratto. Questi saranno provvisti di aperture che avranno la

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 93 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

funzione di garantire la fuoriuscita dell'aria su un lato e permettere la messa in opera della miscela cementizia sull'altro.

- Inertizzazione della condotta (condotta lasciata in situ)
La condotta sarà completamente intasata con idonee miscele cementizie o bentoniche a bassa resistenza. Il corretto intasamento sarà ottenuto attraverso l'impiego di apposite pompe (es. pompe peristaltiche).
- Ripristini
A conclusione dei lavori sarà eseguito il rinterro della trincea e tutti i movimenti terra necessari per garantire il corretto ripristino morfologico delle aree interessate dai lavori.

8.8 Geometria delle condotte ed interventi di ripristino

Dislocazione planimetrica della condotta

In ragione delle condizioni individuate in sito, negli attraversamenti e/o percorrenze dei corsi d'acqua, si è deciso di posizionare il tracciato del metanodotto con la tecnica del microtunnel piuttosto che con quella degli scavi a cielo aperto.

Nel primo caso, la definizione geometrica del tunnel (e quindi della condotta), viene effettuata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo del minitunnel e della condotta. È necessario, infatti, assicurare adeguate profondità del cavo al di sotto dell'alveo rispettando allo stesso tempo i raggi di curvatura minimi consentiti dalla tubazione di linea, sia in termini di sollecitazioni indotte nel terreno che nei riguardi delle operazioni di varo della condotta.

Nel secondo caso, la copertura d'alveo verrà mantenuta adeguata anche per i tratti di percorrenza della regione fluviale interessati dai deflussi di piena.

Opere di presidio idraulico

Relativamente ai tratti di sviluppo delle interferenze d'alveo (attraversamenti e/o percorrenze) si è cercato di minimizzare il numero di opere di presidio idraulico "fuori terra". Ciò con lo scopo di evitare di introdurre dei manufatti che in qualche modo potessero interferire con il regime idraulico naturale del corso d'acqua. Pertanto, le condizioni di sicurezza della condotta vengono affidate ai valori di copertura in subalveo, di cui al punto seguente.

L'unica opera di una certa rilevanza prevista in progetto negli ambiti in esame è rappresentata da una scogliera in massi naturali, con sviluppo lineare di circa 80 m, da realizzare in prossimità del terzo attraversamento in subalveo del fiume Bormida, tronco di Spigno, area classificata a pericolosità da alluvione media ed elevata (P2 e P3) nel PGRA.

Detta opera è finalizzata sia alla protezione della nuova condotta, in un tratto a repentino cambio di pendenza, sia del piede del versante collinare ed assume la funzione di presidio idraulico della sponda stessa.

Nella figura seguente è riportata la posizione planimetrica della scogliera prevista in progetto, individuata nell'elaborato cartografico PG-PAI-D-11420. Per le caratteristiche tipologiche e dimensionali dell'opera, si rimanda invece alla visione dell'elaborato grafico standard di progetto STD-D-11850.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 94 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

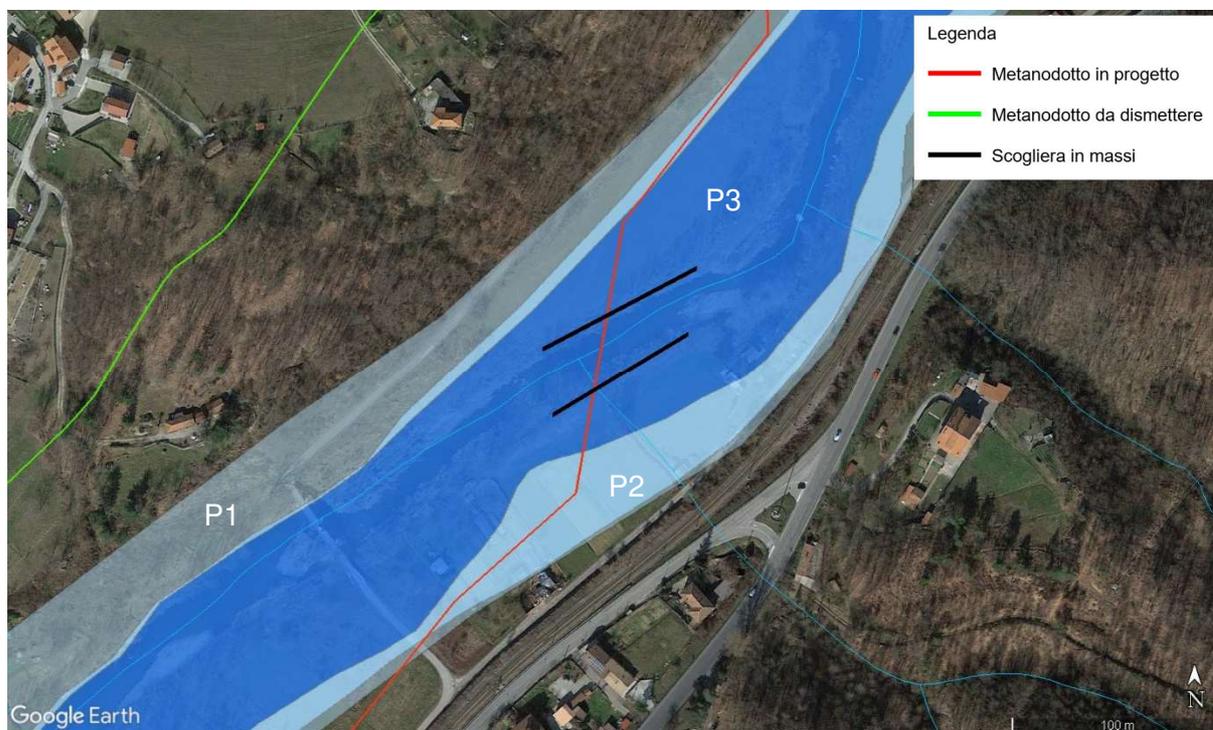


Figura 8.8 – Immagine aerea con indicazione dell'ubicazione della scogliera in massi, in corrispondenza del 3° attraversamento del fiume Bormida, tronco di Spigno

Per il resto, ove necessario un presidio idraulico, si farà ricorso a semplici rivestimenti spondali in massi (STD-D-11849) o alla ricostruzione dell'alveo in massi (STD-D-11852).

Copertura di progetto

Relativamente al profilo di posa delle condotte in progetto in corrispondenza degli attraversamenti in subalveo in esame sul fiume Bormida, in considerazione dei risultati agli studi precedentemente riportati e delle condizioni peculiari rilevate nel contesto d'intervento, è stato previsto di posizionare le nuove condotte con una copertura minima in alveo di 5.0 m (riferita alla profondità della generatrice superiore del tubo nei confronti della quota minima di fondo alveo), salvo nei profili di risalita. Tale copertura è stata definita in modo tale da assicurare, anche in caso di erosione massima dovuta ad eventi estremi (2,5-3 m), un ricoprimento minimo sulle condotte superiore ai due metri.

Detta scelta progettuale mira a garantire la sicurezza delle condotte nei confronti dei fenomeni erosivi e, contestualmente, non ostacolare i naturali processi inerenti la dinamica fluviale di quel tratto. Infatti, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è stata stabilita anche in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua ed è tale da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, di difesa spondale, di stabilizzazione del fondo alveo, ecc.) né tantomeno compromettere gli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico previsti nel Piano di Bacino (Rif. [2], paragrafo 22.8.1.2).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 95 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

La copertura minima per gli attraversamenti dei corsi d'acqua minori, o degli allacciamenti, in ragione delle condizioni individuate in sito e alle valutazioni condotte, è stata ridotta a valori dell'ordine dei 3,0-4,0 m, come riportato in tabella 3.5/B a pag.30.

Interventi di ripristino

Gli unici interventi in progetto sono quelli relativi al ripristino della configurazione morfologica d'alveo preesistente. Tutto il materiale proveniente dagli scavi (tout venant) verrà riutilizzato per il rinterro della trincea. Eventuali piccoli esuberanti di materiali (dovuti all'ingombro della condotta in subalveo) dovranno essere comunque ricollocati per la riprofilatura d'alveo, possibilmente colmando le eventuali depressioni localizzate individuate nell'ambito fluviale.

8.9 Impianti e punti di linea

Per quanto attiene le nuove linee, il progetto prevede, oltre agli accessori funzionali quali armadietti per apparecchiature di controllo e per la protezione catodica, cavi di telecomando e telecomando, sfiati delle opere di protezione e cartelli segnalatori, la realizzazione dei seguenti punti di linea:

Punti di intercettazione

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;
- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l'interconnessione con altre condotte, sia l'alimentazione di condotte derivate dalla linea principale;

I punti di intercettazione sono costituiti da tubazioni interrato, ad esclusione della tubazione di scarico del gas in atmosfera (attivata, eccezionalmente, per operazioni di manutenzione straordinaria e durante le operazioni di allacciamento delle condotte derivate) e della relativa struttura di sostegno. Gli impianti comprendono, inoltre, valvole di intercettazione interrato e apparecchiature per la protezione elettrica della condotta.

Le valvole di intercettazione di linea saranno motorizzate per mezzo di attuatori fuori terra e manovrabili a distanza mediante cavo telecomando, interrato a fianco della condotta, e/o tramite ponti radio con possibilità di comando a distanza (telecontrollo) per un rapido intervento di chiusura. Le valvole di intercettazione saranno telecontrollate dalla Centrale Operativa Snam Rete Gas di San Donato Milanese.

La collocazione di tutti gli impianti è prevista, per quanto possibile, in vicinanza di strade esistenti dalle quali verrà derivato un breve accesso carrabile. Ove non è possibile soddisfare questo criterio, si cerca, per quanto possibile, di utilizzare l'esistente rete di viabilità minore, realizzando, ove necessario, opere di adeguamento di tali infrastrutture, consistenti principalmente nella ripulitura e miglioramento del sedime carrabile, attraverso il ricarico con materiale inerte, e nella sistemazione delle canalette di regimazione delle acque meteoriche.

Nello specifico, il progetto, per l'ambito territoriale afferente al Distretto dell'Appennino Settentrionale, prevede la realizzazione dei seguenti impianti e punti di linea:

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 96 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Punto di Intercettazione di Linea PIL n. 1

Si tratta di un impianto (PIL) telecomandato ubicato in località “Via Tecnomaso” a monte (rispetto alla costa) dell’attraversamento della ferrovia, in comune di Vado Ligure.

Impianto di Intercettazione di Linea PIL n. 2

Si tratta di un impianto (PIL) telecomandato ubicato in località “Via Fiume” a valle (rispetto alla costa) dell’attraversamento della ferrovia, in comune di Quiliano.

Impianto PDE

Si tratta di un impianto ex-novo, ubicato nel comune di Quiliano in località Casina, dove è prevista sia la trappola di arrivo del nuovo metanodotto “Allacciamento FRSU Alto Tirreno (tratto a terra) DN 650 (26”), DP 100 bar”, sia la trappola di partenza del nuovo metanodotto “Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar”; all’interno di tale area sono previste le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar.

Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30”), DP 75 bar

Impianto di intercettazione di derivazione importante PIDI n. 1

Si tratta di un impianto di interconnessione con il met. “Cairo Montenotte-Savona DN 300 (12”) e regolazione della pressione da 75 bar a 64 bar, telecomandato ubicato in località “Carbonea”; in comune di Quiliano.

Per l’ambito territoriale afferente al Distretto del fiume Po, il met. Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti, DN 750 (30”), prevede la realizzazione dei seguenti impianti e punti di linea:

Punto di Intercettazione di Derivazione Semplice PIDS n.1.1 e Punto di Intercettazione con Discaggio di Allacciamento PIDA n. 1.1.1

Si tratta di un Punto di Intercettazione di Derivazione Semplice (PIDS) ubicato in località “Castellaro” dal quale si stacca l’allacciamento Bormioli DN 100 (4”). Su questo allacciamento è previsto il Punto di Intercettazione con Discaggio di Allacciamento (PIDA) per la Rete 2i Gas Altare DN 100 (4”).

Punto di Intercettazione di Derivazione Importante PIDI n. 2

Si tratta di un impianto (PIDI) telecomandato ubicato in località “Vispa” dal quale si stacca il collegamento all’Impianto di regolazione di Carcare; per i particolari si rimanda all’allegato grafico MI-I-D-11505.

Punto di Intercettazione di Derivazione Semplice PIDS n. 2.1

Si tratta di un impianto (PIDS) telecomandato ubicato in località “Pian Cereseto” dal quale si stacca l’allacciamento IREN Ambiente e Ferrania DN 100 (4”).

Punto di Intercettazione di Linea PIL n. 3

Si tratta di un impianto (PIL) telecomandato ubicato in località “Moncaviglione” a valle dell’attraversamento della ferrovia; per i particolari si rimanda all’allegato grafico MI-I-D- 11506.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 97 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Punto di Intercettazione di Derivazione Importante PIDI n. 4

Si tratta di un impianto (PIDI) telecomandato ubicato in località “Bragno” a valle dell’attraversamento della ferrovia. Dall’Impianto si stacca anche il collegamento all’HPRS di Bragno. Per i particolari si rimanda all’allegato grafico MI-I-D-11507.

Punto di Intercettazione di Derivazione Importante PIDI n. 5

Si tratta di un impianto (PIDI) telecomandato ubicato in località “Vesima” a valle dell’attraversamento della ferrovia. Dall’Impianto si stacca l’allacciamento a Liguria Gas. Per i particolari si rimanda all’allegato grafico MI-I-D-11508.

Punto di Intercettazione di Derivazione Importante PIDI n. 6

Si tratta di un impianto (PIDI) telecomandato ubicato in località “Casa Rossa” a valle dell’attraversamento ferroviario. Dall’Impianto si stacca il collegamento all’Allacc. Comune di Cairo Montenotte. Per i particolari si rimanda all’allegato grafico MI-I-D-10509.

Impianto di interconnessione/regolazione in loc. Chinelli

Si tratta di un impianto ex-novo, ubicato nel comune di Cairo Montenotte in loc. Chinelli, dove è previsto sia la trappola di arrivo del nuovo metanodotto “Collegamento dall’impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30)”, DP 75 bar” sia la trappola di partenza a monte del collegamento con il met. “Cairo Montenotte - Savona DN 300 (12)”. È prevista anche la interconnessione di entrambi con il met. Ponti-Cosseria DN 750 (30”) e regolazione della pressione da 75 bar a 64 bar. Per i particolari si rimanda all’allegato grafico MI-I-D-11510.

Dalla linea in progetto sono previsti i collegamenti agli allacciamenti esistenti di seguito elencati:

- Ricollegamento ad allacc. Bormioli DN 100 (4”)
- Rifacimento allacc. 2i Rete Gas DN 100 (4”)
- Ricollegamento ad Impianto di regolazione di Carcare (SV) DN 500 (20”)
- Ricollegamento DN 100 (4”) per allacc. IREN Ambiente e Ferrania
- Ricollegamento DN 200 (8”) per allacc. Cartiere Carrara e Zincol Ossidi
- Ricollegamento a cabina di riduzione di Bragno DN 100 (4”)
- Nuovo allacc. Liguria Gas DN 100 (4”)
- Nuovo stacco per Comune di Cairo Montenotte DN 100 (4”)

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 98 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

9 VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA

9.1 Generalità

Il territorio interessato dai tracciati dello studio in oggetto ricade nei comuni di Altare, Carcare, Cairo Montenotte.

L'ambito specifico in esame (collocato all'interno del territorio dell'ex Autorità di Bacino del fiume Po) ricade nelle pertinenze territoriali dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po.

Per la progettazione dell'opera si è fatto riferimento al 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.

Per le analisi di compatibilità si è fatto riferimento agli strumenti di pianificazione territoriale di settore trattati al precedente capitolo 3.

9.2 Interferenze con aree a pericolosità idraulica

Negli ambiti di attraversamento e/o percorrenza in esame s'individuano delle interferenze sia con le perimetrazioni del PAI, che con quelle del PGRA (le quali, come estensione, ricalcano quelle del PAI con le aree interessate dall'alluvione del 2016).

Nelle figure seguenti è riportato uno stralcio planimetrico dal quale si può individuare l'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto con l'alveo del corso d'acqua e con le aree inondabili censite dal PAI, come recepite dal PGRA (riportate mediante campiture semi-trasparenti con varie tonalità).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 99 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar

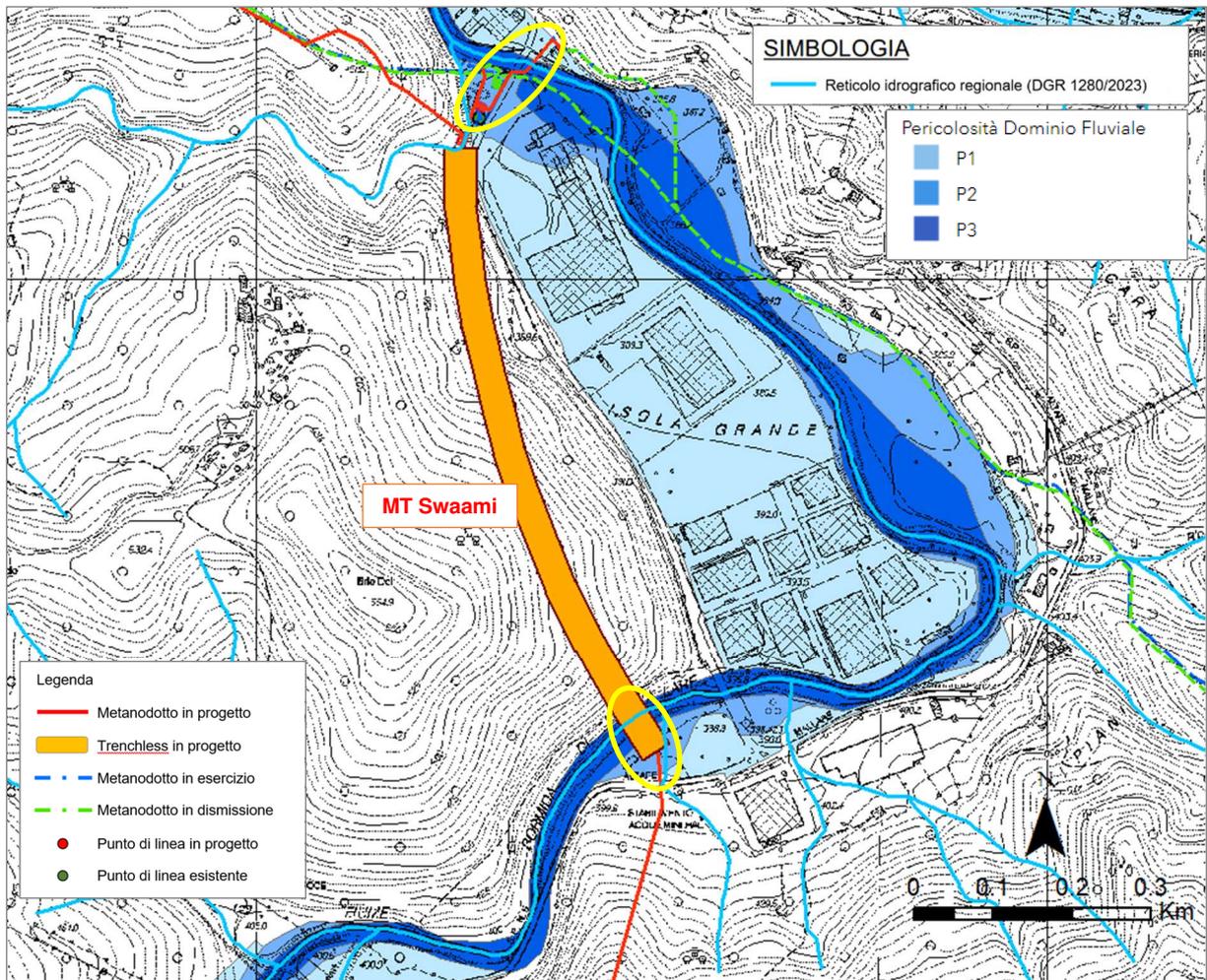


Fig.9.2/A: Fasce di inondabilità del PGRA interferite dal metanodotto DN 750 (30"). Fiume Bormida di Mallare, 1° attraversamento

Come si può vedere nella figura precedente, il tracciato del metanodotto in progetto attraversa pressoché ortogonalmente con metodologia trenchless l'alveo del corso d'acqua e le tre aree censite dal PGRA, ivi sovrapposte: aree inondabili con tempo di ritorno di 500 anni (P1 – Pericolosità idraulica bassa), aree inondabili con tempo di ritorno di 200 anni (P2 – Pericolosità idraulica media) e aree inondabili con tempo di ritorno di 50 anni (P3 – Pericolosità idraulica elevata).

L'interferenza del tracciato ha inizio nelle aree golenali in destra idrografica, con la metodologia degli scavi a cielo aperto, in aree classificate a pericolosità da alluvione P1-P2, dove è anche localizzato il pozzo di spinta del microtunnel.

Proseguendo verso nord, si ha poi l'interferenza della linea "Rifac. Allacc. Rete 2i Gas Altare DN 100 (4"), DP 75 bar" con il fiume Bormida di Mallare, con la metodologia degli scavi a cielo aperto, in aree classificate a pericolosità da alluvione P1-P2-P3.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 100 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

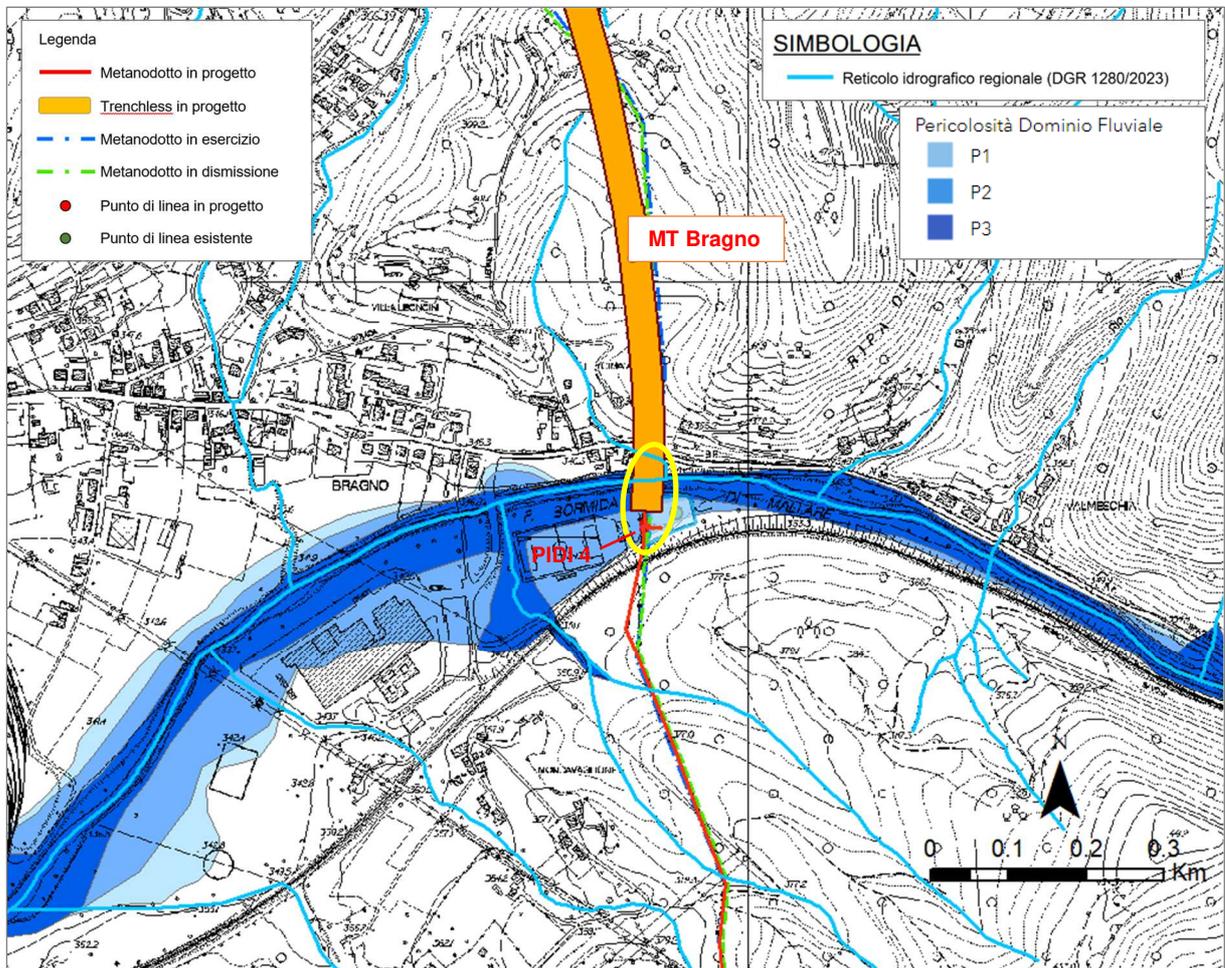


Fig.9.2/B: Fasce di inondabilità del PGRA intereferte dal metanodotto DN 750 (30"). Fiume Bormida di Mallare, 2° attraversamento

Come si può vedere nella figura precedente, il tracciato del metanodotto in progetto attraversa pressoché ortogonalmente con metodologia trenchless l'alveo del corso d'acqua e le tre aree censite dal PGRA, ivi sovrapposte: aree inondabili con tempo di ritorno di 500 anni (P1 – Pericolosità idraulica bassa), aree inondabili con tempo di ritorno di 200 anni (P2 – Pericolosità idraulica media) e aree inondabili con tempo di ritorno di 50 anni (P3 – Pericolosità idraulica elevata).

L'interferenza del tracciato ha inizio nelle aree golenali in sinistra idrografica, con la metodologia degli scavi a cielo aperto, in aree classificate a pericolosità da alluvione P1-P2, dove è anche localizzato il pozzo di spinta del microtunnel nonché il punto di linea PIDN 4.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 101 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

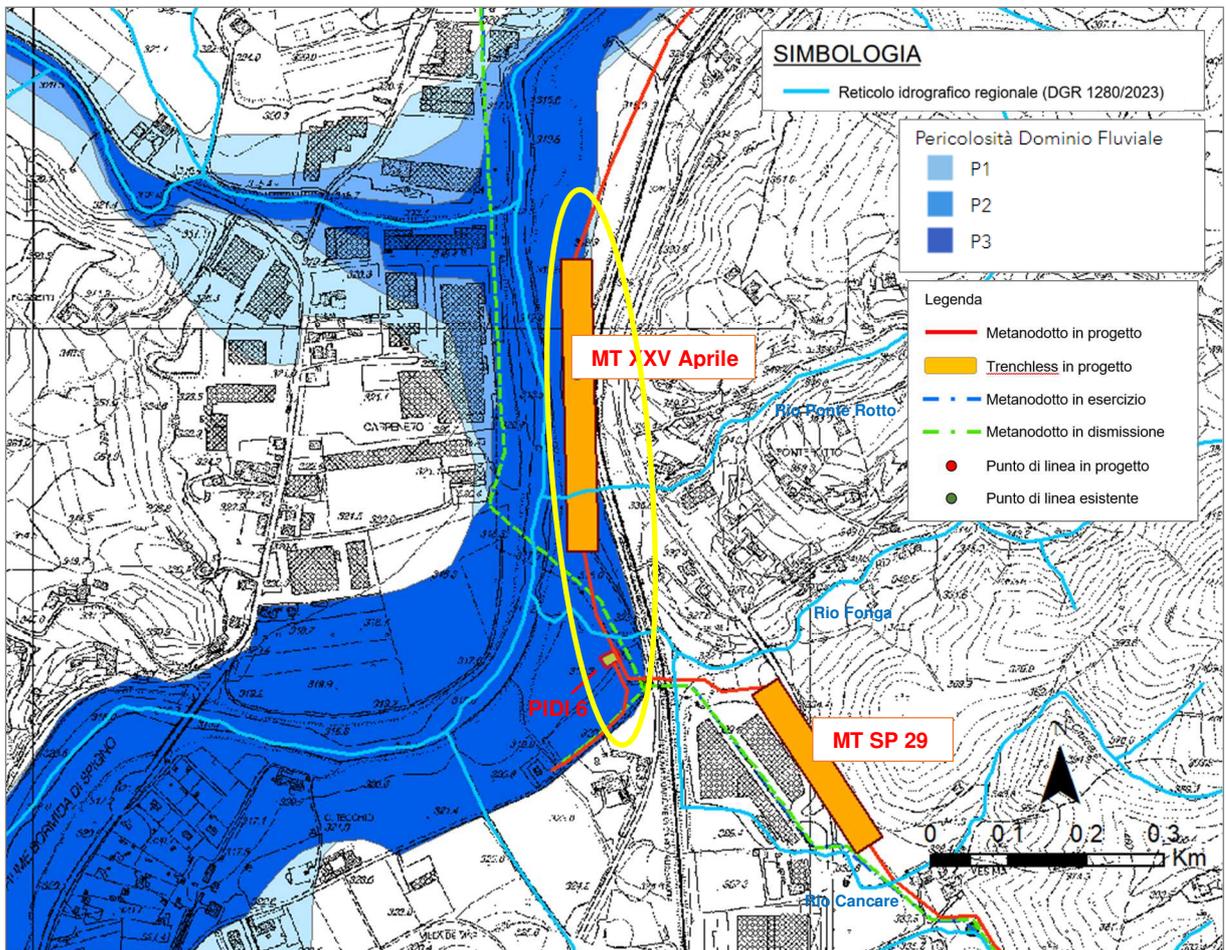


Fig.9.2/C: Fasce di inondabilità del PGRA interferite dal metanodotto DN 750 (30"). Fiume Bormida di Spigno, percorrenza delle aree golenali

Come si può vedere nella figura precedente, il tracciato del metanodotto in progetto attraversa pressoché parallelamente sia con metodologia degli scavi a cielo aperto sia con metodologia trenchless le aree golenali del corso d'acqua censite dal PGRA, ivi sovrapposte: aree inondabili con tempo di ritorno di 500 anni (P1 – Pericolosità idraulica bassa), aree inondabili con tempo di ritorno di 200 anni (P2 – Pericolosità idraulica media) e aree inondabili con tempo di ritorno di 50 anni (P3 – Pericolosità idraulica elevata).

L'interferenza del tracciato ha inizio nelle aree golenali in destra idrografica, con la metodologia degli scavi a cielo aperto, in aree classificate a pericolosità da alluvione P1-P2-P3, dove è anche localizzato il punto di linea PIDI 6 nonché il pozzo di spinta del microtunnel "XXV Aprile". Nelle stesse aree golenali, il tracciato interseca in sequenza due volte il rio Cancare, il rio Fonga e il rio Ponte Rotto, affluenti in destra idrografica della Bormida di Spigno.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 102 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

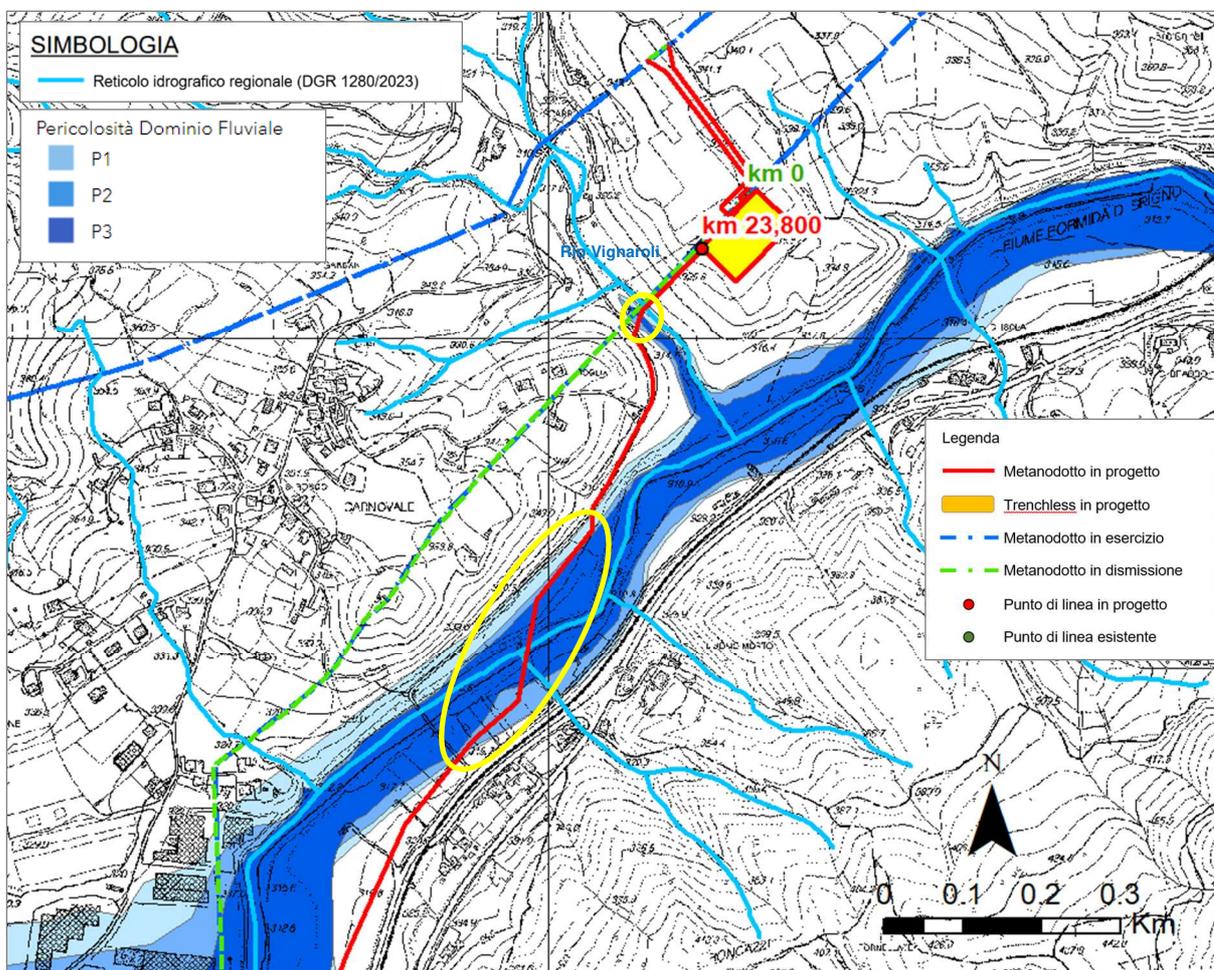


Fig.9.2/D: Fasce di inondabilità del PGRA interferite dal metanodotto DN 750 (30"). Fiume Bormida di Spigno, 3° attraversamento

Come si può vedere nella figura precedente, il tracciato del metanodotto in progetto attraversa obliquamente in direzione SO-NE con la metodologia degli scavi a cielo aperto l'alveo del corso d'acqua e le aree inondabili censite dal PGRA. Il tracciato attraversa dunque aree inondabili con tempo di ritorno di 500 anni (P1 – Pericolosità idraulica bassa), aree inondabili con tempo di ritorno di 200 anni (P2 – Pericolosità idraulica media) e aree inondabili con tempo di ritorno di 50 anni (P3 – Pericolosità idraulica elevata).

L'interferenza del tracciato ha inizio nelle aree golenali in destra idrografica, con la metodologia degli scavi a cielo aperto, in aree classificate a pericolosità da alluvione P1-P2.

Dopo aver attraversato la Bormida di Spigno, proseguendo il suo percorso verso nord-est, il tracciato attraversa ortogonalmente, sempre con la metodologia degli scavi a cielo aperto, il rio Vignaroli (km 23,695) affluente di sinistra della Bormida di Spigno, poco prima di terminare il suo percorso all'impianto finale (km 23,800).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 103 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

9.3 Compatibilità idraulica degli attraversamenti in subalveo

9.3.1 Considerazioni di carattere generale

I metanodotti in progetto rappresentano un'infrastruttura lineare (di interesse pubblico) di trasporto del gas, che risulta tra le tipologie d'intervento per le quali, ai sensi delle Norme di Piano, è consentito l'interferenza con le aree a pericolosità idraulica e con la fasce di riassetto fluviale dei corsi d'acqua, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico e purché non pregiudichino la possibilità di realizzare gli interventi di sistemazione idraulica.

Le interferenze specifiche con le aree censite a pericolosità idraulica dei corsi d'acqua sono state determinate da considerazioni a più ampia scala che riguardano l'intera direttrice del tracciato del metanodotto, per la quale sono state attentamente valutate varie alternative di progetto. In particolare, si pone in evidenza che (in ogni caso) non è risultato possibile evitare completamente l'interessamento delle aree a pericolosità idraulica di pertinenza dei corsi d'acqua. Ciò in considerazione della peculiare morfologia del territorio e del fatto che il metanodotto in progetto rappresenta un rifacimento di un metanodotto esistente (e da dismettere), che dunque si sviluppa sulla medesima direttrice. Conseguentemente nell'ambito dello sviluppo del metanodotto in progetto risulta necessario attraversare gli stessi corsi d'acqua già attraversati dal metanodotto esistente.

In ogni caso, si evidenzia che i metanodotti in progetto risultano nel complesso un'opera completamente interrata e, essendo costituita da tubazioni in acciaio saldate rivestite in polietilene, non presenta alcun problema operativo e di sicurezza in caso di innalzamento della falda e/o di allagamento dell'area.

Le uniche strutture visibili risulteranno essere le paline ed i cartelli indicatori e pertanto, anche in occasione delle piene eccezionali del corso d'acqua, non si introdurranno interferenze idrauliche significative per la laminazione delle piene e/o riduzioni della capacità di invaso.

La costruzione dell'infrastruttura lineare, inoltre, non determina alcuna forma di trasformazione del territorio. Non sono previsti cambiamenti di destinazioni d'uso del suolo, né azioni di esproprio; ma unicamente una servitù di una stretta fascia a cavallo dell'asse della tubazione, lasciando dunque inalterate le possibilità di sfruttamento agricolo dei fondi.

Pertanto, in ragione di quanto esposto, si ritiene che la costruzione dell'opera non determini alcun mutamento significativo sulle condizioni idrologiche ed idrauliche nell'ambito fluviale interessato dall'attraversamento e/o percorrenza.

Infine, in considerazione della tipologia di opera (tubazione interrata), non è previsto alcun incremento del carico insediativo nell'area di intervento.

9.3.2 Considerazioni specifiche inerenti all'ambito di interferenza

Entrando in maggior dettaglio in merito agli aspetti connessi alle specifiche interferenze idrauliche in corrispondenza dell'alveo dei corsi d'acqua, dove la posa della condotta è prevista mediante "scavi a cielo aperto" e/o "microtunnel", si evidenzia quanto segue:

- Ogni attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di adeguata garanzia nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene eccezionali, cosicché è da escludere qualsiasi interferenza tra la tubazione e il flusso della corrente;

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 104 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

- La configurazione morfologica d'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, verrà mantenuta praticamente invariata nei confronti della situazione preesistente;
- La configurazione geometrica della linea in ogni ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è stata stabilita anche in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua ed è tale da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, ecc.).

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni inerenti alle interferenze con la dinamica fluviale di ogni corso d'acqua:

1. Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena

Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata, con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato dalla costruzione delle condotte nessun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.

2. Riduzione della capacità di laminazione e/o di invaso dell'alveo

Le condotte in progetto, essendo completamente interrate, non creano alcun ostacolo al corretto deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esonazione e pertanto non sottraggono capacità d'invaso.

3. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo

Le opere in progetto non inducono alcuna modifica all'assetto morfologico degli alvei incisi, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo queste localizzate in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento, e garantendo con la realizzazione delle opere di ripristino le preesistenti caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.

4. Interazioni in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua

Gli interventi previsti non costituiscono elementi d'interferenza con il regime idraulico naturale dei corsi d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale), in quanto le opere sono finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo ed al presidio idraulico nei confronti di potenziali fenomeni erosivi.

5. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

Essendo le opere del tutto interrate, non saranno indotti effetti particolarmente impattanti con il contesto naturale della regione fluviale che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. 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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 105 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

9.4 Compatibilità idraulica dei punti di linea interferenti

Dal confronto fra i dati di progetto e dei PAI/PGRA, le uniche opere fuori terra che rientrano all'interno delle aree a pericolosità idraulica, sono quelle relative ai punti di linea **PIDA n.1.1.1**, PIDI n. 4 e PIDI n.6.

Nello specifico:

- il **PIDA n.1.1.1 (Altare)** ricade nella fascia a pericolosità da alluvione **media (P2)**;
- il PIDI n.4 (Cairo Montenotte) ricade nella fascia a pericolosità da alluvione **media (P2)**;
- il PIDI n.6 (Cairo Montenotte) ricade nella fascia a pericolosità da alluvione **elevata (P3)**.

Dall'esame dei risultati delle simulazioni idrauliche eseguite nel presente studio, si rileva che, per la portata di progetto (portata duecentennale), i punti di linea in questione non verranno investiti direttamente dall'onda di piena trovandosi a una quota maggiore rispetto a quella del pelo libero massimo (WS TR200).

Tutti gli interventi sono localizzati al di fuori dagli alvei attivi, a distanza di sicurezza da essi, in zone poco antropizzate. Inoltre, i punti di linea saranno recintati esclusivamente con pannelli in grigliato di ferro zincato alti 2,30 m dal piano impianto e fissati su cordolo di calcestruzzo armato dell'altezza dal piano campagna di appena 60 cm. Considerate le dimensioni geometriche degli impianti, la tipologia strutturale e localizzazione, si può affermare che essi non costituiranno un ostacolo al deflusso delle piene, neanche in caso di eventuali piene eccezionali (TR>200 anni), né determineranno una diminuzione della capacità d'invaso delle aree inondabili.

Nelle figure seguenti sono riportate le caratteristiche significative dei punti interferenti con le aree a pericolosità idraulica del PGRA.

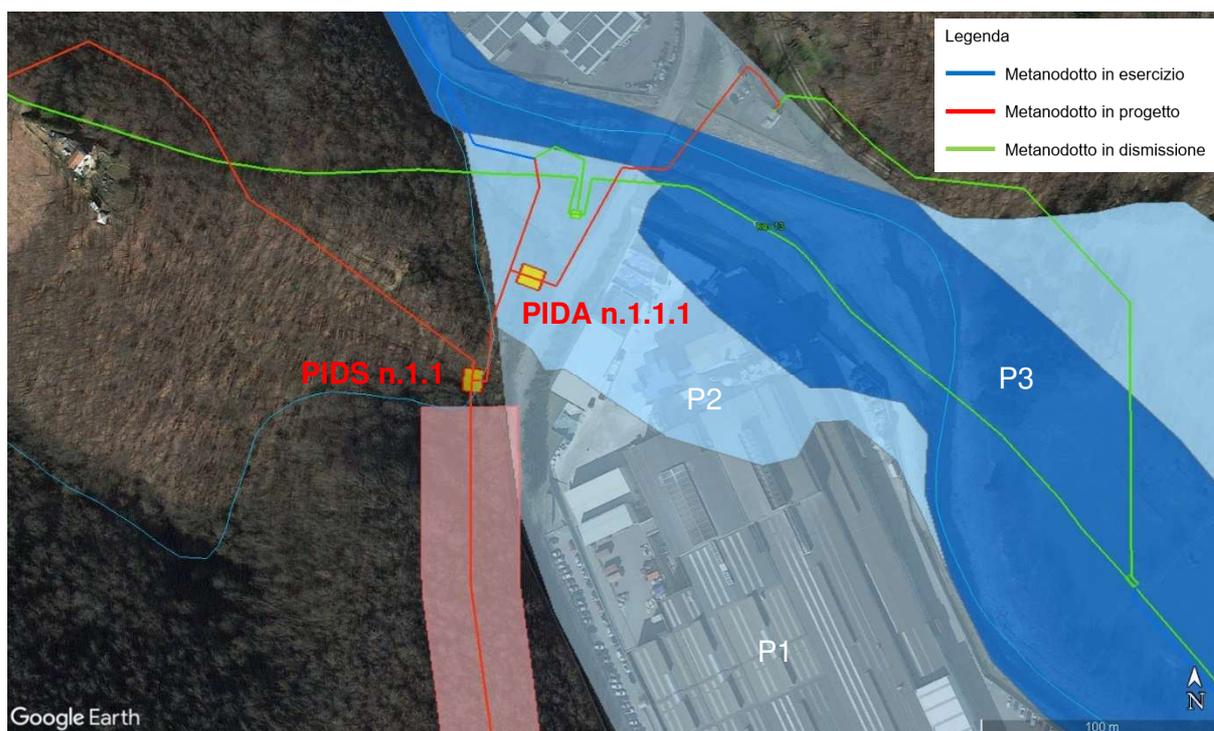


Figura 9.4/A – Ubicazione del punto di linea PIDA n. 1.1.1, Altare (SV)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 106 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

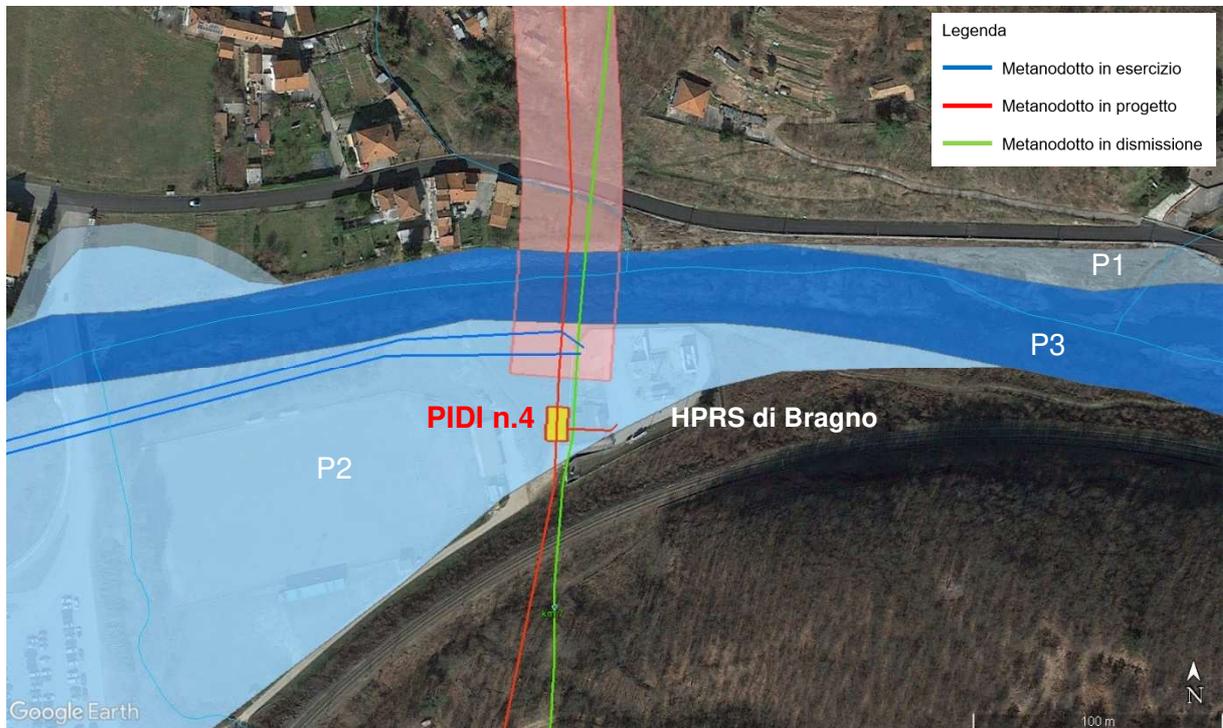


Figura 9.4/B – Ubicazione del punto di linea PIDI n. 4, Cairo Montenotte (SV)

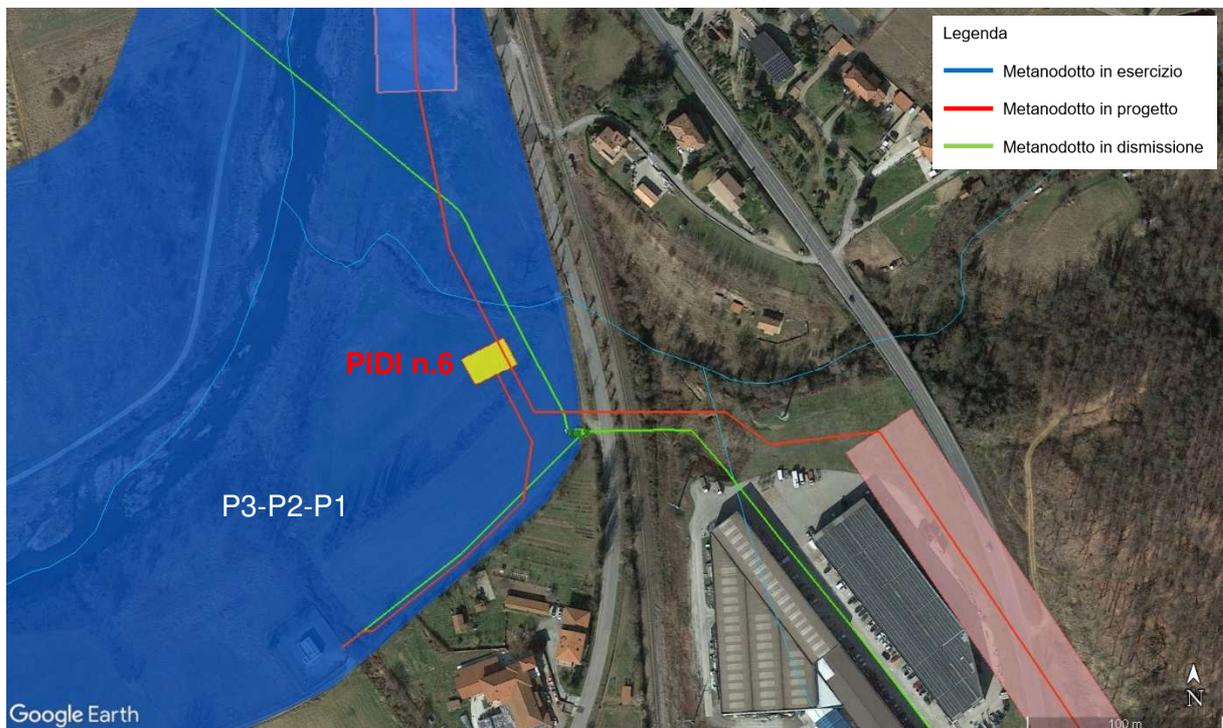


Figura 9.4/C – Ubicazione del punto di linea PIDI n. 6, Cairo Montenotte (SV)

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 107 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

10 INVARIANZA IDRAULICA DEI PUNTI DI LINEA IN PROGETTO

Scopo del presente paragrafo è la verifica della invarianza idraulica dei punti di linea in progetto per l'ambito territoriale afferente al Distretto del fiume Po.

In particolare, le opere in progetto prevedono trasformazioni del suolo che prefigurano una variazione di permeabilità superficiale in corrispondenza dei punti di linea e delle strade di accesso.

“Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento delle velocità di corrivazione deve prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti, e tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere i colmi di piena prima e dopo la trasformazione inalterati, si parla di “invarianza idraulica” delle trasformazioni di uso del suolo” (Pistocchi, 2001).

Di fatto, l'entità delle piene che caratterizzano i corpi idrici recettori è regolata da due processi distinti, i quali si sviluppano a seguito di eventi meteorici che interessano un determinato bacino idrografico:

- a) infiltrazione e immagazzinamento delle piogge nel suolo;
- b) laminazione superficiale.

Il primo processo, descritto in via speditiva mediante l'impiego di un “coefficiente di deflusso” (ϕ), controlla i volumi d'acqua restituiti, ed è determinato in base al rapporto tra il volume defluito dal bacino in un dato intervallo di tempo e il relativo afflusso costituito dalla precipitazione totale.

Il secondo processo, invece, è influenzato dalle caratteristiche del reticolo drenante e dalla morfologia delle aree interessate, e agisce trattenendo i volumi che scorrono in superficie, facendoli transitare attraverso i volumi disponibili e determinandone una restituzione rallentata.

Pertanto, il criterio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici prevede la compensazione delle riduzioni sul meccanismo “a” attraverso il potenziamento del meccanismo “b”.

Nei casi in esame, al fine di verificare che le operazioni di trasformazione del territorio, dovute alla realizzazione degli impianti, non provochino un aggravio della portata di piena dei corpi idrici che ricevono i deflussi superficiali originati dagli stessi siti in trasformazione, si è verificata l'invarianza idraulica di tali aree, prevedendo, inoltre, opportuni sistemi di mitigazione meglio descritti nei paragrafi successivi.

Di seguito si riporta l'elenco completo di tutti i punti di linea in progetto sui nuovi metanodotti e, per ciascuno di essi, si forniscono le superfici dell'impianto e della relativa strada di accesso ad esso, da realizzare, ove non già esistente, in ghiaietto stabilizzato (Tabella 10/A).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 108 di 124 Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tabella 10/A: Punti di linea in progetto

Progr. (km)	Comune	Località	Impianto	Sup. Punto di linea (m ²)	Sup. Strada accesso (m ²)	Sup. tot. Trasn. (m ²)	Sup. Imp. Punto di linea (m ²)	Sup. Imp. tetti, cordoli, platee (m ²)	Sup. Imp. Strada accesso (m ²)	Sup tot Imp. (m ²)
Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar										
11,080	Altare	Castellaro	PIDS 1.1	81	56	137	41	10	39	90
			PIDA 1.1.1	81	56	137	41	10	39	90
12,435	Carcare	Vispa	PIDI 2	954	-	954	477	84	-	561
13,730	Cairo Mntenotte	Pian Cereseto	PIDS 2.1	81	21	102	41	10	15	66
16,340		Moncaviglione	PIL 3	397	-	397	198	65	-	263
17,105		Bragno	PIDI 4 ⁽¹⁾	117	-	117	58	9	-	67
21,125		Vesima	PIDI 5	369	105	474	184	64	74	321
22,085		Casa Rossa	PIDI 6	358	210	568	179	64	147	390
23,800		Chinelli	Impianto finale	7095	1043	8138	2235 ⁽²⁾	162	730	3127

(1) Impianto adiacente all'impianto HPRS di Bragno

(2) Al netto delle aree a verde

Per quanto riguarda l'ubicazione di dettaglio dei siti di esecuzione, le caratteristiche dimensionali delle diverse aree individuate, nonché per la rappresentazione grafica degli interventi in progetto, si fa riferimento ai seguenti elaborati:

Tabella 10/B: Elaborati progettuali di riferimento

Impianto	Elaborato di progetto
Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 750 (30"), DP 75 bar	
PIDS 1.1 / PIDA 1.1.1	-
PIDI 2	MI-I-D-11505
PIDS 2.1	-
PIL 3	MI-I-D-11506
PIDI 4 ⁽¹⁾	MI-I-D-11507
PIDI 5	MI-I-D-11508
PIDI 6	MI-I-D-11509
Impianto finale	MI-I-D-11510

(¹) Impianto adiacente all'impianto HPRS di Bragno

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 109 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

10.1 Quadro di riferimento normativo regionale

Le normative di riferimento per l'espletamento dell'analisi illustrata nel presente paragrafo sono le seguenti:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino fiume Po e disciplina di piano, in particolare art. 9 - *Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico* (Rif. [3]).
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto del fiume Po e disciplina di piano. In particolare, come previsto dal Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – Aree a rischio significativo di alluvione ARS Regionali e Locali (Rif. [8]), per ridurre l'esposizione al rischio è essenziale garantire un corretto uso del territorio, mediante specifiche norme finalizzate a limitare le attività di trasformazione e d'uso del suolo nelle aree inondabili individuate.
- Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani della Provincia di Savona e di Imperia, approvata con DGR 428/2021 (Rif. [5]).

La disciplina normativa è finalizzata prioritariamente alla protezione e al non aumento delle condizioni di pericolosità e rischio idraulico e geomorfologico, in relazione ad esigenze di tutela della pubblica incolumità e di salvaguardia dei beni a rischio.

Qualsiasi intervento realizzato nelle aree inondabili non deve pregiudicare la sistemazione idraulica definitiva del corso d'acqua, aumentare la pericolosità di inondazione ed il rischio connesso, sia localmente, sia a monte e a valle, costituire significativo ostacolo al deflusso delle acque di piena, ridurre significativamente la capacità di invaso delle aree stesse.

- Regolamento Regionale n.4 del 10 luglio 2009 "*Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne*" (emanato ai sensi della L.R. 39/08) che definisce e regola la gestione delle acque di prima pioggia.

I metanodotti in progetto rappresentano un'infrastruttura lineare (di interesse pubblico) di trasporto del gas, che risulta tra le tipologie d'intervento per le quali, ai sensi le Norme di Piano (PAI, PGRA e DGR 428/2021) nonché della L.R. n. 3/2011, è consentito l'interferenza con le aree a pericolosità per alluvioni (frequenti o poco frequenti), a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio.

In definitiva, le suddette Norme di settore, oltre a prevedere che le opere in progetto siano realizzate in sicurezza idraulica in modo da non subire danneggiamenti da eventuali esondazioni, prevedono anche che la loro realizzazione non vada ad aggravare la pericolosità idraulica al contorno.

Questi aspetti sono stati analizzati nel precedente capitolo, cui si rimanda per maggiori dettagli. In definitiva è emerso che, per tutti i punti di linea, compresi quelli ricadenti in aree censite a pericolosità idraulica nel PGRA, gli interventi in programma, per le modalità esecutive previste, non creeranno alcun ostacolo al corretto 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. Inoltre, non comporteranno alcun aggravio delle condizioni di rischio nelle aree degli interventi né tantomeno in altre aree.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 110 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Per il calcolo dei volumi di compenso necessari alla laminazione delle portate meteoriche, in mancanza di indicazioni specifiche, si è fatto riferimento all'approccio indicato al §7.1 del "Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli", così come delineato dalla Regione Marche con le seguenti disposizioni:

- Delibera di Giunta Regionale 27 gennaio 2014, n. 53 - "Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali" - approvata ai sensi dell'art.10, comma 4, della Legge Regionale 23 novembre 2011, n. 22 e successivamente modificata con Delibera di Giunta Regionale 20 giugno 2017, n. 671.
- Linee Guida (Titolo I - Paragrafo 1.4) "B" - Sviluppo della Verifica per l'Invarianza Idraulica - linee guida esplicative dei criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative definite dalla Delibera di Giunta Regionale 27 gennaio 2014, n. 53.

10.2 Principi generali

In ottemperanza a quanto previsto dalla Delibera di Giunta Regionale delle Marche del 27 gennaio 2014, n. 53, il calcolo dell'invarianza idraulica a seguito di una trasformazione territoriale passa attraverso i seguenti punti:

- definizione dell'area di progetto interessata dalla trasformazione, con particolare riferimento allo stato ante-operam e post-operam e relativa individuazione delle superfici permeabili e impermeabili;
- definizione della classe di intervento in accordo alla classificazione proposta nella Tabella 1 della D.G.R. 53/2014;
- scelta del criterio di verifica in base al livello di impermeabilizzazione previsto dall'intervento e definito dalla sopracitata Tabella 1;
- definizione di un adeguato intervento di mitigazione atto a garantire il rispetto dell'invarianza idraulica.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 111 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Figura 10.2: Tabella 1 – classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell’invarianza idraulica secondo la D.G.R. 53/2014

Dalla consultazione della Tabella 10/A si vede che:

- **per tutti i punti di linea**, avendo una superficie territoriale interessata dalla trasformazione minore di 0.1 ha (1000 mq), gli interventi rientrano nella classe definita “trascurabile impermeabilizzazione potenziale” (Figura 10.2).
- **per l'impianto finale**, poiché la superficie territoriale interessata dalla trasformazione supera 0.1 ha (1000 mq), gli interventi rientrano nella classe definita “modesta impermeabilizzazione potenziale” (Figura 10.2).

10.3 Criteri di verifica del volume minimo di invaso

La delibera DGR n. 53/2014 stabilisce per le due classi di intervento di interesse i seguenti criteri di verifica dei volumi minimi di invaso:

- nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula (1) ad esclusione degli interventi comportanti la realizzazione di impermeabilizzazione per una superficie pari o inferiore a 100 mq;
- nel caso di modesta impermeabilizzazione potenziale, oltre al soddisfacimento dei requisiti della formula (1) è opportuno che le luci di scarico nel corpo ricevente non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell’invaso non eccedano il metro.

Pertanto, per i casi a) e b) sopra riportati, si è proceduto a verificare che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula 1 della D.G.R. 53/2014.

In alternativa all'utilizzo della formula (1) può essere adottato il dimensionamento per una capacità di invaso pari ad almeno 350 m³ per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata.

Il valore determinato dal dimensionamento dell'invarianza idraulica rappresenta un elemento prestazionale da conseguire attraverso la realizzazione di interventi derivanti da un'opportuna combinazione di una o più soluzioni tipologiche.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 112 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Nei casi rientranti nella classe di modesta impermeabilizzazione, data la natura del dispositivo idraulico scelto per garantire il rispetto dell'invarianza idraulica dell'area d'impianto (trincea filtrante realizzata con un riempimento in ghiaia), non si ha la possibilità di definire un tirante idrico, come previsto dalla D.G.R. 53/2014. Pertanto, più correttamente, si è scelto di definire una quota massima di accumulo in trincea, considerando un volume dei vuoti della ghiaia pari al 30%. Si fa notare che la quota di accumulo così definita non tiene conto della permeabilità dei terreni circostanti. Pertanto, nel caso di concreta applicazione, il livello di acqua accumulato sarà inferiore a quello "teorico" calcolato nella presente relazione. La geometria della trincea sarà dimensionata in modo tale da garantire che l'accumulo sia completamente contenuto all'interno della stessa, evitando così ogni possibile dilavamento sul piano di campagna. Le capacità di infiltrazione sulle superfici laterali e sul fondo della trincea assicureranno la restituzione profonda delle acque nel terreno. Inoltre, lungo i lati della strada di accesso all'impianto, si è deciso di realizzare un bacino di infiltrazione come misura complementare volta a consentire l'infiltrazione nel terreno delle acque che defluiscono dal piano stradale.

Ad eccezione del PIDI 4, adiacente all'impianto esistente HPRS di Bragno, tutte le aree in cui saranno realizzati i punti di linea elencati nella Tabella 10/A ricadono in aree verdi.

Ogni punto di linea sarà dotato di mascheramento da realizzarsi mediante piantumazione di arbusti. I punti di linea saranno recintati con pannelli in grigliato di ferro zincato alti 2.30 m e fissati, tramite piantana di acciaio, su cordolo di calcestruzzo armato dell'altezza dal piano campagna di circa 60 cm. Sopra la recinzione saranno posti in opera tre ordini di filo spinato, in modo da impedire l'ingresso agli estranei. Le aree interne saranno pavimentate con masselli drenanti posati su strato di allettamento in pietrisco e saranno accessibili mediante cancello in grigliato metallico. Inoltre, per tutti i casi è prevista la realizzazione di un tratto di strada di accesso ai punti di linea, da realizzarsi in materiale drenante.

10.4 Calcolo dell'invarianza idraulica

Per tutti i punti di linea, **ad eccezione del PIDS 1.1, PIDA 1.1.1, PIDS 2.1 e PIDI 4 che hanno una superficie di impermeabilizzazione inferiore a 100 mq**, si è proceduto a verificare che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula 1 della D.G.R. 53/2014.

La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale ottenuto attraverso l'applicazione della formula 1 della D.G.R. 53/2014, e così definita:

$$w = w^0 (\phi / \phi^0)^{1/(1-n)} - 15I - w^0 P \quad (1)$$

dove $w^0 = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$ è il volume d'invaso "convenzionale" prima della trasformazione, ϕ^0 e ϕ sono i coefficienti di deflusso rispettivamente prima e dopo la trasformazione, I e P rappresentano la frazione dell'area trasformata. Il coefficiente n , posto pari a 0,48, rappresenta l'esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta plausibile da numerosi studi sperimentali (rif. CSDU, 1997). Per la stima dei coefficienti di deflusso ϕ^0 e ϕ si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\phi^{(0)} = 0.9\text{Imp}^{(0)} + 0.2\text{Per}^{(0)}$$

$$\phi = 0.9\text{Imp} + 0.2\text{Per}$$

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 113 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

in cui Imp e Per indicano le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice ⁰) o dopo (se non c'è l'apice ⁰).

Il calcolo del volume d'invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:

- quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione (I), comprensiva anche delle aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate;
- quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione (P);
- quota dell'area da ritenersi permeabile (Per), grandezza valutata prima e dopo la trasformazione;
- quota dell'area da ritenersi impermeabile (Imp), grandezza valutata prima e dopo la trasformazione.

Si noti che gli indici Imp e I, Per e P sono concettualmente diversi: Imp e Per servono a valutare il coefficiente di deflusso convenzionale (che esprime la capacità del lotto di accettare le piogge prima di generare deflussi superficiali), mentre I e P rappresentano le porzioni rispettivamente urbanizzata e inalterata del lotto oggetto di intervento.

Gli impianti saranno ubicati in aree verdi o agricole (ad eccezione del PIDI 4, che ricade nei pressi dell'impianto HPRS di Bragno). Per assicurare il contenimento delle apparecchiature tecniche ed evitare l'accesso di personale non autorizzato, ogni area di impianto sarà delimitata da una recinzione in grigliato metallico installata su un cordolo in c.a., con altezza del cordolo di circa 60 cm dal piano campagna locale. L'accesso all'area sarà garantito, generalmente, mediante la realizzazione di una strada in ghiaia (per accesso carrabile), che si stacca dalla viabilità esistente. Inoltre, su un lato dell'impianto sarà predisposta un'opportuna uscita di emergenza. La pavimentazione sarà realizzata tramite masselli drenanti conformi al Dispositivo tipo D4 (tipo GASD B.09.02.00, punto 2) e posati su uno strato di allettamento in pietrisco. Per tutti gli impianti, ad eccezione del PIDI4 e dei PIDA/PIDS, all'interno dell'area recintata sarà realizzato un fabbricato in c.a. con copertura a falde, del tipo "Edificio B5" adibito a ricovero delle apparecchiature elettriche e di controllo, con n.2 pozzetti con grigliato a servizio dell'edificio, e alcuni pozzetti destinati all'area piping (con riempimento in materiale drenante). Tutti i manufatti citati saranno caratterizzati da ridotte dimensioni in pianta e, pertanto, per la loro limitata estensione, implicheranno trasformazioni minime all'originario grado di permeabilità delle aree in cui insistono.

Al fine di verificare il sussistere dei criteri di invarianza idraulica per la trasformazione territoriale in progetto, in Tabella 10.4 si riporta l'estensione del lotto interessato dal singolo intervento, evidenziando sia la porzione di area considerata impermeabile sia quella considerata permeabile nelle rispettive situazioni ante-operam e post-operam.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 114 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tab. 10.4 - Superficie interessata dalla trasformazione: situazione ante-operam e post-operam

Impianto	Sup. fondiaria lotto (Impianto + Strada) (m ²)	Classe di intervento	Ante-Operam		Post-Operam	
			Sup. Imp (m ²)	Sup. Per (m ²)	Sup. Imp (m ²)	Sup. Per (m ²)
PIDS 1.1	137	trascurabile imp.	0.00	137	90	47
PIDA 1.1.1	137	trascurabile imp.	0.00	137	90	47
PIDI 2	954	trascurabile imp.	226	728	561	393
PIDS 2.1	102	trascurabile imp.	0.00	102	66	36
PIL 3	397	trascurabile imp.	0.00	397	263	134
PIDI 4 (¹)	117	trascurabile imp.	0.00	117	67	50
PIDI 5	474	trascurabile imp.	0.00	474	321	153
PIDI 6	568	trascurabile imp.	0.00	568	390	168
Impianto finale	8259	modesta imp.	0.00	8138	3127	5011

(¹) Impianto adiacente all'impianto HPRS di Bragno

Partendo infatti dalla superficie fondiaria interessata dalla trasformazione, la superficie impermeabile totale è stata calcolata sommando alle superfici impermeabili quali tetti, cordoli, platee in c.a., la superficie occupata dalla strada in ghiaietto stabilizzato, con coefficiente moltiplicativo pari a 0,7, e la superficie dell'impianto sulla quale è previsto l'uso di pavimentazione drenante, con coefficiente moltiplicativo pari a 0,5 (vedere Tabella 10/A). I coefficienti moltiplicativi attribuiti ai diversi tipi di uso del suolo sono stati definiti in accordo alle Linee Guida della D.G.R. 53/2014.

Definite le aree oggetto dell'intervento, si è determinato il volume minimo d'invaso attraverso l'utilizzo della formula 1 della D.G.R. 53/2014.

Di seguito si riportano i risultati del calcolo eseguito mediante l'uso del foglio elettronico messo a disposizione sul sito della Regione Marche (www.regione.marche.it).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 115 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014			
Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato: $W = W^* (\phi / \phi^*)^{1/(1-n)}$ $\phi^* = 0.9 Imp^* + 0.2 Per^* \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$ <p> $W^* = 50$ mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione ϕ = coefficiente di deflusso post trasformazione ϕ^* = coefficiente di deflusso ante trasformazione $n = 0.48$ I e P es pressi come frazione dell'area trasformata Imp e Per es pressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice*) o dopo (se non c'è l'apice*) VOLUME RICAIVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento </p>			
Oggetto:			
<i>(INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTORNATI)</i>			
ANTE OPERAM			
Superficie fondiaria-lotto (mq)	=	954.00	mq Inserire la superficie totale dell'intervento
Superficie impermeabile esistente	=	226.00	mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Imp*	=	0.24	
Superficie permeabile esistente (mq)	=	728.00	mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Per*	=	0.76	
Imp* + Per*	=	1.00	
POST OPERAM			
Superficie impermeabile trasformata o di progetto	=	561.00	mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Imp	=	0.59	
Superficie permeabile di progetto	=	393.00	mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Per	=	0.41	
Imp + Per	=	1.00	
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA			
Superficie trasformata/livellata	=	954.00	mq superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola
I	=	1.00	
Superficie agricola inalterata	=	0.00	mq superficie inalterata
P	=	0.00	
I + P	=	1.00	
CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM			
ϕ^*	$0.9 \times Imp^* + 0.2 \times Per^*$	=	0.9 x 0.24 + 0.2 x 0.76 = 0.37
ϕ	$0.9 \times Imp + 0.2 \times Per$	=	0.9 x 0.59 + 0.2 x 0.41 = 0.61
W	$W = W^* (\phi / \phi^*)^{1/(1-n)}$	=	50 x 2.69 = 134.5
W^*	50 mc/ha		
$(\phi / \phi^*)^{1/(1-n)}$	1.67		
	1.92		
VOLUME MINIMO DI INVASO			
	119.35 :	10,000.00 x	954.00 = 11.39 mc
Q	Portata ammissibile sul corpo riceettore 20 l/s/ha	1.91	l/sec

Figura 10.4/A: Foglio di calcolo relativo all'intervento del PIDI 2

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 116 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014			
Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato: $w = w^* (\phi / \phi^*)^{1/(1-n)} - 15 I - w^* P$ $\phi^* = 0.9 Imp^* + 0.2 Per^* \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$ <p> $w^* = 50$ mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione ϕ = coefficiente di deflusso post trasformazione ϕ^* = coefficiente di deflusso ante trasformazione $n = 0.48$ I e P es pressioni e frazione dell'area trasformata Imp e Per es pressioni come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice*) o dopo (se non c'è l'apice*) VOLUME RICAVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento </p>			
Oggetto:			
<i>(INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTORNATI)</i>			
ANTE OPERAM	Superficie fondiaria-lotto (mq) =	397.00	mq Inserire la superficie totale dell'intervento
	Superficie impermeabile esistente =	0.00	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Imp* =	0.00	
	Superficie permeabile esistente (mq) =	397.00	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Per* =	1.00	
	Imp* + Per* =	1.00	
POST OPERAM	Superficie impermeabile trasformata o di progetto =	263.00	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Imp =	0.66	
	Superficie permeabile di progetto =	134.00	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Per =	0.34	
	Imp + Per =	1.00	
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA	Superficie trasformata/livellata =	397.00	mq superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola
	I =	1.00	
	Superficie agricola inalterata =	0.00	mq superficie inalterata
	P =	0.00	
	I + P =	1.00	
CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM			
ϕ^*	$0.9 \times Imp^* + 0.2 \times Per^*$ =	0.9 x 0.00 + 0.2 x 1.00 =	0.20
ϕ	$0.9 \times Imp + 0.2 \times Per$ =	0.9 x 0.66 + 0.2 x 0.34 =	0.66
W	$w = w^* (\phi / \phi^*)^{1/(1-n)} - 15 I - w^* P$ =	50 x 10.04 - 15 x 1.00 - 50 x 0.00 =	487.13 mc/ha
W^*	50 mc/ha		
$(\phi / \phi^*)^{1/(1-n)}$	3.32		
	1.92		
VOLUME MINIMO DI INVASO	487.13 :	10,000.00 x	397.00 = 19.34 mc
Q	Portata ammissibile sul corpo riceettore 20 l/s/ha	0.79	l/sec

Figura 10.4/B: Foglio di calcolo relativo all'intervento del PIL 3

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 117 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014			
Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato: $w = w^* (\phi / \phi^*)^{1/(1-n)} - 15 I - w^* P$ $\phi^* = 0.9 Imp^* + 0.2 Per^* \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$ <p> $w^* = 50$ mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione ϕ = coefficiente di deflusso post trasformazione ϕ^* = coefficiente di deflusso ante trasformazione $n = 0.48$ I e P es pressioni e frazione dell'area trasformata Imp e Per es pressioni come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice*) o dopo (se non c'è l'apice*) VOLUME RICAVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento </p>			
Oggetto:			
<i>(INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTORNATI)</i>			
ANTE OPERAM			
Superficie fondiaria-lotto (mq)	=	474.00	mq Inserire la superficie totale dell'intervento
Superficie impermeabile esistente	=	0.00	mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Imp*	=	0.00	
Superficie permeabile esistente (mq)	=	474.00	mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Per*	=	1.00	
Imp* + Per*	=	1.00	
POST OPERAM			
Superficie impermeabile trasformata o di progetto	=	321.00	mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Imp	=	0.68	
Superficie permeabile di progetto	=	153.00	mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Per	=	0.32	
Imp + Per	=	1.00	
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA			
Superficie trasformata/livellata	=	474.00	mq superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola
I	=	1.00	
Superficie agricola inalterata	=	0.00	mq superficie inalterata
P	=	0.00	
I + P	=	1.00	
CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM			
ϕ^*	$0.9 \times Imp^* + 0.2 \times Per^*$	=	0.9 x 0.00 + 0.2 x 1.00 = 0.20
ϕ	$0.9 \times Imp + 0.2 \times Per$	=	0.9 x 0.68 + 0.2 x 0.32 = 0.67
W	$w = w^* (\phi / \phi^*)^{1/(1-n)} - 15 I - w^* P$	=	50 x 10.35 - 15 x 1.00 - 50 x 0.00 = 502.26 mc/ha
W^*	50 mc/ha		
$(\phi / \phi^*)^{1/(1-n)}$	3.37		
	1.92		
VOLUME MINIMO DI INVASO			
		502.26 :	10,000.00 x 474.00 = 23.81 mc
Q	Portata ammissibile sul corpo ricettore 20 l/s/ha	0.95	l/sec

Figura 10.4/C: Foglio di calcolo relativo all'intervento del PIDI 5

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 118 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014			
Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato: $w = w^0 \left(\frac{\phi}{\phi^0} \right)^{1/(1-n)} - 15 I - w^0 P$ $\phi^0 = 0.9 Imp^0 + 0.2 Per^0 \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$ <p> $w^0 = 50$ mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione ϕ^0 = coefficiente di deflusso post trasformazione ϕ = coefficiente di deflusso ante trasformazione $n = 0.48$ I e P es pressioni e frazione dell'area trasformata Imp e Per es pressioni come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati all'apice*) o dopo (se non c'è l'apice*) VOLUME RICAVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento </p>			
Oggetto:			
<i>(INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTORNATI)</i>			
ANTE OPERAM Superficie fondiaria-lotto (mq) = 568.00 mq Inserire la superficie totale dell'intervento Superficie impermeabile esistente = 0.00 mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati) Imp* = 0.00 Superficie permeabile esistente (mq) = 568.00 mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati) Per* = 1.00 Imp* + Per* = 1.00			
POST OPERAM Superficie impermeabile trasformata o di progetto = 390.00 mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati) Imp = 0.69 Superficie permeabile di progetto = 178.00 mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati) Per = 0.31 Imp + Per = 1.00			
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA Superficie trasformata/livellata = 568.00 mq superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola I = 1.00 Superficie agricola inalterata = 0.00 mq superficie inalterata P = 0.00 I + P = 1.00			
CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM $\phi^0 = 0.9 \times Imp^0 + 0.2 \times Per^0 = 0.9 \times 0.00 + 0.2 \times 1.00 = 0.20$ $\phi = 0.9 \times Imp + 0.2 \times Per = 0.9 \times 0.69 + 0.2 \times 0.31 = 0.68$ $W = w^0 \left(\frac{\phi}{\phi^0} \right)^{1/(1-n)} - 15 I - w^0 P = 50 \times \left(\frac{0.68}{0.20} \right)^{1/(1-0.48)} - 15 \times 1.00 - 50 \times 0.00 = 512.01 \text{ mc/ha}$ $\frac{W}{w^0} = \frac{512.01}{50} = 10.24$ $\left(\frac{\phi}{\phi^0} \right)^{1/(1-n)} = \frac{10.24 + 15}{50} = 3.40$ $\frac{\phi}{\phi^0} = 3.40^{1-n} = 1.92$			
VOLUME MINIMO DI INVASO 512.01 ; 10,000.00 x 568.00 = 29.08 mc			
Q Portata ammissibile sul corpo riceettore 20 l/s/ha 1.14 l/sec			

Figura 10.4/D: Foglio di calcolo relativo all'intervento del PIDI 6

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 119 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014			
Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato: $W = W^* (\phi / \phi^*)^{(1/(1-n))} - 15 I - W^* P$ $\phi^* = 0.9 Imp^* + 0.2 Per^* \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$ <p> $W^* = 50$ mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione ϕ = coefficiente di deflusso post trasformazione ϕ^* = coefficiente di deflusso ante trasformazione $n = 0.48$ I e P es press come frazione dell'area trasformata Imp e Per es press come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice*) o dopo (se non c'è l'apice*) VOLUME RICAVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento </p>			
Oggetto:			
<i>(INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTORNATI)</i>			
ANTE OPERAM	Superficie fondiaria-lotto (mq) =	8138.00	mq Inserire la superficie totale dell'intervento
	Superficie impermeabile esistente =	0.00	mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Imp*	0.00	
	Superficie permeabile esistente (mq) =	8138.00	mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Per*	1.00	
	Imp* + Per*	1.00	
POST OPERAM	Superficie impermeabile trasformata o di progetto	3127.00	mq Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Imp	0.38	
	Superficie permeabile di progetto	5011.00	mq Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
	Per	0.62	
	Imp + Per	1.00	
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA			
	Superficie trasformata/livellata =	8138.00	mq superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola
	I	1.00	
	Superficie agricola inalterata =	0.00	mq superficie inalterata
	P	0.00	
	I + P	1.00	
CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM			
ϕ^*	$0.9 \times Imp^* + 0.2 \times Per^*$	=	0.9 x 0.00 + 0.2 x 1.00 = 0.20
ϕ	$0.9 \times Imp + 0.2 \times Per$	=	0.9 x 0.38 + 0.2 x 0.62 = 0.47
W	$W = W^* (\phi / \phi^*)^{(1/(1-n))} - 15 I - W^* P$	=	50 x 5.15 - 15 x 1.00 - 50 x 0.00 = 242.47 mc/ha
W^*	50 mc/ha		
$(\phi / \phi^*)^{(1/(1-n))}$	2.34		
	1.92		
VOLUME MINIMO DI INVASO	242.47 :	10,000.00 x	8,138.00 = 197.33 mc
Q	Portata ammissibile sul corpo ricettore 20 l/s/ha	16.28	l/sec

Figura 10.4/E: Foglio di calcolo relativo all'intervento dell'impianto finale

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 120 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Tabella 10.5 – Calcolo volume minimo di invaso con i diversi metodi considerati

Impianto	Sup. fondiaria lotto (Impianto + Strada)	Volume minimo di invaso		Vol. dispositivi
		Foglio di calcolo D.G.R. 53/2014	350 m ³ /ha Sup. Imp	
	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
PIDS 1.1	137	-	-	-
PIDA 1.1.1	137	-	-	-
PIDI 2	954	11,39	11,7	47,11
PIDS 2.1	102	-	-	-
PIL 3	397	19,34	9,2	25,92
PIDI 4 ⁽¹⁾	117	-	-	-
PIDI 5	474	23,81	11,3	32,06
PIDI 6	568	29,08	13,6	39,26
Impianto finale	8138	197,33	109,4	200,07

(¹) Impianto adiacente all'impianto HPRS di Bragno

Come si può osservare nella tabella 10.5, in tutti i casi in questione, il volume disponibile attraverso la realizzazione degli interventi in progetto garantisce, per tutti i metodi di calcolo considerati, il raggiungimento del volume minimo di invaso richiesto per la compensazione della trasformazione.

Calcolato il volume minimo d'invaso per ogni sito, si sono scelti dei dispositivi idraulici utili a garantire il rispetto dell'invarianza idraulica attraverso un drenaggio sostenibile per il sito in trasformazione. Sebbene le aree oggetto delle presenti trasformazioni non ricadano in nessuna area a rischio idraulico, al fine di evitare che i deflussi superficiali generati dagli stessi siti in trasformazione provochino un aggravio della portata di piena dei corpi idrici che ricevono tali deflussi, si è scelto per tutti di sfruttare il fenomeno di infiltrazione e immagazzinamento delle piogge nel suolo mediante la predisposizione di un sistema di mitigazione rappresentato da una trincea filtrante realizzata con un riempimento in ghiaia, unitamente a un bacino di infiltrazione ai lati della strada di accesso all'area d'impianto.

Tali dispositivi sono stati opportunamente dimensionati in modo da contenere il volume minimo d'invaso precedentemente calcolato.

La trincea sarà realizzata lungo il perimetro esterno dell'impianto, in adiacenza al cordolo di recinzione, ma all'interno dell'area di mitigazione. La sezione trasversale, caratterizzata da un'area di 1,07 m², avrà una larghezza massima pari a 1,35 m e una profondità di 1,0 m, dove i primi 0,3 m saranno utilizzati per realizzare uno strato di ricoprimento superficiale in ghiaia e sabbia, ovvero tout-venant di cava di fiume. **Lo spazio utile al riempimento della trincea è dato da un indice dei vuoti pari a circa 30%.**

Il bacino di infiltrazione tipo Dispositivo D10, caratterizzato da una sezione trasversale trapezoidale di area pari a 0,12 m², sarà invece realizzato ai lati della strada di accesso all'area d'impianto.

Inoltre, nella fascia di mitigazione dell'impianto sarà realizzato un "Sistema di Bioritenzione" tipo Dispositivo D5 che, insieme alla pavimentazione filtrante (Dispositivo D4), rappresenteranno delle misure complementari volte ad aumentare l'infiltrazione nel terreno.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO	REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 121 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

Il volume d'invaso dei dispositivi idraulici in progetto è calcolato con la seguente formula:

$$W_{\text{dispositivi}} = 0,3 \cdot (1,07 \text{ m}^2 \cdot L_{\text{trincea}} \text{ m}) + 2 \cdot (0,12 \text{ m}^2 \cdot L_{\text{strada}} \text{ m}) \quad (2)$$

Pertanto, il volume d'invaso dei dispositivi idraulici in progetto risulta essere pari a:

- **PIDI 2:** $W_{\text{dispositivi}} = 0,3 \cdot (1,07 \text{ m}^2 \cdot 146,8 \text{ m}) = \underline{47,11 \text{ m}^3} \geq 11,7 \text{ m}^3$
- **PIL3:** $W_{\text{dispositivi}} = 0,3 \cdot (1,07 \text{ m}^2 \cdot 80,8 \text{ m}) = \underline{25,92 \text{ m}^3} \geq 19,34 \text{ m}^3$
- **PIDI 5:** $W_{\text{dispositivi}} = 0,3 \cdot (1,07 \text{ m}^2 \cdot 77,5 \text{ m}) + 2 \cdot (0,12 \text{ m}^2 \cdot 30 \text{ m}) = \underline{32,06 \text{ m}^3} \geq 23,81 \text{ m}^3$
- **PIDI 6:** $W_{\text{dispositivi}} = 0,3 \cdot (1,07 \text{ m}^2 \cdot 77,5 \text{ m}) + 2 \cdot (0,12 \text{ m}^2 \cdot 60 \text{ m}) = \underline{39,26 \text{ m}^3} \geq 29,08 \text{ m}^3$
- **Imp. Finale:** $W_{\text{disp.}} = 0,3 \cdot (1,07 \text{ m}^2 \cdot 344,8 \text{ m}) + 2 \cdot (0,15^* \text{ m}^2 \cdot 298 \text{ m}) = \underline{200,1 \text{ m}^3} \geq 197,3 \text{ m}^3$

(*) sezione bacino di infiltrazione a maggior ingombro

È stata stimata un'altezza "teorica" di accumulo in trincea pari a 0,67 m. Si ricorda che tale altezza non tiene conto della permeabilità dei terreni circostanti.

Di seguito si riporta un dettaglio della trincea filtrante (Figura 10.5) e del bacino di infiltrazione (Figura 10.6).

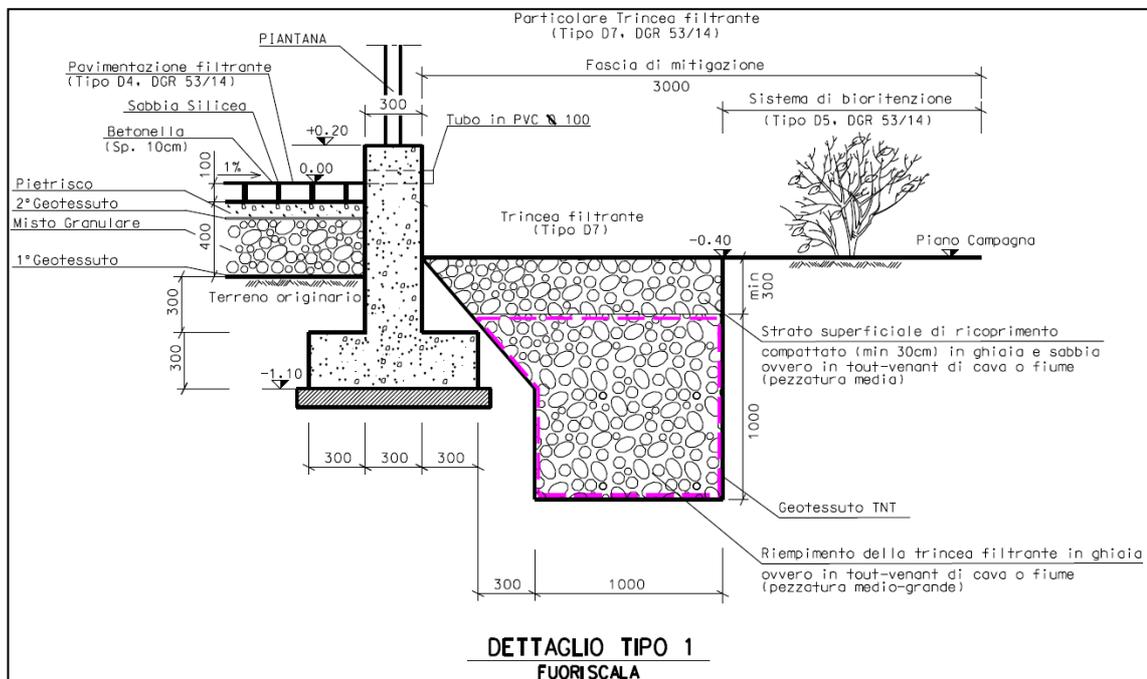


Figura: 10.5: Dettaglio della trincea filtrante (tipo dispositivo D7)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 122 di 124

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

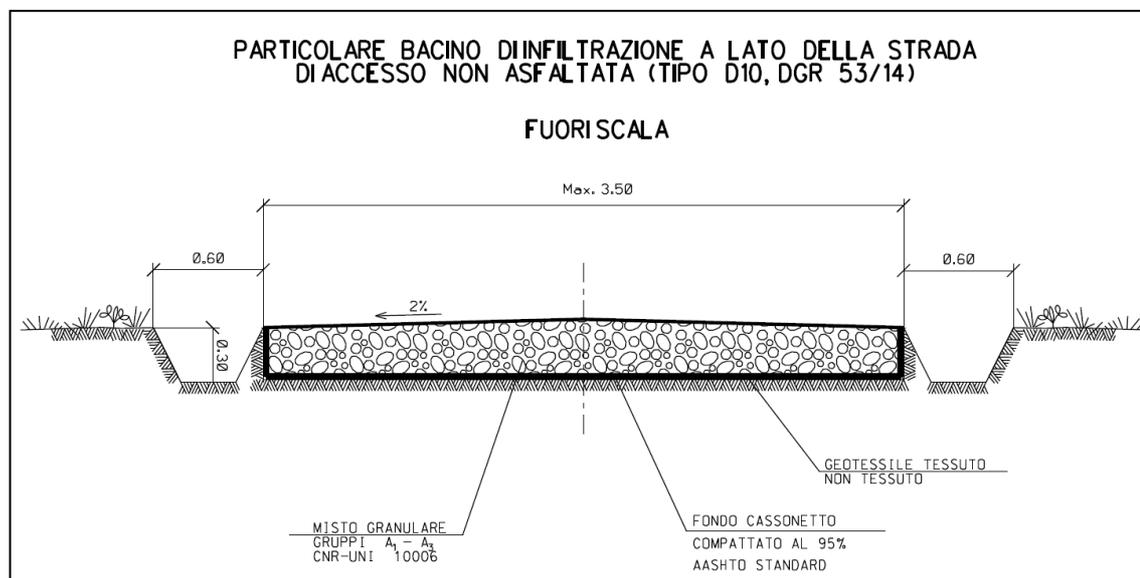


Figura: 10.6: Dettaglio bacino di infiltrazione (tipo dispositivo D10)

Come osservabile in Figura 10.5, si prevede l'installazione nel cordolo di recinzione di tubi in PVC con diametro 100 mm, disposti con un interasse di circa 3,5 m al fine di favorire il corretto funzionamento dell'intera trincea filtrante. Inoltre, tale soluzione consente di rispettare sia la limitazione prevista dalla D.G.R. 53/2014 ($D < 200$ mm) sia la portata ammissibile definita in ogni scheda (figure 10.4).

Infatti, utilizzando la formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler per il calcolo della portata di una condotta a sezione circolare a pelo libero, e considerando un riempimento del 40%, con una pendenza pari a 0.001m/m ed un coefficiente di scabrezza per tubi in PVC pari a 120, si ottiene una portata del singolo tubo pari a 0,86 l/s.

La strada di accesso in ghiaietto stabilizzato, con sbocco sulla viabilità esistente, sarà realizzata con una pendenza adeguata a garantire il deflusso delle acque di pioggia e la restituzione profonda nel terreno attraverso la realizzazione del bacino di infiltrazione descritto in precedenza. Per le strade in asfalto, sarà impiegato un asfalto di tipo drenante.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007	
	PROGETTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Fg. 123 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

11 CONCLUSIONI

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale (par. 3.2), gli interventi previsti per le infrastrutture in progetto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale dei corsi d'acqua interessati. In generale sono infatti verificate le seguenti condizioni:

- l'attraversamento degli alvei e delle relative aree di pertinenza saranno eseguiti mediante posa a profondità compatibile con la dinamica fluviale;
- le caratteristiche esecutive degli attraversamenti non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico;
- con riferimento ai PAI e all'art. 7 del Regolamento regionale n. 3/2011 della Regione Liguria, l'intervento, nella sua globalità, è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate a pericolosità idraulica e negli alvei dei corsi d'acqua, assicurando il non aggravio delle condizioni di rischio;
- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso dei corsi d'acqua e non avrà influenza sugli assetti idraulici specifici; ovviamente, non si darà luogo ad alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua attraversati non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori;
- le profondità di posa definite negli attraversamenti risultano pienamente commisurate all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo, indotti dalle portate di massima piena duecentennale, e garantiscono l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza con il flusso della corrente;

Considerazioni conclusive

Per tutte le aree di interferenza esaminate, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive:

- *assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* Gli interventi non inducono modifiche all'assetto morfologico degli alvei incisi, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico, garantendo il mantenimento delle caratteristiche idrauliche delle sezioni di deflusso;
- *assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), 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 non creeranno alcun ostacolo al corretto 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;

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R23350	CODICE TECNICO -
	LOCALITÀ	ALTO TIRRENO		REL-PAI-E-11007
	PROGETTO	Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Fg. 124 di 124	Rev. 1

Rif. SAIPEM 023113-370 – 100 LA-E-80007

- *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 della regione fluviale, che possano pregiudicare in maniera “irreversibile” l’attuale assetto paesaggistico. Per gli attraversamenti dei corsi d’acqua, le 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;
- assenza di elementi di impedimento per l’eventuale realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio negli ambiti fluviali in esame.

Per quanto concerne le interferenze tra i punti di linea previsti in progetto:

- **PIDA 1.1.1** - Punto di Intercettazione con Discaggio di Allacciamento n.1.1.1 (PIDA), località “Castellaro” (Prog. km 11+080), Altare (SV);
- **PIDI 4** - Punto di Intercettazione di Derivazione Importante n.4 (PIDI), località “Bragno” (Prog. km 17+105), Cairo Montenotte (SV);
- **PIDI 6** - Punto di Intercettazione di Derivazione Importante n.6 (PIDI), località “Casa Rossa” (Prog. km 22+085), Cairo Montenotte (SV);

e le aree di esondazione, oltre a quanto prima considerato per gli attraversamenti, si può affermare che essi risultano compatibili con le specifiche dinamiche fluviale locale per le seguenti ragioni:

- *assenza di modifiche indotte sull’assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell’alveo. Gli interventi sono localizzati a distanza di sicurezza dagli alvei attivi;*
- *assenza di modifiche indotte sul profilo involuppo di piena. Gli incrementi del livello idrico e della velocità indotti dall’esecuzione degli impianti risultano, per le portate di piena, del tutto trascurabili;*
- *assenza di riduzione della capacità d’invaso. Le modalità esecutive previste non creeranno alcun ostacolo al corretto 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 della regione fluviale. Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale della area di esondazione del corso d’acqua, che possano pregiudicare in maniera “irreversibile” l’attuale assetto;*
- *non comportano aggravio delle condizioni di rischio nelle aree degli interventi né tantomeno in altre aree.*
- *nella realizzazione degli impianti e punti di linea è stato limitato lo sviluppo delle aree impermeabili e sono state definite opportune misure atte a favorire l’infiltrazione e l’invaso temporaneo diffuso delle precipitazioni meteoriche.*

In sintesi, tutti gli interventi in progetto risultano congruenti con le misure di protezione e prevenzione stabilite nella Disciplina di Piano (PAI, PGRA e DGR 428/2021), nonché COMPATIBILI con le disposizioni stabilite nel Regolamento regionale n. 3/2011 della Regione Liguria, sia per la natura dell’opera sia per gli accorgimenti esecutivi previsti.