

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 1 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16"), DP 75 bar ed opere connesse

Attraversamento in subalveo

RIO FRASCARESE

(Prog. km: 34+960)

STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO E RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

0	Emissione	Caccavo	Sciosci	Palozzo	Nov. 2022
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 2 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

INDICE

1	GENERALITÀ	4
1.1	Premessa	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	Disegno di Attraversamento	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3	CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO IN ESAME	9
3.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	9
3.2	Descrizione dell'area di attraversamento	10
3.3	Indagini di caratterizzazione stratigrafica	13
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	14
4.1	Generalità	14
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	14
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	14
4.4	Studi propedeutici al PAI	15
4.4.1	<i>Premessa</i>	15
4.4.2	<i>Elaborazione idrologiche - Cenni</i>	15
4.4.3	<i>Risultati finali delle elaborazioni idrologiche</i>	16
4.5	Valutazione delle portate nell'ambito in esame	18
4.6	Portata di progetto	19
5	STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	20
5.1	Presupposti e limiti dello studio	20
5.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	20
5.2.1	<i>Assetto geometrico di modellazione</i>	20
5.2.2	<i>Dati di input e condizioni al contorno</i>	22
5.3	Risultati della simulazione idraulica	23
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	34
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	35
6.1	Generalità	35
6.2	Criteri di calcolo	36
6.3	Stima dei massimi approfondimenti d'alveo attesi	39
6.4	Analisi dei risultati e considerazioni progettuali	40
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	41

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 3 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

7.1	Metodologia costruttiva dell'attraversamento in sub-alveo	41
7.2	Configurazione geometrica di progetto	41
8	DESCRIZIONE DELLE METODOLOGIE COSTRUTTIVE	43
8.1	Campi di applicazione del RAISE BORING	43
8.2	Sistema costruttivo della galleria di base - MICROTUNNEL	44
8.2.1	<i>Requisiti generali del sistema costruttivo</i>	44
8.2.2	<i>Esecuzione della postazione di spinta</i>	46
8.2.3	<i>Esecuzione della trivellazione</i>	46
8.2.4	<i>Sistema costruttivo per la camera di collegamento (postazione di arrivo)</i>	47
8.3	Sistema costruttivo per il pozzo sub-verticale – RAISE BORING	48
8.3.1	<i>Installazione della condotta nella sezione sub-verticale</i>	49
8.3.2	<i>Installazione della condotta nella sezione sub-orizzontale</i>	50
8.4	Lavori di completamento	51
8.5	Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo	52
9	VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA	54
9.1	Quadro normativo di riferimento	54
9.1.1	<i>Criteri generali di progettazione del metanodotto</i>	54
9.1.2	<i>Pianificazione territoriale di settore</i>	54
9.1.3	<i>Disposizioni e Misure di salvaguardia per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica</i>	55
9.1.4	<i>Regolamento regionale n. 3/2011</i>	59
9.2	Interferenze con aree a pericolosità idraulica	61
9.3	Analisi delle condizioni di Compatibilità Idraulica	62
9.3.1	<i>Considerazioni di carattere generale</i>	62
9.3.2	<i>Considerazioni specifiche inerenti all'ambito di attraversamento dell'alveo</i>	62
9.3.3	<i>Considerazioni specifiche inerenti ai tratti di percorrenza di linea delle aree non censite dal PAI</i>	63
9.4	Considerazioni conclusive sulla compatibilità idraulica	64
10	CONCLUSIONI	65
	APPENDICE 1: COLONNE STRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI	67
	ANNESSO: Disegno di Attraversamento DIS-AT-2B-11315 <i>"Met. Rifacimento Derivazione per Sestri Levante", DN400 (16");</i> Attraversamento Raise Borer "CASALI"	

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 4 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La Snam Rete Gas intende rinnovare la linea esistente del metanodotto "Derivazione per Sestri Levante DN 250 - 400 (10" - 16")", che si sviluppa da Albareto (PR) a Sestri Levante (SP), mediante la sostituzione di alcuni tratti della linea attualmente in esercizio.

Il progetto prevede la realizzazione di alcuni tratti in sostituzione della linea esistente, che sarà dismessa e rimossa solamente in corrispondenza delle percorrenze di nuova progettazione, nonché l'adeguamento di alcune linee secondarie di vario diametro che prendono origine dalla linea principale, al fine di garantire la fornitura del servizio al bacino delle utenze presenti nell'area.

Il territorio interessato dall'opera è compreso nelle Regioni Emilia-Romagna, Comune di Albareto (PR) e Liguria, Comuni di Varese Ligure, Carro, Maissana in Provincia della Spezia e Castiglione Chiavarese, Casarza Ligure e Sestri Levante nell'ambito della Città Metropolitana di Genova.

In particolare, il tracciato in progetto (DN 400) interseca l'alveo del Rio Frascarese (anche noto come torrente San Pietro) nel territorio comunale di Castiglione Chiavarese (GE), in un ambito situato in prossimità della località Casali di Sopra.

In corrispondenza del sopracitato ambito di attraversamento del corso d'acqua, il tracciato in progetto interferisce con delle aree censite a pericolosità idraulica nel Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'ex Autorità di Bacino Regionale per l'Ambito 17 e nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale.

1.2 Scopo e descrizione 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;

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 5 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

- 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 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 Disegno di Attraversamento

Il progetto dell'attraversamento del corso d'acqua, comprendente le caratteristiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché le caratteristiche tipologiche e dimensionali delle eventuali opere di sistemazione, è stato sviluppato nel seguente elaborato grafico:

- **DIS-AT-2B-11315**
"Met. Rifacimento Derivazione per Sestri Levante", DN400 (16");
 Attraversamento Raise Borer "CASALI"

Pertanto, per gli approfondimenti di alcune tematiche affrontate nel presente documento, si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto sopra citato.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 6 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento dell'alveo del Rio Frascarese da parte del tracciato della variante in progetto (DN400) ricade nel territorio comunale di Castiglione Chiavarese (GE), in prossimità della località Casali di Sopra. Dal punto di vista idrografico, l'ambito di attraversamento ricade nel tratto finale dello sviluppo dell'asta del torrente, circa 300 m a monte della confluenza nel torrente Petronio.

Al fine di fornire un inquadramento territoriale generale dell'ambito di attraversamento in esame, qui di seguito si riporta una corografia in scala 1:25.000 (estratta dalla Mappa regionale della Liguria), dove:

- il tracciato della variante in progetto è rappresentato mediante una linea in rosso;
- il tratto di metanodotto da dismettere è indicato tramite una linea tratteggiata di colore verde;
- l'area di attraversamento in esame è evidenziata mediante un cerchio in colore blu.

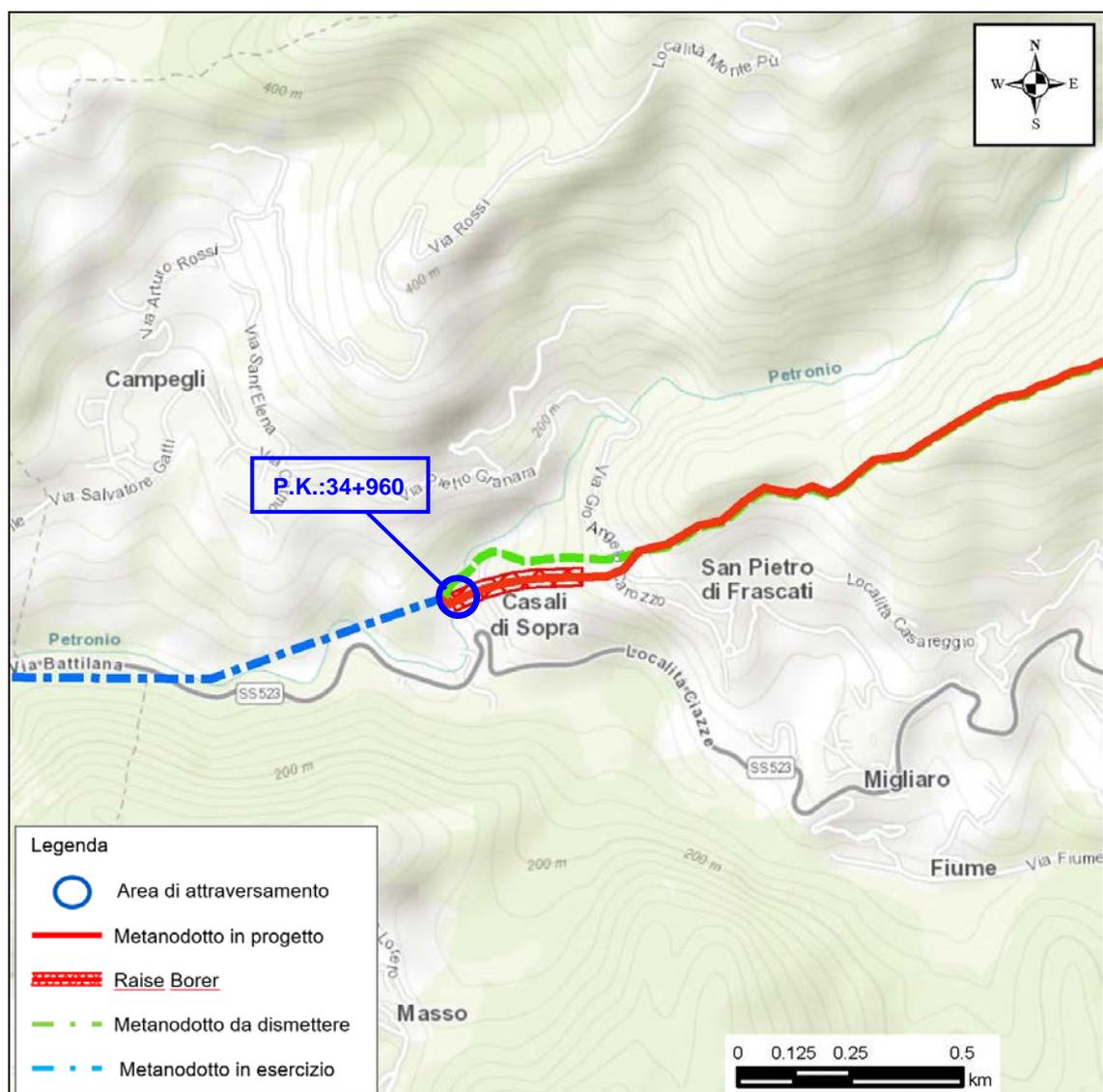


Fig.2. 1/A: Corografia generale in scala 1:25.000

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 7 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

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

Tab.2.1/A: Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua

Coordinate Piane: WGS84- Fuso 32 (EPSG 32632) 539528 m E 4902682 m N

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (dalle CTR in scala 1:10.000), nel quale sono riportate le medesime informazioni di cui allo stralcio precedente.

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante una sagoma rettangolare in color magenta) il tratto di condotta con posa prevista in trivellazione. Ciò in quanto (come meglio specificato in seguito) l'attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame verrà eseguito con metodologia trenchless (Raise boring).

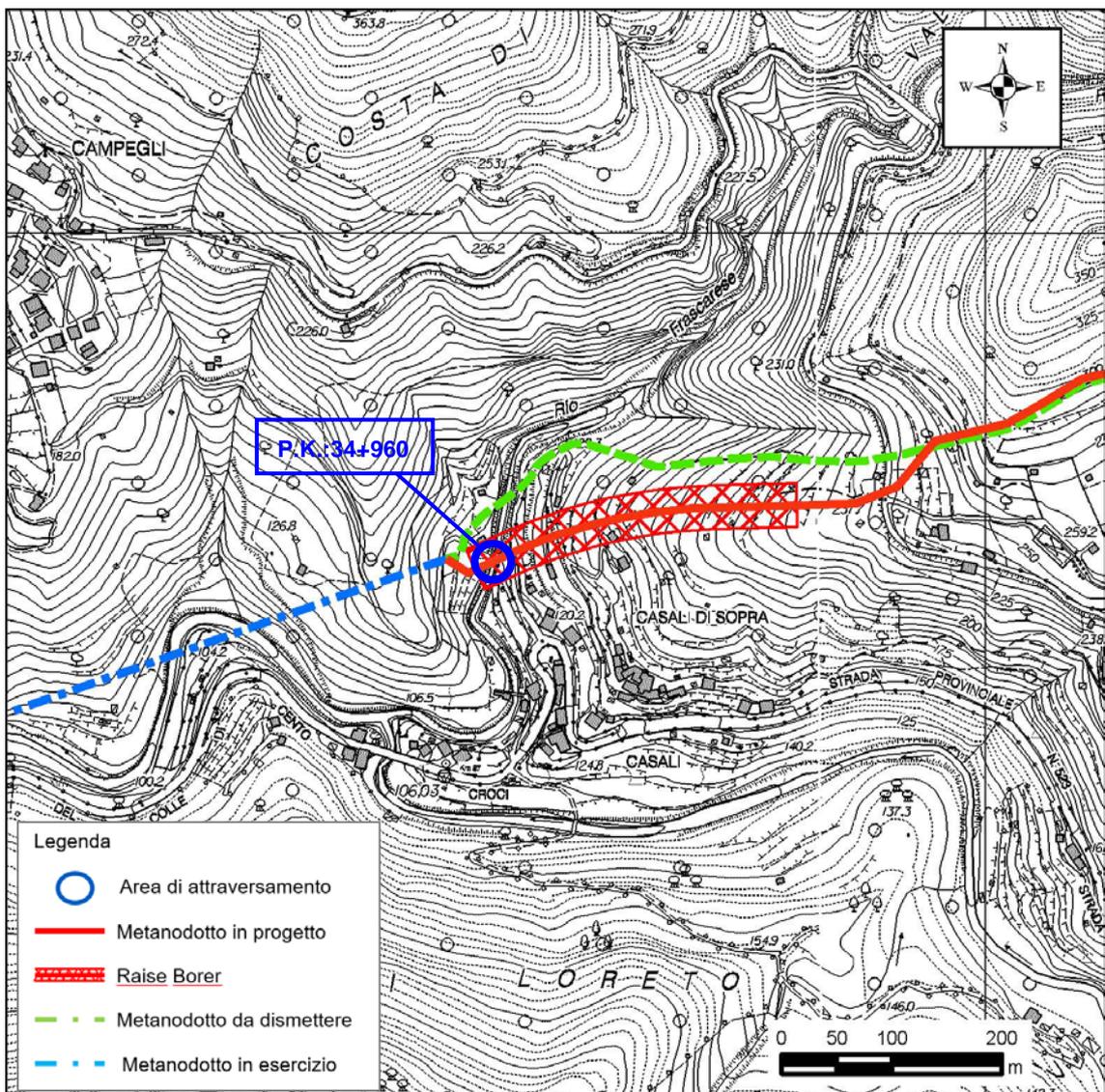


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 8 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Dall'analisi della figura precedente si rileva che l'ambito di attraversamento del corso d'acqua da parte del tracciato in progetto (DN400) è ubicato circa 60 m a valle nei confronti di un attraversamento del metanodotto DN250 attualmente in esercizio (e che verrà successivamente dismesso).

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 9 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

3 CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il rio Frascarese è un corso d'acqua di significativa rilevanza, di livello gerarchico 2 (da valle a monte), in quanto è uno dei principali affluenti di destra del torrente Petronio; pertanto, rappresenta un elemento del reticolo idrografico del Petronio. Il rio Frascarese è caratterizzato da un bacino complessivo chiuso alla confluenza nel Petronio in località Casali di circa 6,6 km², ricadente nel territorio di Castiglione Chiavarese (in provincia di Genova).

Il bacino del rio Frascarese è delimitato dalle creste del monte Pu' (1001 m) a ovest, del Monte Alpe di Maissana (1095 m) a nord, di M. Bastia (760,5 m) e del Poggio (695,5 m) ad est e del M. Tassea (528 m) e M. Frascati (368,7 m) a sud.

Il corso d'acqua, noto anche come T. San Pietro, si origina nel versante meridionale del Monte Alpe di Maissana (1095 m), e si sviluppa con direzione prevalente verso sud per circa 2,6 km, raccogliendo le acque di alcuni tributari minori che si sviluppano nei versanti laterali. I suoi tributari principali si trovano nel tratto montano, in sinistra idrografica, da monte sono: rio Gione, rio Bocco della Casetta, rio Bastia Poggio, rio Bareggi (anche detto Baresi).

Dopo la confluenza del rio Bareggi, il torrente devia verso sud-ovest e si dirige verso valle per circa 3,4 km, ricevendo i contributi da destra del rio Bansigo e del rio della Lavandara, per infine confluire, dopo un ultimo tratto sinuoso, nel torrente Petronio in corrispondenza dell'abitato di Casali.

Il regime idrologico del corso d'acqua è tipicamente torrentizio, con andamento dei deflussi legato sostanzialmente a quello delle precipitazioni atmosferiche ricadenti nel bacino.

In particolare, i deflussi sono cospicui soprattutto nei mesi autunnali (in particolare tra ottobre e novembre) e in primavera (anche per il contributo determinato dallo scioglimento delle nevi); mentre in estate s'individuano degli importanti periodi di magra. Gli eventi idrometrici di maggior rilievo risultano essere associabili a fenomeni pluviometrici intensi, che danno luogo al regime "torrentizio" di portate nel torrente e il suo carattere torrentizio si esplica in piene improvvise.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in colore giallo), su una base cartografica estrapolata dalla Mappa Regionale della Liguria al 50.000, con indicazione dell'asta del corso d'acqua e del reticolo idrografico significativo (in blu). Nella stessa figura è anche indicato l'ambito d'interferenza in esame tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in rosso) e l'alveo del corso d'acqua. I tratti di metanodotto da dismettere sono rappresentati con una linea verde tratteggiata.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 10 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

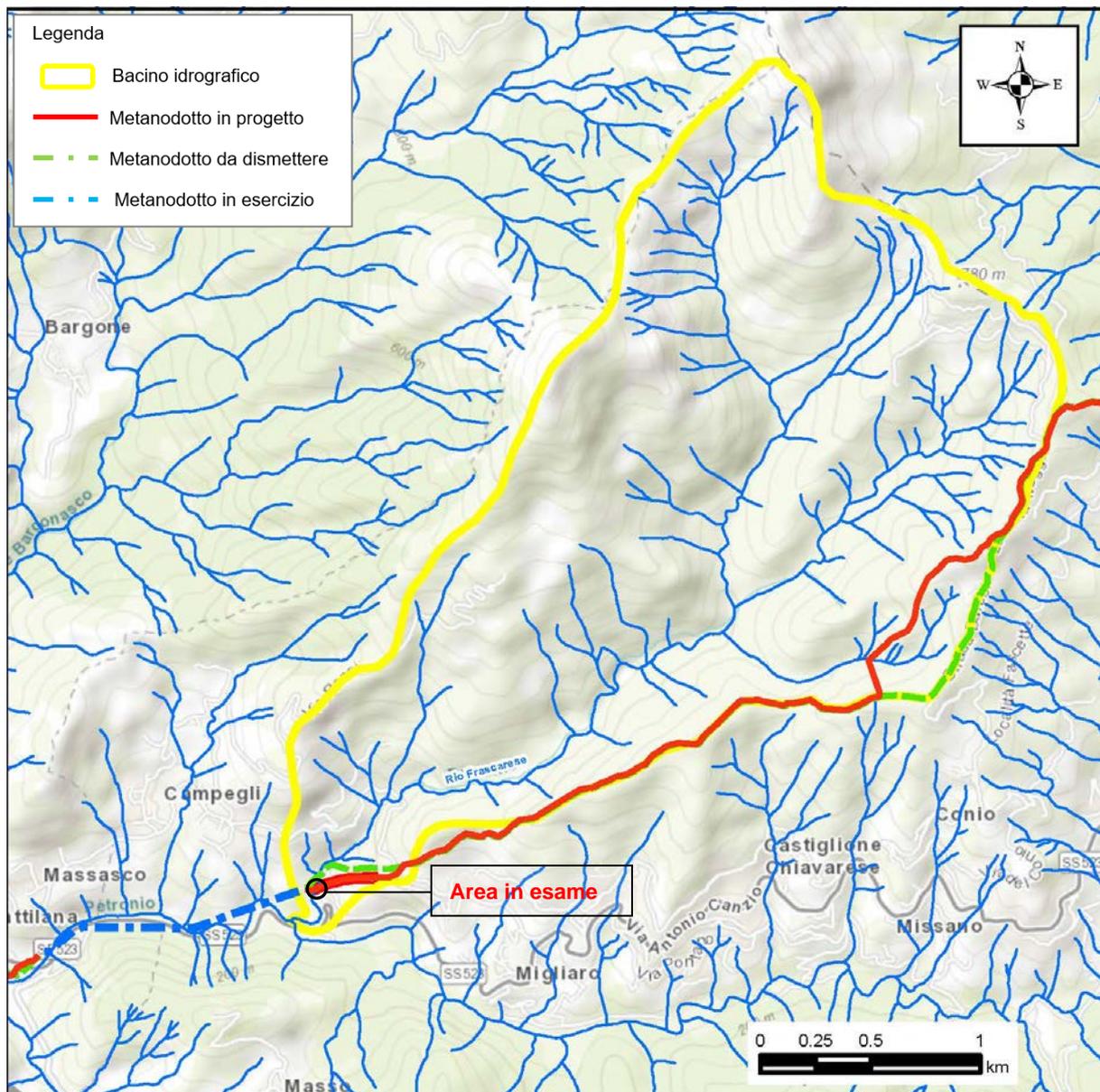


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua (Sup = 6,6 km²) e indicazione dell'ambito in esame

3.2 Descrizione dell'area di attraversamento

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto (DN400) ricade nei pressi della località "Casali di Sopra", nel tratto terminale dello sviluppo dell'asta del corso d'acqua, a circa 300 m dalla confluenza nel Petronio.

L'attraversamento ricade in un tratto in cui il corso d'acqua assume un andamento longitudinale moderatamente sinuoso. Il corso d'acqua presenta una configurazione d'alveo molto incisa, con un letto di fondo di ampiezza di circa 7-8 m, costituito da ghiaie, ciottolame e blocchi lapidei, in una matrice sabbiosa. S'individuano inoltre degli affioramenti lapidei in prossimità del punto di attraversamento. Le sponde sono alte

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 11 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

circa 4-5 m e sono significativamente acclivi. Dal punto di vista vegetazionale, poiché l'area in esame ricade in un ambito antropizzato, non s'individua la presenza di una vegetazione arborea e/o arbustiva di pregio dal punto di vista naturalistico.

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito in esame, qui di seguito si riporta una foto aerea dove:

- il tracciato della variante in progetto è rappresentato mediante una linea in rosso;
- il tratto di metanodotto da dismettere è indicato tramite una linea in verde;
- l'area di attraversamento è evidenziata mediante un cerchio in colore celeste.

L'attraversamento in esame, come meglio specifico nel seguito, verrà eseguito con metodologia trenchless (Raise boring), il cui sviluppo di trivellazione in subalveo è schematicamente indicato in figura mediante una campitura in rosa.



Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento

Nella figura seguente è inoltre riportata una foto relativa all'ambito d'attraversamento in esame del corso d'acqua, scattata dalla sponda in sinistra idrografica.

La linea indicata in rosso rappresenta la posizione del tracciato del metanodotto in progetto. La stessa linea è stata riportata tratteggiata per indicare che l'attraversamento verrà eseguito mediante trivellazione in subalveo.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria	REL-CI-E-10406		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 67	Rev. 0	

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406



Fig.3.2/B: Foto ambito d'attraversamento in esame

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 13 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

3.3 Indagini di caratterizzazione stratigrafica

Per l'acquisizione degli elementi che hanno permesso di esprimere un giudizio sui terreni presenti lungo i tracciati delle varianti in progetto, recentemente (nel 2022), è stata eseguita una specifica campagna geognostica.

In particolare, per la caratterizzazione dell'ambito fluviale in esame risulta interessante un sondaggio (denominato DS-B-B53), la cui ubicazione è riportata nella foto aerea di cui alla figura seguente.



Fig.3.3/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento, con ubicazione del sondaggio di interesse

Per l'esame della colonna stratigrafica del sondaggio di riferimento si rimanda alla visione dell'Appendice 1.

Dall'analisi della colonna stratigrafica si individua la presenza di terreni granulari costituiti da depositi grossolani appartenenti sia ai depositi del terrazzo alluvionale che al detrito colluviale del versante per uno spessore pari a circa 5 metri; al di sotto di questa profondità si individua il substrato roccioso appartenente alla formazione dei gabbri e delle brecce di Monte Zenone.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 14 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

4.1 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. Le varie metodologie sono qui di seguito elencate.

- 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.

4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Nel caso in esame, per le valutazioni idrologiche si utilizzano i dati e le elaborazioni tratti dagli studi propedeutici al Piano di Bacino Stralcio del Torrente Petronio (Ambito 17) redatti per conto della Provincia di Genova, e successive integrazioni.

In tal senso, nel seguito si provvederà a riportare dei cenni sulle elaborazioni e sulle metodologie di calcolo finalizzate alla determinazione delle portate di piena, con assegnato periodo di ritorno, in un certo numero di sezioni significative della rete idrografica del torrente Petronio.

4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino

Si assume come sezione di studio quella di attraversamento da parte della variante in progetto (DN400), che ricade in prossimità della località "Casali di Sopra", nel tratto terminale dello sviluppo dell'asta principale del Rio Frascarese.

Nella figura seguente è riportata un'immagine tridimensionale su base satellitare, estrapolata da Google Earth, con la delimitazione del bacino imbrifero del Rio Frascarese sotteso dalla sezione di studio e con l'indicazione dell'asta idrica principale. Nella stessa figura sono riportate anche le condotte dei metanodotti esistenti ed in progetto.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 15 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

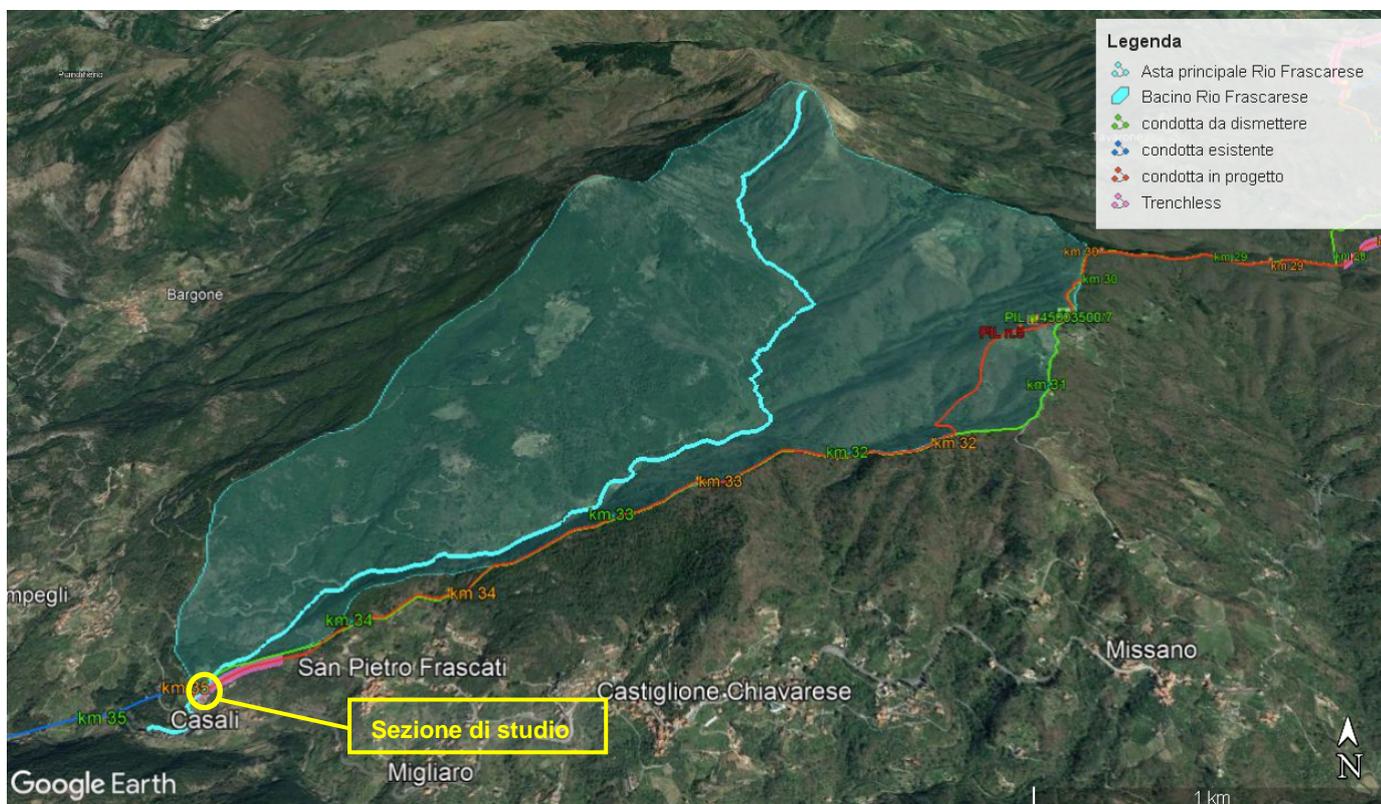


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio (immagine 3D su base satellitare)

Nella tabella seguente sono riportati i parametri morfometrici del bacino sotteso dalla sezione di studio (sezione di attraversamento).

Tab.4.3/A: Parametri morfometrici

Corso d'acqua	Sez. di studio	Superficie Bacino (kmq)	Lunghezza asta principale (km)	Altitudine max del Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
Rio Frascarese	Attraversamento	6,5	5,7	1095	108

4.4 Studi propedeutici al PAI

4.4.1 Premessa

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.

4.4.2 Elaborazione idrologiche - Cenni

Al fine della determinazione delle portate di piena, il bacino del Petronio è stato suddiviso in 40 sottobacini (fra cui il rio Frascarese) ed in 19 aree scolanti.

Le sezioni di chiusura dei sottobacini sono state numerate da 1 a 29, da monte verso valle, mentre le sezioni di chiusura sull'asta principale sono contraddistinte da una lettera compresa tra A e M, anche in questo caso procedendo da monte verso valle.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 16 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Ai fini della determinazione delle portate di piena con assegnati periodi di ritorno, sono stati, in prima fase, raccolti ed esaminati i dati di pioggia registrate nelle stazioni all'interno del bacino o limitrofe ad esso pubblicati dal Servizio Idrografico Nazionale, aggiornati fino al 1996.

Dopo aver analizzato le caratteristiche delle serie storiche registrate dai pluviometri situati all'interno del bacino o nelle immediate vicinanze di esso, si è proceduto alla scelta delle stazioni più significative per descrivere le caratteristiche degli eventi pluviometrici intensi all'interno del bacino considerato.

La maggior parte del bacino del Torrente Petronio risulta compresa all'interno dell'area di competenza del pluviometro di Castiglione Chiavarese. Ciò è dovuto essenzialmente alla posizione all'incirca baricentrica della stazione.

La stazione di Castiglione Chiavarese risulta sicuramente più significativa per descrivere il regime pluviometrico anche dei sottobacini posti all'interno delle aree di competenza degli altri pluviometri. Detta stazione, oltre ad essere posta in posizione centrale del bacino, è posta anche ad una quota molto vicina alla quota media del bacino stesso. Di conseguenza, per le successive elaborazioni è stata utilizzata solo ed esclusivamente la stazione di Castiglione Chiavarese.

Dunque, il regime pluviometrico degli eventi estremi è stato valutato in base alle altezze di pioggia massime per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore registrate presso la stazione pluviometrografica di Castiglione Chiavarese.

Le elaborazioni statistiche sono state condotte regolarizzando le altezze di pioggia annuali per le durate considerate utilizzando la legge probabilistica di Gumbel.

La scelta della distribuzione di Gumbel è stata quindi validata utilizzando il test statistico di Kolmogorov-Smirnoff.

Il metodo utilizzato nella valutazione delle portate è necessariamente di tipo indiretto, basato cioè sulla modellazione afflussi-deflussi dei dati di pioggia.

Non sono stati utilizzati i dati idrometrici della stazione di misura di Riva Trigoso in quanto in genere le misurazioni dirette di portata risultano molto precise per le portate di morbida o di magra, ma perdono significatività in condizioni di piena estrema, in quanto crolli di arginature, elevato trasporto solido, esondazioni laterali o ostruzioni parziali delle sezioni di deflusso portano in genere ad una sottostima di tali portate, con una conseguente sottostima dei quantili conseguenti all'analisi statistica.

Il modello adottato per passare dalle informazioni pluviometriche alle portate di piena è costituito da una prima parte di trasformazione della pioggia di progetto in pioggia netta, depurata cioè della parte di infiltrazione, basata sull'interpretazione Hortoniana (non lineare) del processo di assorbimento da parte del terreno, e da una seconda parte basata su un modello di trasformazione della piena attraverso la rete idrografica, attraverso il Modello di Nash.

4.4.3 Risultati finali delle elaborazioni idrologiche

Sulla base delle elaborazioni condotte si è quindi giunti alla determinazione delle portate di piena, con assegnato periodo di ritorno, in un certo numero di sezioni significative della rete idrografica del corso d'acqua esaminato.

È stata inoltre calcolata, per tutte le sezioni prese in esame, la portata di piena dedotta dalla Curva Inviluppo delle portate di piena (CATI 1970) dei corsi d'acqua liguri aventi versante tirrenico, edita dal Servizio Idrografico di Genova ed aggiornata dopo l'alluvione del 1970. Queste ultime portate sono state quindi confrontate con quelle desunte dall'analisi idrologica, al fine di associare ad esse un valore del periodo di ritorno.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 17 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Tab.4.4/A: Valori delle portate di piena ricavate con l'analisi idrologica per diversi periodi di ritorno confrontati con quelli del CATI, per le sezioni di chiusura considerate. La sezione di chiusura del sottobacino del Rio Frascarese è la n. 11.

Sez.	$Q_{T=5}$ m ³ /s	$Q_{T=10}$ m ³ /s	$Q_{T=20}$ m ³ /s	$Q_{T=25}$ m ³ /s	$Q_{T=50}$ m ³ /s	$Q_{T=100}$ m ³ /s	$Q_{T=200}$ m ³ /s	$Q_{T=500}$ m ³ /s	Q_{Cati} m ³ /s
1	27	34	41	43	50	57	64	73	56
2	21	27	32	34	39	44	49	56	50
A	62	76	89	94	106	119	132	149	140
3	19	24	29	31	36	40	45	51	35
B	69	85	99	104	119	133	147	166	171
4	28	35	41	43	49	55	61	69	59
5	4	5	6	7	8	9	10	11	5
6	56	69	81	85	97	108	120	135	135
C	121	148	174	182	207	232	256	289	267
7	34	42	50	52	60	67	74	84	73
D	129	156	182	191	216	241	266	298	354
8	27	34	40	41	47	53	59	66	50
E	162	196	228	238	269	300	331	371	412
9	47	56	65	67	76	84	93	104	90
10	24	29	34	36	41	45	50	56	47
11	91	109	126	131	148	165	181	203	199
F	218	262	305	318	359	400	441	494	488
12	21	25	29	30	34	38	42	48	41
G	220	264	307	320	362	403	446	500	506
13	53	65	75	79	89	100	110	124	112
H	247	296	343	357	403	448	493	553	542
14	52	62	72	75	84	93	103	115	98
15	53	69	73	77	86	96	105	118	103
16	91	109	126	131	147	163	179	201	184
17	24	30	35	36	41	46	51	57	40
18	108	129	149	155	175	194	213	239	235
19	28	35	42	45	52	58	65	74	70
20	133	159	184	192	216	240	264	295	276
21	27	32	37	39	44	49	54	61	53
22	149	178	206	215	242	268	295	330	337
I	330	394	456	476	536	595	654	732	691
23	36	43	50	53	59	66	72	81	57
24	24	29	34	36	41	45	50	56	24
25	56	66	77	80	90	100	110	124	90
26	12	15	18	19	21	24	27	30	16
27	61	74	87	91	103	115	127	143	162
28	30	37	43	45	50	56	62	70	79
L	368	440	509	530	598	664	730	817	807
29	51	61	71	74	83	93	102	115	117
M	370	443	512	534	601	668	734	821	856

Infine, a titolo di confronto, si sono determinati per le sezioni di chiusura più significative del bacino i valori di portata col metodo della regionalizzazione (CIMA) per i tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni. Tra le portate del torrente Petronio ottenute col metodo di Nash e quelle fornite dallo studio CIMA è emersa una congruenza soddisfacente che conferma la bontà dei valori ottenuti.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 18 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Tab.4.4/B: Valori di portata col metodo CIMA per tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni per le sezioni di chiusura più significative del bacino del Petronio.

Sez.	Q _{T=50} m ³ /s	Q _{T=200} m ³ /s	Q _{T=500} m ³ /s
D	136	197	237
E	164	238	286
F	240	347	418
G	252	364	438
H	276	399	480
I	437	632	761
L	510	738	888
M	538	778	936
11	70	101	122
20	114	165	198
22	141	204	245

Per la descrizione di dettaglio delle modalità di elaborazione nei modelli afflussi-deflussi e CIMA si rimanda rispettivamente alla visione dei paragrafi 2.7.4.1 e 2.7.4.2 della Relazione Generale del Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico del Torrente Petronio – Ambito Regionale di Bacino 17 (D.G.P n.121 del 18/11/2013).

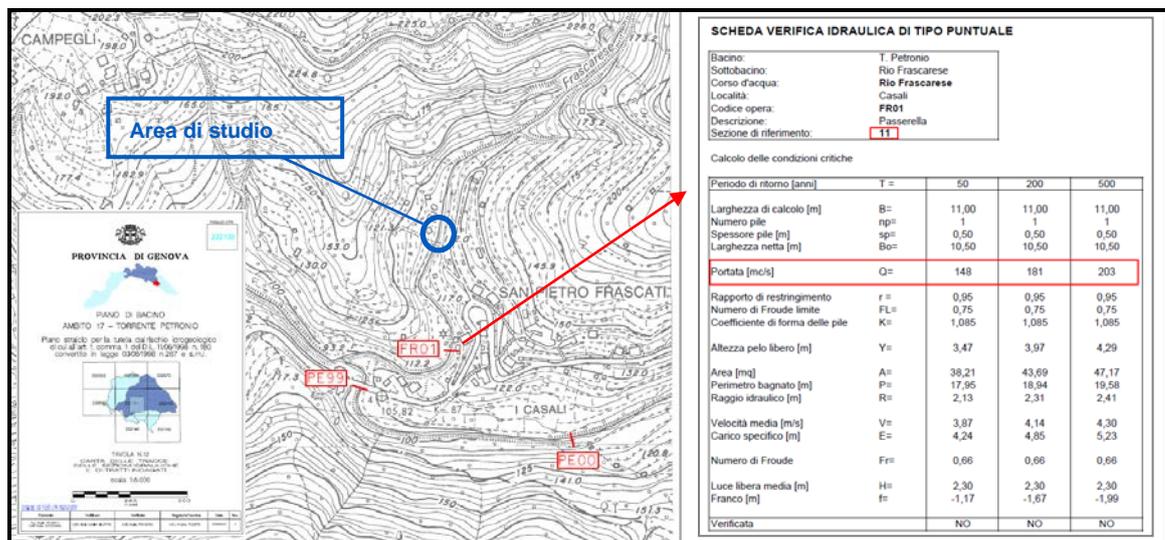


Fig.4.4/A: Stralcio planimetrico di carta tematica del Piano di Bacino relativo alla Sezione di chiusura del sottobacino del Rio Frascarese. Sulla destra, scheda di verifica puntuale eseguita in corrispondenza del manufatto idraulico in località Casali (fonte: Verifiche idrauliche locali Petronio, allegato tecnico del Piano di Bacino)

4.5 Valutazione delle portate nell'ambito in esame

L'ambito fluviale in esame è ricadente nel bacino del Rio Frascarese, a sua volta sottobacino del Petronio. La superficie sottesa dalla sezione di studio risulta di 6.5 km².

Pertanto, sulla base delle risultanze delle elaborazioni di cui alla Tab.4.4/A, per la sezione di studio dell'attraversamento si possono adottare gli stessi risultati della sezione di chiusura n.11 sul Rio Frascarese (FR01), ubicata circa 150 m più a valle.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 19 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Tab.4.5/A: Sezione di studio – Portate al colmo di piena

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=50anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=100anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=200anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=500anni)
Rio Frascarese / Sez. di Studio	6,5	148	165	181	203

4.6 Portata di progetto

Conformemente a quanto previsto in normativa, si adotta come portata di progetto per la sezione di studio in esame quella associata ad un tempo di ritorno (TR) 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.

Tab.4.6/A: Portata di progetto

Corso d'acqua	Sezione Idrologica	Sup. Bacino (kmq)	Qprogetto (mc/s)	qmax (mc/s×kmq)
Rio Frascarese	Sezione di Attrav.	6,5	181	27,8

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 20 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

5 STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE

5.1 Presupposti e limiti dello studio

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 nel tronco oggetto dell'intervento. Nello specifico, si è deciso di svolgere l'analisi idraulica, attraverso una *modellazione in moto permanente* in un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo dell'ambito di attraversamento della condotta.

In generale le finalità ultime degli studi idraulici sono rappresentate dalla valutazione dei battenti idraulici e dall'individuazione delle eventuali fasce di esondazione e dei relativi tiranti idraulici, in concomitanza di prestabiliti eventi di piena.

Relativamente agli attraversamenti in subalveo da parte di metanodotti, lo studio è incentrato principalmente all'individuazione dei parametri idraulici di deflusso in alveo necessari per la valutazione delle erosioni al fondo nell'ambito d'attraversamento. Ciò con lo scopo di determinare i valori di copertura in alveo della condotta che assicurino gli adeguati margini di sicurezza nei confronti dei processi erosivi del letto fluviale, relativamente a tutta la vita utile dell'opera.

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 con le opere di ripristino previste, al fine di 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-RAS (vers. 6.2) 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.

5.2 Assetto geometrico e modellazione dell'alveo

5.2.1 Assetto geometrico di modellazione

Al fine di eseguire la modellazione idraulica nell'ambito di riferimento è stato considerato un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo della sezione di attraversamento della variante in progetto del metanodotto, per uno sviluppo complessivo di 172 m.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 21 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

I dati geometrici di base derivano dai DTM (con risoluzione 1x1) 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. In aggiunta sono stati eseguiti dei rilievi a terra per individuare la configurazione geometrica di un ponte che ricadente all'interno del tronco d'alveo in esame.

Entrando nello specifico, nella figura seguente è riportata una foto aerea (estrapolata dalle ortofoto del volo aereo) nella quale l'asta del corso d'acqua considerata nella modellazione idraulica è indicata in colore blu, mentre le sezioni trasversali sono riportate in colore verde. La RS-171 coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; invece la sezione RS-3 rappresenta quella di valle.

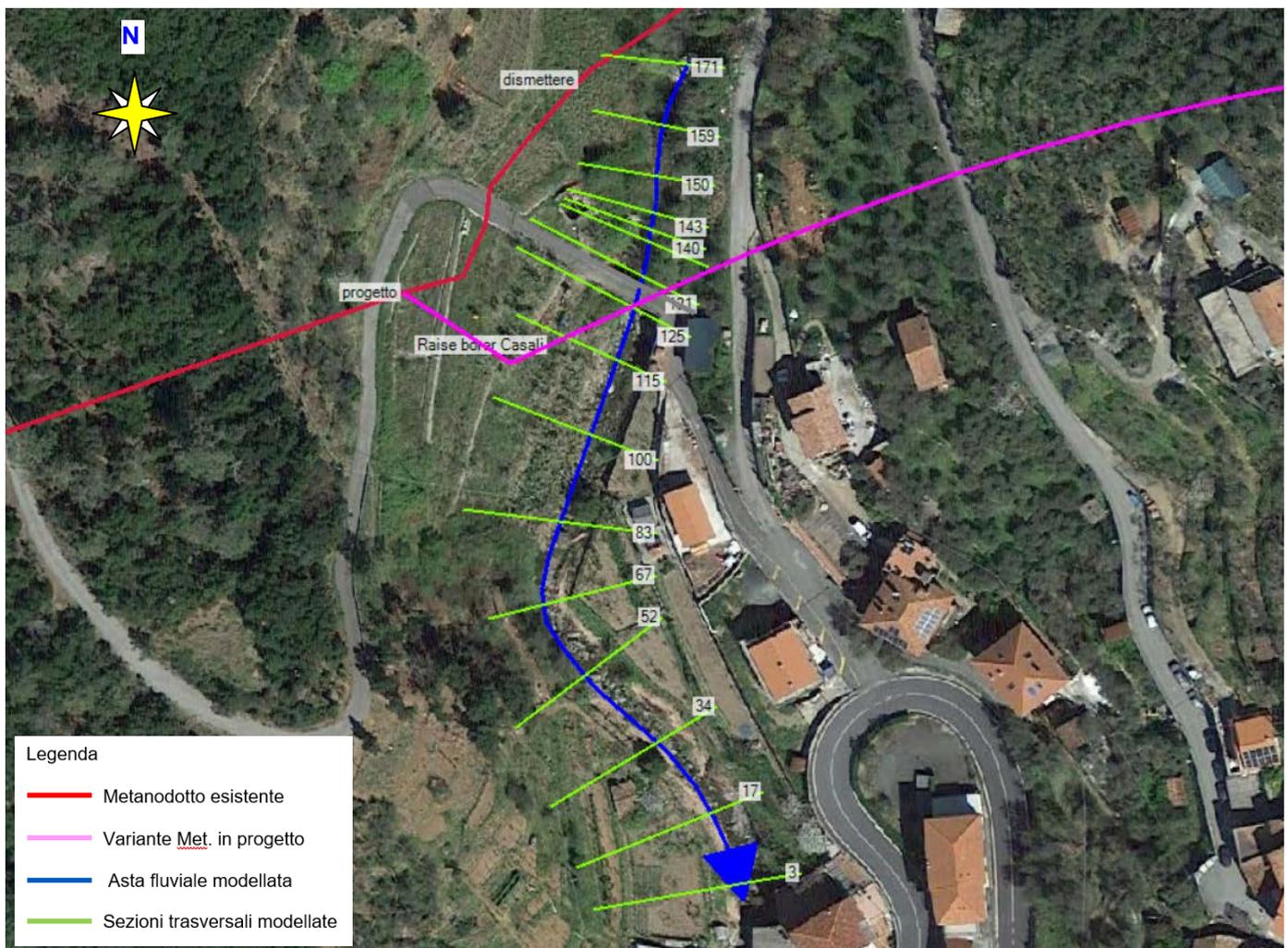


Fig.5.2/A: Foto aerea, con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione

Dall'analisi della figura precedente, si rileva che il tracciato del metanodotto in progetto (indicato tramite una linea in magenta) attraversa l'alveo del corso d'acqua nel tratto localizzato tra le River Station RS-131 e RS-125.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 22 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Invece, nella figura seguente si riportano le medesime informazioni di cui alla figura precedente (alveo e sezioni di calcolo) sul Modello Digitale del Terreno considerato nella modellazione idraulica.

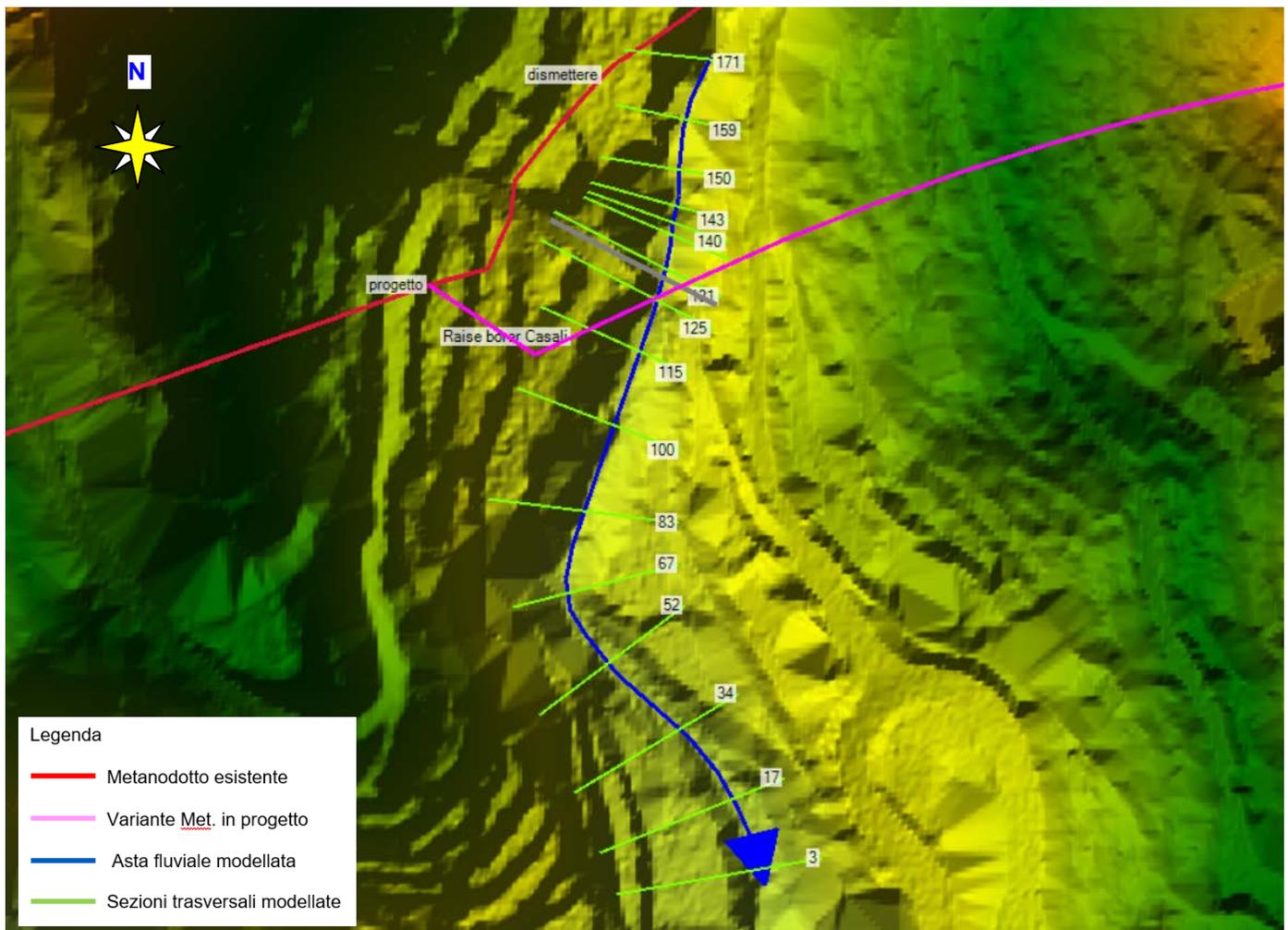


Fig.5.2/B: DTM, con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione

5.2.2 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:

- $Q_{200}=181$ mc/s

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.

Le condizioni al contorno imposte alle estremità del tronco d'alveo oggetto di studio sono costituite da un flusso in moto uniforme "normal depth" a monte ed a valle, in

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 23 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

considerazione delle pendenze al fondo individuate per i tratti immediatamente esterni all'estremità del tronco.

Nella modellazione è stata considerata anche la presenza del ponte stradale (RS-130), immediatamente a valle della RS-131.

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).

5.3 Risultati della simulazione idraulica

Nella tabella seguente si riporta il prospetto riepilogativo dei risultati conseguiti nell'elaborazione idraulica relativamente alle varie sezioni di calcolo considerate nella modellazione idraulica.

Tab.5.3/A: Tabella Riepilogativa di Output

River Station	Q Total (m3/s)	Q Chan (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)	Top Width Act Chl (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
171	181	180.12	111.78	114.81	116.09	118.98	0.0500	9.07	20.34	11.96	10.30	1.93	828.76	2.08
159	181	181.00	111.19	113.92	115.2	118.28	0.0621	9.25	19.56	10.80	10.80	1.81	902.10	2.20
150	181	180.98	111.17	113.40	114.58	117.60	0.0707	9.08	19.95	14.77	14.50	1.37	905.60	2.47
143	181	179.42	110.11	112.75	114.03	117.14	0.0583	9.32	20.04	14.51	11.40	1.69	897.06	2.29
140	181	180.85	108.72	111.16	112.64	116.79	0.0892	10.51	17.29	12.15	11.50	1.50	1196.26	2.74
137	181	180.91	107.99	110.37	111.93	116.52	0.0988	10.98	16.53	11.54	11.07	1.49	1310.49	2.88
131	181	181.00	107.92	110.37	111.80	115.70	0.0800	10.23	17.70	11.07	11.07	1.60	1117.00	2.58
130	Bridge													
125	181	180.53	107.82	111.98	112.78	114.09	0.0187	6.44	28.6	14.41	10.50	2.67	388.12	1.26
115	181	180.99	107.46	109.77	110.93	113.62	0.0505	8.70	20.83	11.85	11.06	1.79	781.08	2.07
100	181	178.76	107.01	110.08	110.97	112.75	0.0270	7.28	25.83	15.19	11.70	2.10	511.65	1.61
83	181	175.63	106.50	109.29	110.19	112.20	0.0355	7.66	25.32	18.65	12.80	1.79	590.35	1.83
67	181	180.66	105.66	109.15	110.03	111.59	0.0255	6.93	26.36	13.46	12.02	2.17	468.01	1.50
52	181	180.71	104.95	108.01	109.10	111.10	0.0306	7.79	23.48	11.53	10.00	2.32	583.47	1.63
34	181	180.19	103.72	106.65	107.75	110.36	0.0451	8.56	21.70	16.91	11.40	1.85	740.48	2.01
17	181	178.20	103.51	105.80	106.83	109.58	0.0503	8.67	22.34	23.40	11.90	1.73	777.13	2.11
3	181	174.71	103.11	105.72	106.58	108.71	0.0397	7.79	26.05	27.64	13.00	1.73	622.59	1.89

Nella tabella 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;
Q Chan:	Portata defluente nel canale principale (alveo attivo)
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;

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 24 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

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);

Al fine di fornire un inquadramento visivo generale sull'assetto geometrico, sull'ubicazione delle sezioni di studio e sui risultati conseguiti nelle varie sezioni trasversali, qui di seguito si riporta una visione prospettica dell'output di elaborazione.

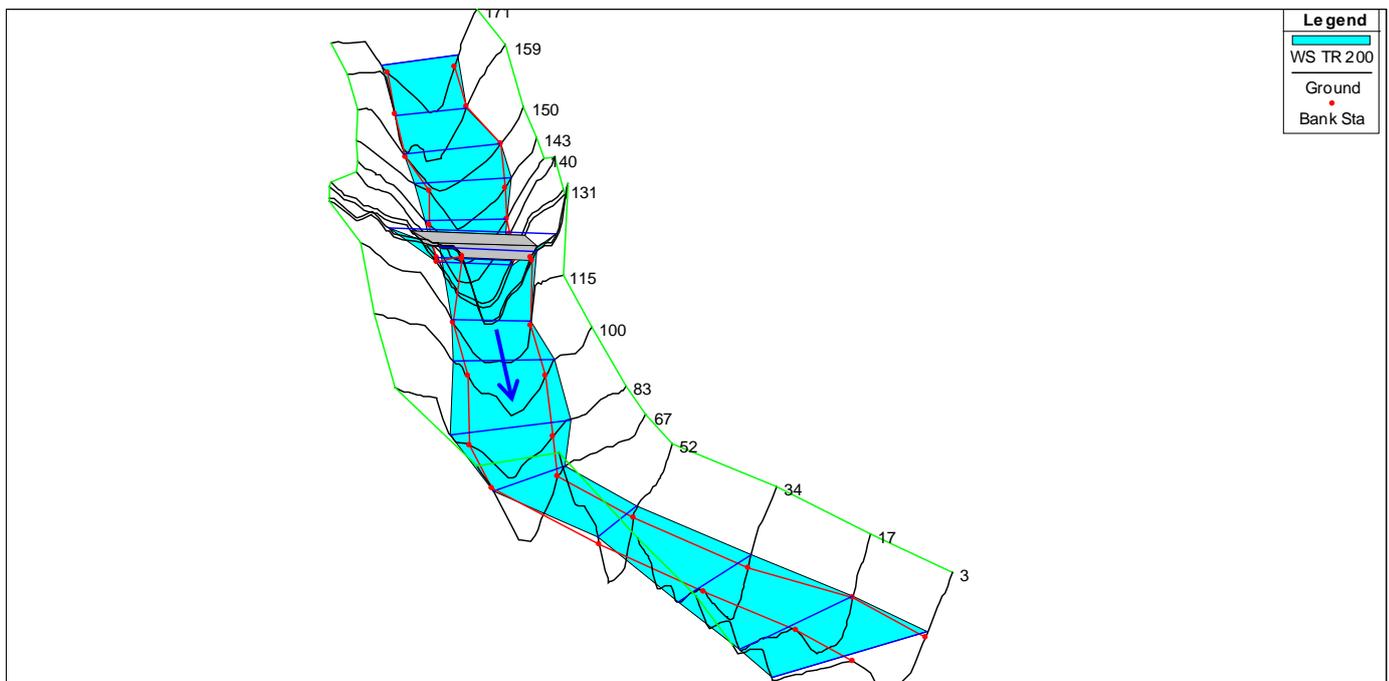


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica

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 NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 25 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

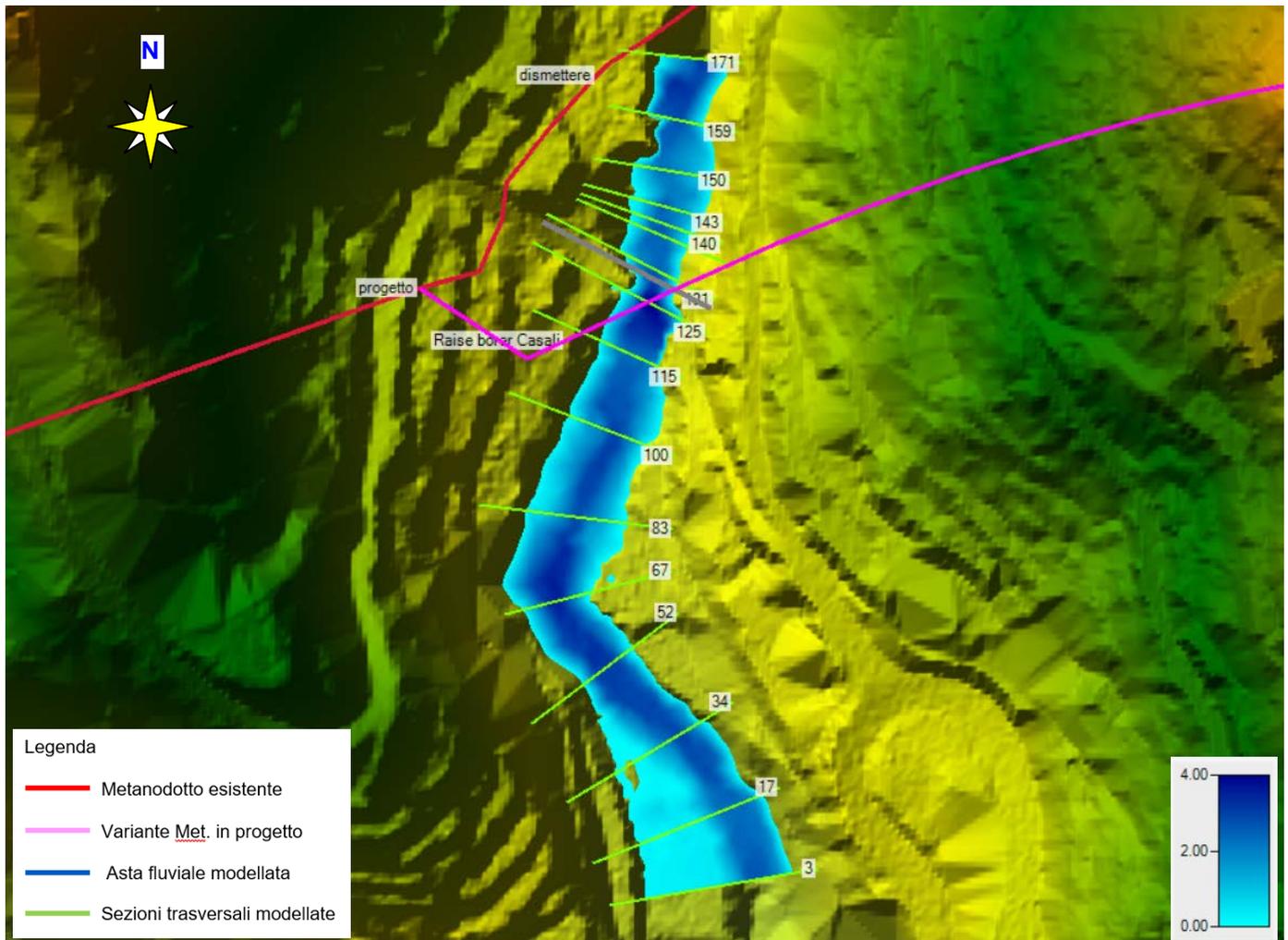


Fig.5.3/B: DTM, con individuazione delle aree inondabili

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 26 di 67

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

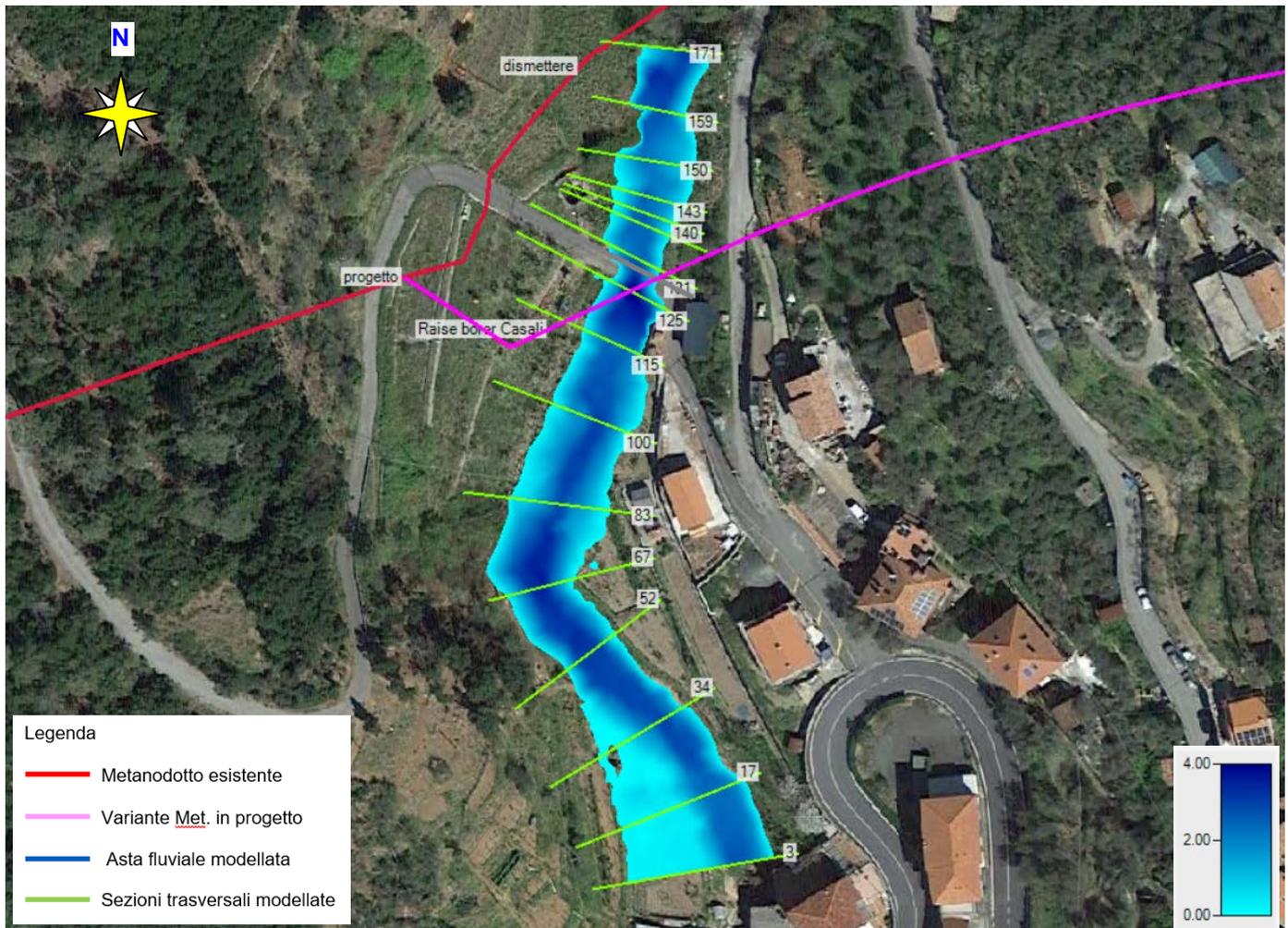


Fig.5.3/C: Foto aerea, con individuazione delle aree inondabili

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 27 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

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

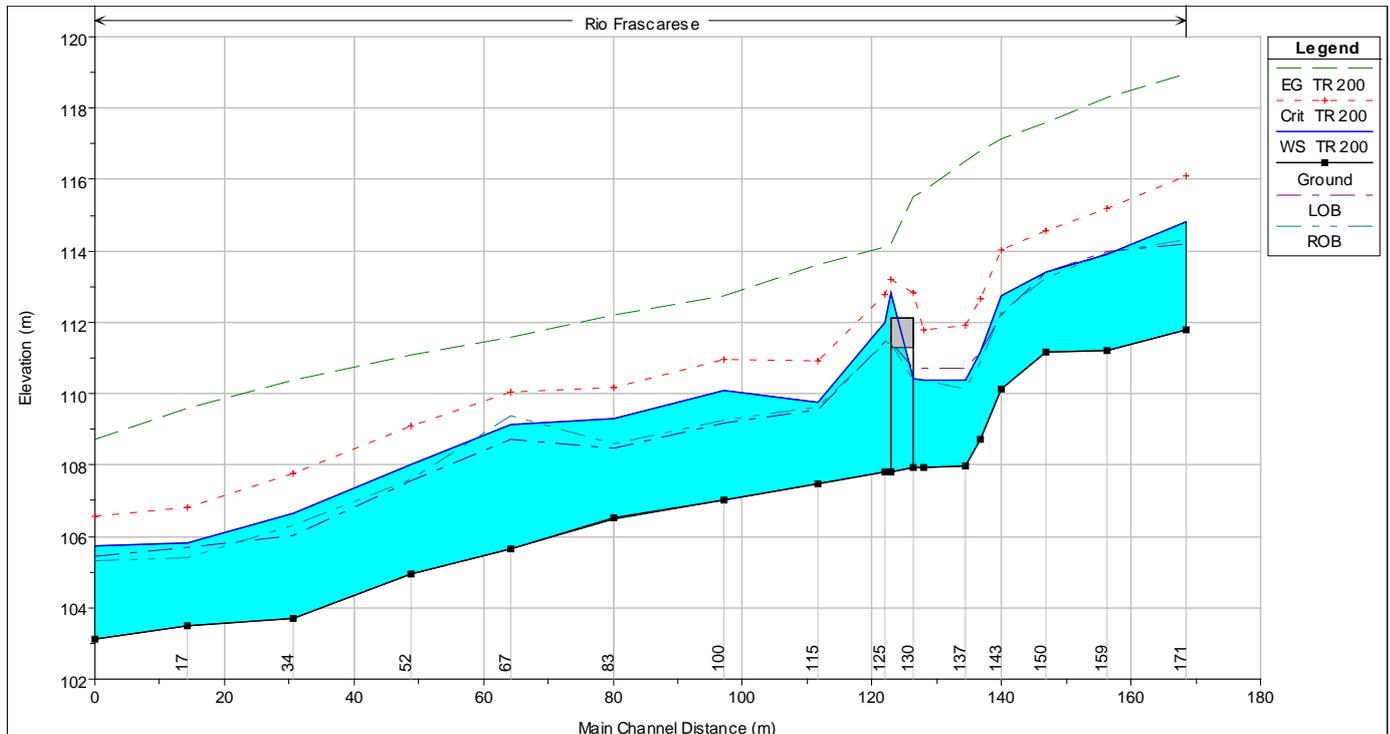


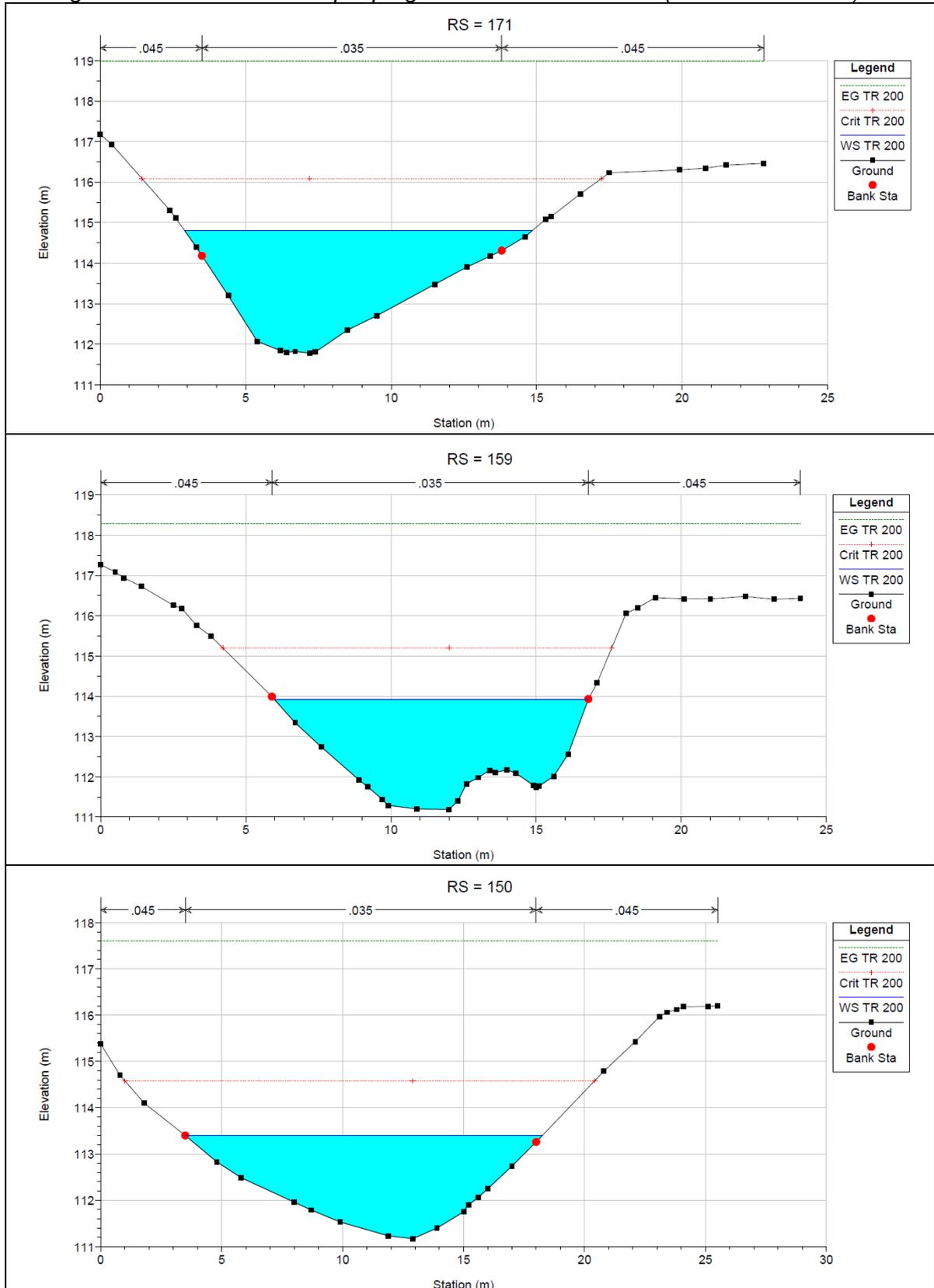
Fig.5.3/D: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale

Infine, nella figura seguente si riportano le schermate di output delle varie sezioni di calcolo (Cross Section) considerate nelle elaborazioni idrauliche (partendo dalla sezione di monte e procedendo sino a quella di valle).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 28 di 67

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Fig.5.3/E: Schermate di Output programma – Cross Section (sezioni trasversali)





PROGETTISTA



COMMESSA
NR/20045

UNITÀ
000

LOCALITÀ

Regione Emilia-Romagna e Liguria

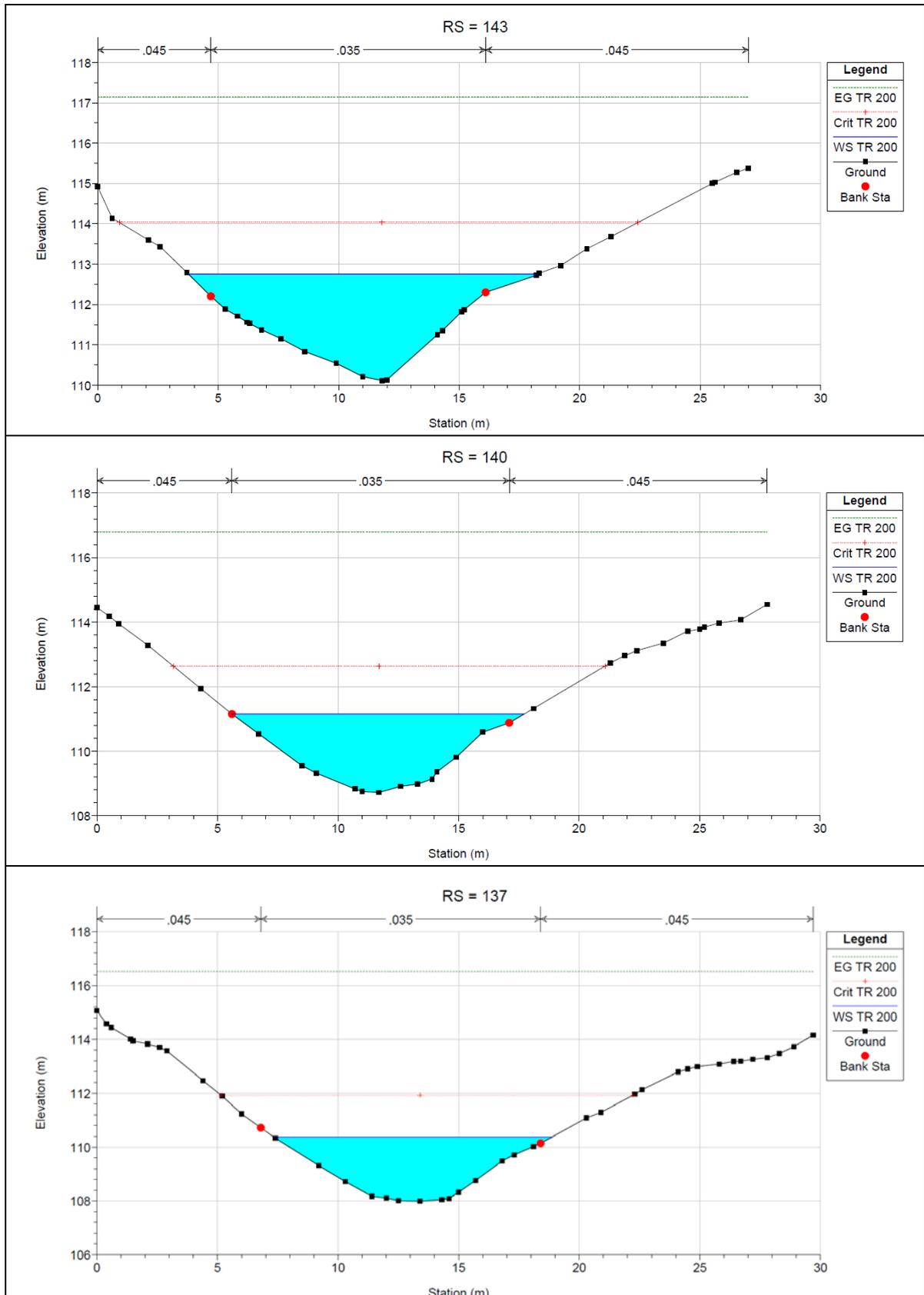
REL-CI-E-10406

PROGETTO/IMPIANTO
Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante
DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 29 di 67

Rev.
0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406





PROGETTISTA



COMMESSA
NR/20045

UNITÀ
000

LOCALITÀ

Regione Emilia-Romagna e Liguria

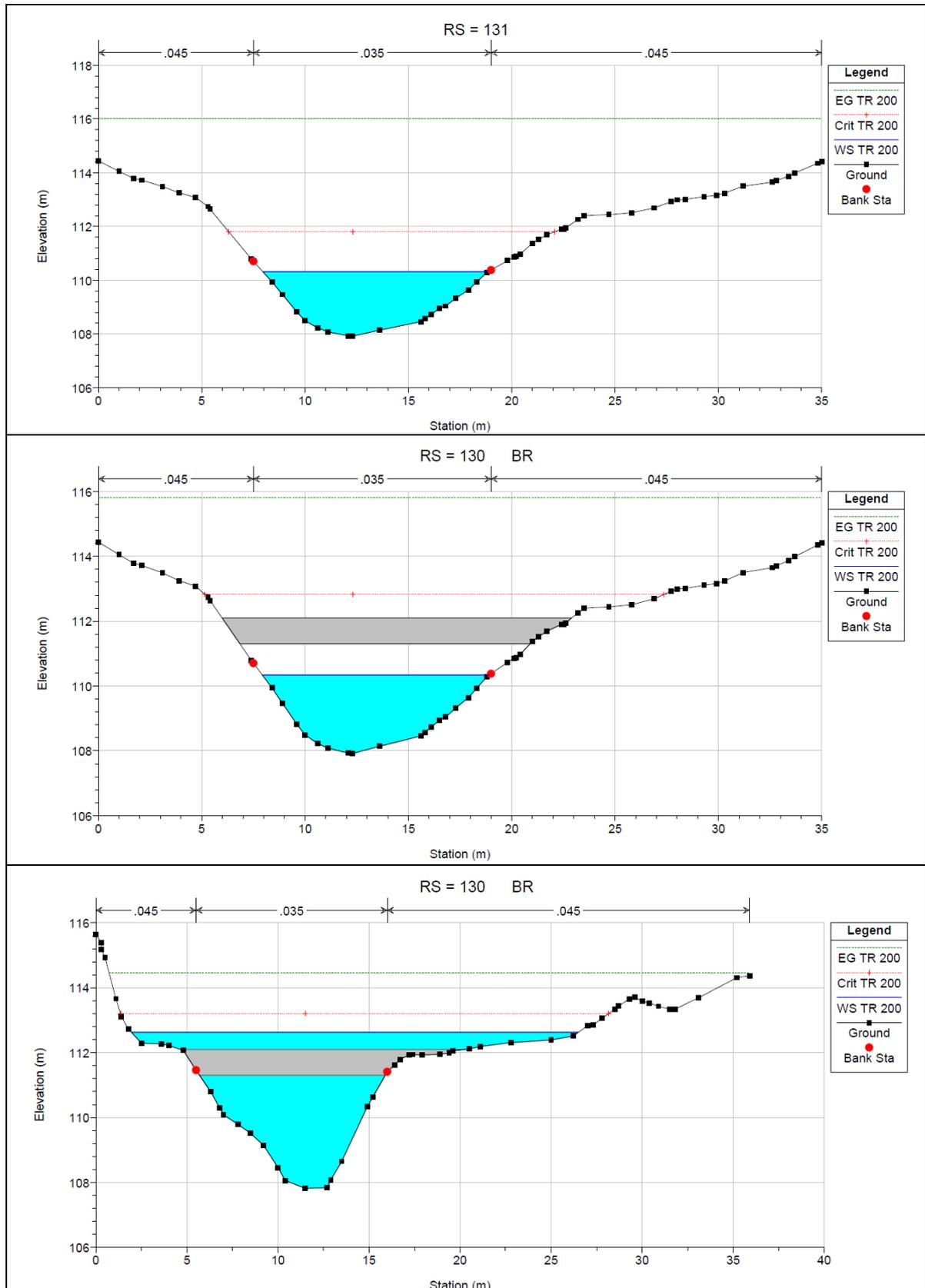
REL-CI-E-10406

PROGETTO/IMPIANTO
Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante
DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 30 di 67

Rev.
0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406





PROGETTISTA



COMMESSA
NR/20045

UNITÀ
000

LOCALITÀ

Regione Emilia-Romagna e Liguria

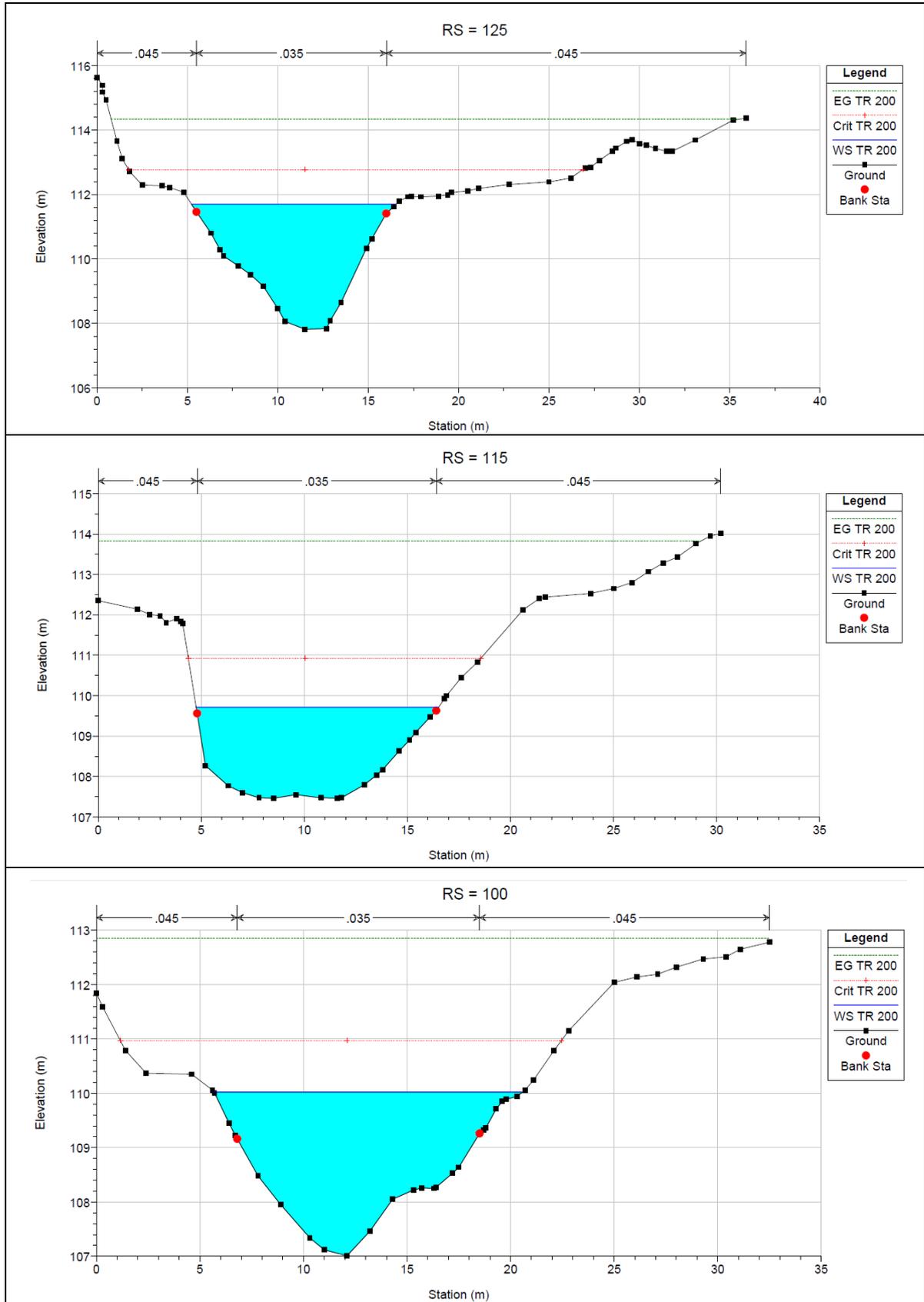
REL-CI-E-10406

PROGETTO/IMPIANTO
Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante
DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 31 di 67

Rev.
0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406





PROGETTISTA



COMMESSA
NR/20045

UNITÀ
000

LOCALITÀ

Regione Emilia-Romagna e Liguria

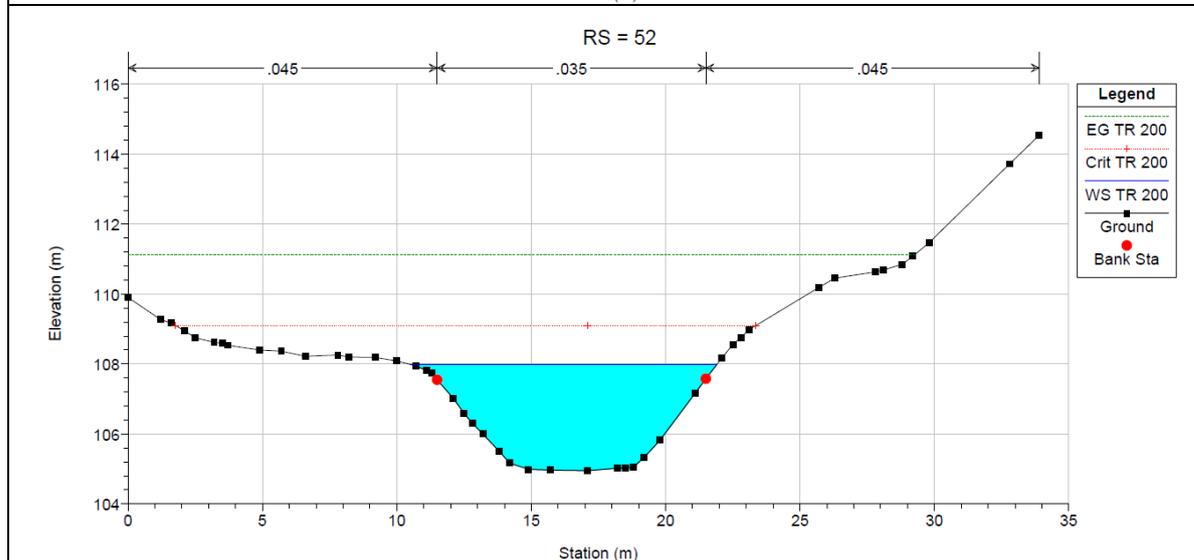
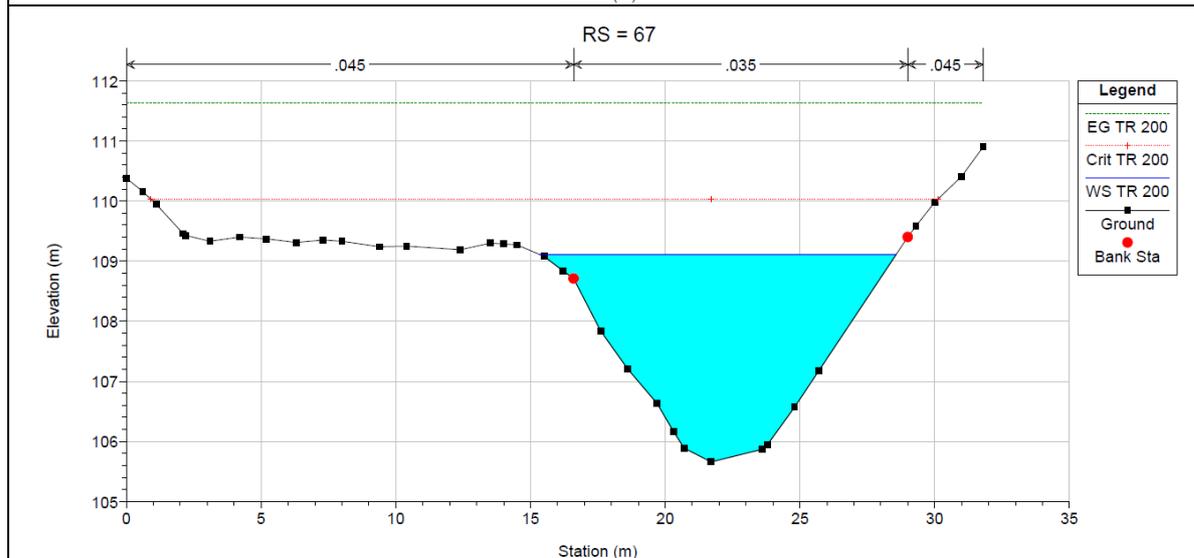
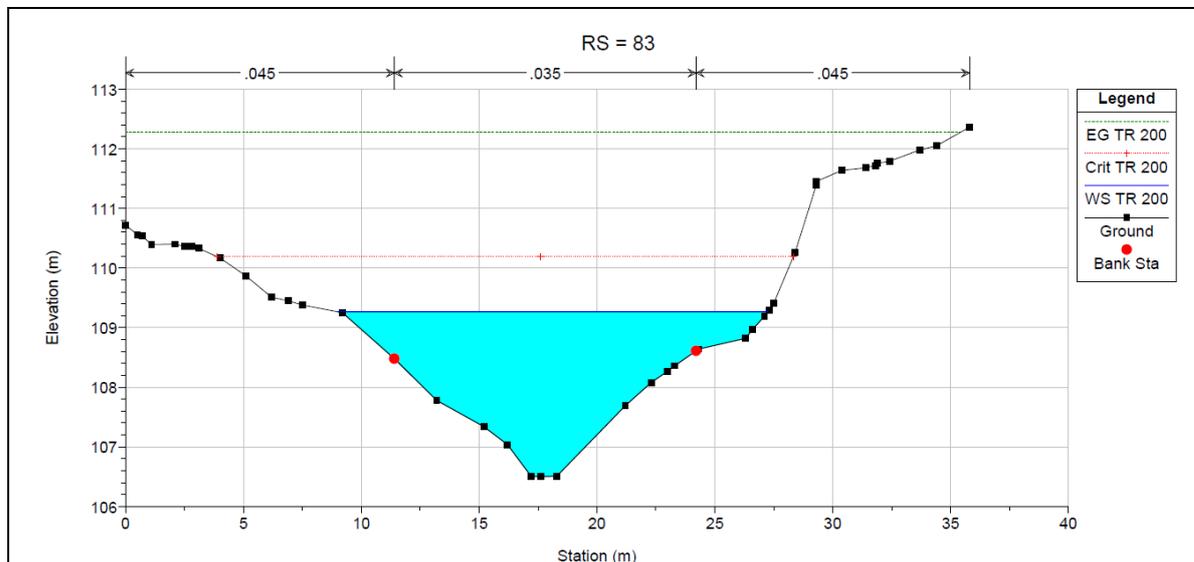
REL-CI-E-10406

PROGETTO/IMPIANTO
Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante
DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 32 di 67

Rev.
0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406





PROGETTISTA



COMMESSA
NR/20045

UNITÀ
000

LOCALITÀ

Regione Emilia-Romagna e Liguria

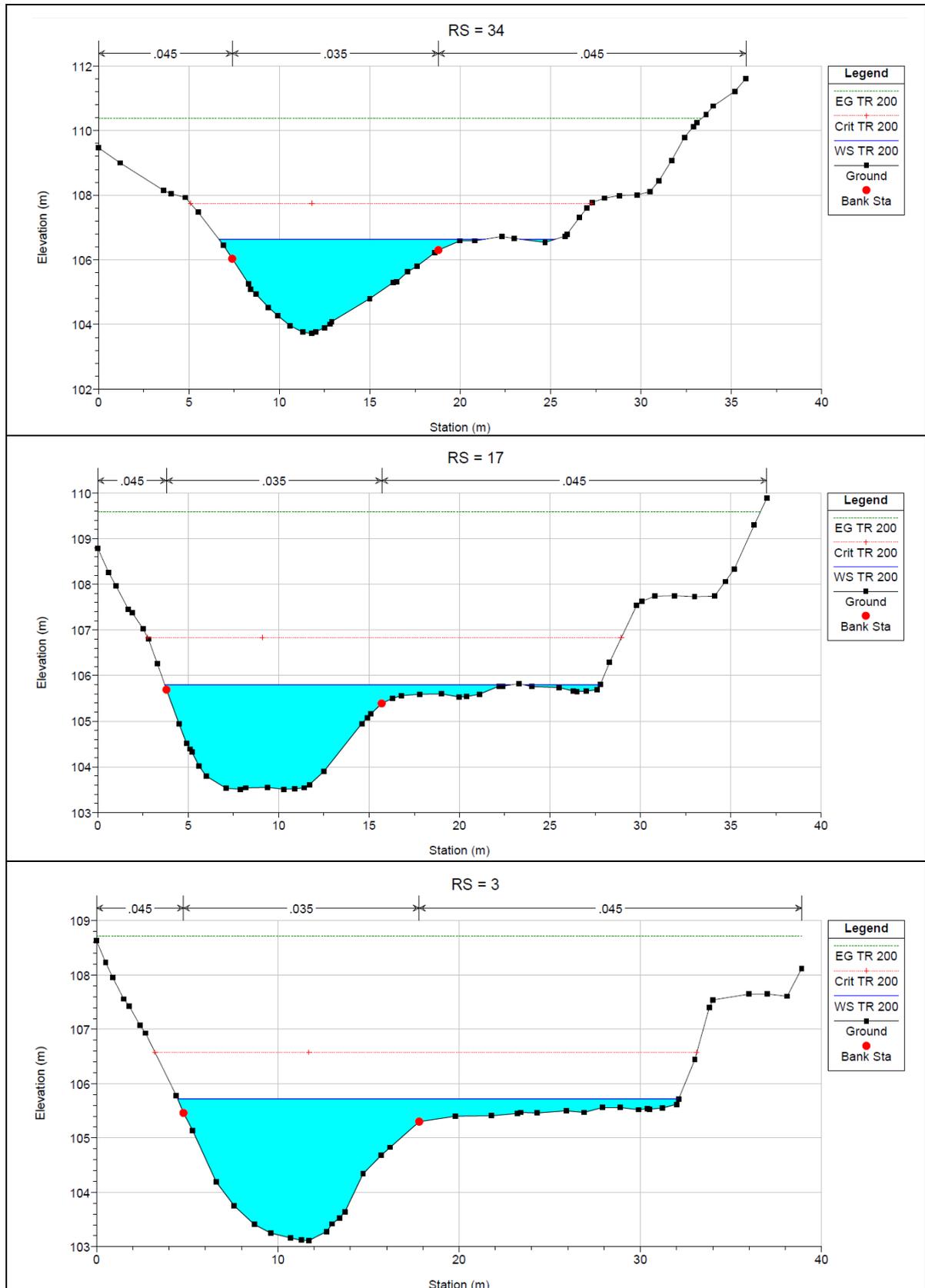
REL-CI-E-10406

PROGETTO/IMPIANTO
Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante
DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 33 di 67

Rev.
0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406



	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 34 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

5.4 Analisi dei risultati conseguiti

Nella Tab.5.3/A (nel paragrafo precedente) è stato riportato il prospetto riepilogativo dei risultati conseguiti nelle varie sezioni di calcolo considerate nella modellazione idraulica. Inoltre, sempre nel paragrafo 5.3, 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 il tratto compreso tra le sezioni RS-171 e RS-3 il deflusso della portata 200-ennale avviene sempre in corrente veloce con numeri di Froude >1 e velocità mediamente comprese tra 7 e 9 metri al secondo, le profondità medie del pelo libero all'interno dell'alveo centrale risultano comprese tra 1,4 m e 2,7 m circa.

Inoltre, dall'esame dei risultati della simulazione idraulica, si rileva che nel tronco idraulico analizzato la sezione d'alveo non risulta in grado di contenere la portata di progetto (portata duecentennale). Infatti, fasce di esondazione si individuano nelle aree golenali, in particolar modo in destra idrografica nel tratto di valle che arriva alla passerella in località Casali (codice opera FR01 nelle verifiche idrauliche del PAI), e coinvolgono sostanzialmente tutta la stretta valle all'interno della quale si sviluppa il corso d'acqua nel tronco in esame. L'impalcato del ponte presente nei pressi della RS-131 interferisce con il deflusso della piena di progetto e determina un risalto idraulico dovuto al brusco restringimento delle sezioni immediatamente a valle del ponte (RS-130, RS-125), con conseguente dissipazione localizzata dell'energia e allagamenti a valle della struttura.

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 NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 35 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

6 VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO

6.1 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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 36 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

media iniziale del fondo, interessando quindi la quota di collocazione della condotta.

6.2 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 Schoklitsh¹ 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

¹ Schoklitsh A., "Stauraum verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 37 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

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.

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 studiate² 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 prudentiale, proposta in Italia³, 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_o), ovvero:

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

Diametro limite dei clasti trasportabili

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

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

dove

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

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

² Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

³ Zanovello A., Sulle variazioni di fondo degli alvei durante le piene; L'Energia elettrica, XXXIV, n. 8; 1959.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 38 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

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 coefficienti 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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 39 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

6.3 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 di studio 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 alla Tab.5.3/A); mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente. Le ultime due colonne rappresentano rispettivamente i valori relativi agli approfondimenti localizzati e alle arature di fondo.

Le righe con campitura in grigio si riferiscono alle sezioni più prossime all'ambito di attraversamento e pertanto sono quelle rappresentative per il contesto in esame.

Tab.6.3/A: Erosioni nel fondo alveo

River Station	Q Total (m ³ /s)	Q Chan (m ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m ³ /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati S (m)	Arature di fondo z (m)
171	181	180.12	9.07	11.96	1.93	15.13	6.12	2.63	0.97
159	181	181.00	9.25	10.80	1.81	16.76	6.17	2.76	0.91
150	181	180.98	9.08	14.77	1.37	12.25	5.57	2.35	0.69
143	181	179.42	9.32	14.51	1.69	12.47	6.12	2.47	0.85
140	181	180.85	10.51	12.15	1.50	14.90	7.13	2.89	0.75
137	181	180.91	10.98	11.54	1.49	15.68	7.63	3.05	0.75
131	181	181.00	10.23	11.07	1.60	16.35	6.93	2.92	0.80
130	Bridge								
125	181	180.53	6.44	14.41	2.67	12.56	4.78	2.11	1.34
115	181	180.99	8.70	11.85	1.79	15.27	5.65	2.53	0.90
100	181	178.76	7.28	15.19	2.10	11.92	4.80	2.09	1.05
83	181	175.63	7.66	18.65	1.79	9.71	4.78	1.97	0.90
67	181	180.66	6.93	13.46	2.17	13.45	4.62	2.14	1.09
52	181	180.71	7.79	11.53	2.32	15.70	5.41	2.46	1.16
34	181	180.19	8.56	16.91	1.85	10.70	5.58	2.23	0.93
17	181	178.20	8.67	23.40	1.73	7.74	5.56	2.01	0.87
17	181	174.71	7.79	27.64	1.73	6.55	4.82	1.75	0.87

Nella seguente tabella vengono riportati i valori stimati per il diametro limite dei clasti trasportabili dalla corrente. In particolare, in color nero sono riportati le River Station e le Shear Channel (tensioni tangenziali in alveo), di cui alla Tab.5.3/A del capitolo precedente; mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente.

Le righe con campitura in grigio si riferiscono alle sezioni più prossime all'ambito di attraversamento e pertanto sono quelle rappresentative per il contesto in esame.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 40 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Tab.6.3/B: Diametro limite dei clasti trasportati

River Station	Shear Chan (N/m ²)	Diametro limite clasti trasportati (m)
171	828.76	0.99
159	902.10	1.07
150	905.60	1.08
143	897.06	1.07
140	1196.26	1.42
137	1310.49	1.56
131	1117.00	1.33
130		
125	388.12	0.46
115	781.08	0.93
100	511.65	0.61
83	590.35	0.70
67	468.01	0.56
52	583.47	0.69
34	740.48	0.88
17	777.13	0.93

6.4 Analisi dei risultati e considerazioni progettuali

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente alle sezioni più prossime a quella di attraversamento 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 2.0-2,5 m.

I valori delle potenziali erosioni localizzabili all'interno dell'alveo, corrispondenti all'evento di piena, presentano prevalenza per il fenomeno degli approfondimenti localizzati, come del resto logicamente conseguente agli elevati valori della pendenza, della velocità e al regime di corrente veloce con carico energetico elevato (grandezze alle quali sono direttamente legate, nella formulazione "qualitativa" utilizzata, i potenziali approfondimenti localizzati).

La corrente, inoltre, nel tratto in esame risulta potenzialmente in grado di movimentare dei "clasti liberi" (ossia non inclusi in una scogliera) del diametro di oltre 1 m.

Essendo note la struttura del fondo alveo (roccia affiorante) e delle aree attraversate, e i livelli stratigrafici di interesse (par. 3.3), 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 per la realizzazione dell'opera di attraversamento, ampiamente cautelativa (> 3,5 m), in considerazione anche degli aspetti progettuali inerenti alla metodologia costruttiva dell'attraversamento. A tal proposito, si rimanda a quanto riportato nel paragrafo 7.2.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 41 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Metodologia costruttiva dell'attraversamento in sub-alveo

La scelta del sistema d'attraversamento, particolarmente nel caso di corsi d'acqua di rilevanti dimensioni, deve essere effettuata in modo da garantire la massima sicurezza dal punto di vista idraulico e geotecnico, sia in fase operativa che a lungo termine, tanto per la condotta di linea in progetto quanto per il corso d'acqua.

In tal senso l'insieme delle caratteristiche morfologiche, ambientali, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'attraversamento ha condotto alla individuazione del sistema di attraversamento mediante trivellazione con la tecnica del "microtunnelling", prevedendo l'utilizzo di una fresa a scudo chiuso, con bilanciamento di pressione in testa, abbinata alla trivellazione in "raise boring" per superare la scarpata rocciosa.

Tali sistemi operativi sono stati individuati nel caso specifico al fine di superare in subalveo il corso d'acqua in prosecuzione del tunnel previsto per il superamento del rilievo morfologico presente in sinistra idrografica nei pressi della località Poggio Cerviellese.

La tecnica individuata per la trivellazione di base consente dunque di evitare le interferenze con il regime idraulico del corso d'acqua (anche durante le fasi costruttive) e sostanzialmente di eliminare gli impatti sul territorio della regione fluviale.

7.2 Configurazione geometrica di progetto

La definizione geometrica del tunnel di base (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.

E' 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.

Qui di seguito vengono descritte le caratteristiche geometriche del profilo di trivellazione del tunnel. Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento in subalveo, si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto precedentemente richiamato.

Geometria d'attraversamento

Il profilo di trivellazione presenta una configurazione costituita sul piano orizzontale da due tratti rettilinei alle estremità e da un arco di circonferenza intermedio, con una pendenza costante dello 0.37% nello sviluppo verticale.

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- lunghezza dello sviluppo complessivo del microtunnel: di circa 267 metri (di cui complessivamente circa 68 m relativamente ai due tratti rettilinei e circa 199 m per il tratto curvilineo);
- diametro interno minimo del microtunnel: 2600 mm;
- raggio di curvatura per il tratto curvilineo orizzontale pari a 480 m;
- copertura minima della generatrice superiore del tunnel dalle quote di fondo dell'alveo attivo di circa 3,5 m;

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 42 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

- postazione di partenza (di spinta): nel lato in destra idrografica del corso d'acqua (a valle senso gas), con profondità del pozzo di circa 12 m dal piano campagna. Distanza dalla sponda dell'alveo attivo del corso d'acqua di circa 15 m;
- postazione di arrivo (camera di collegamento): in sinistra idrografica del corso d'acqua (monte senso gas), con profondità della postazione di circa 100 m dal piano campagna. Distanza dalla sponda del corso d'acqua di circa 250 m (misurata lungo lo sviluppo della condotta).

Tale configurazione di progetto consente di realizzare il tunnel ad adeguate profondità sia dal fondo alveo che dalle sponde del corso d'acqua; nonché di eseguire le postazioni di estremità con appropriati distacchi di sicurezza dall'alveo del corso d'acqua.

Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto precedentemente richiamato.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria	REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 43 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

8 DESCRIZIONE DELLE METODOLOGIE COSTRUTTIVE

8.1 Campi di applicazione del RAISE BORING

Questa tecnica permette di affrontare situazioni morfologiche particolari, quali pareti rocciose e/o scarpate molto ripide, che si ergono ad ostacolo lungo un possibile tracciato, progettando pozzi inclinati di opportuna geometria. Questo consente di evitare la ricerca di lunghi percorsi alternativi e di intaccare la superficie della parete da superare, che necessiterebbe di difficili interventi di ripristino, economicamente e paesaggistica-mente problematici.

Questa metodologia trova applicazione esclusivamente in roccia autoportante. Il pozzo può essere utilizzato come condotto, o essere la sede nella quale installare dei servizi, nel nostro caso una o più condotte e le relative attrezzature complementari.

Le perforazioni tramite raise borer possono essere realizzate sia con controllo direzionale che senza. Fermo restando che il controllo direzionale garantisce un'ottima precisione nella realizzazione della perforazione. In alternativa si può verificare l'andamento del foro e la posizione finale della testa di perforazione a posteriori.

Il procedimento impiegato con questa metodologia consta di tre fasi principali per la realizzazione della perforazione ed una quarta fase per l'installazione della condotta o del servizio.

La prima fase comporta l'esecuzione di un foro pilota di circa 8"÷12" di diametro, lungo l'asse di trivellazione.

La seconda fase implica la realizzazione, come nel caso in esame, di una galleria orizzontale al piede della scarpata, per raggiungere il punto di arrivo della testa di perforazione. La tecnica individuata per l'attraversamento in progetto è quella del MT.

La terza fase comporta l'allargamento del foro pilota fino al diametro finale richiesto dalla destinazione d'uso prevista, nel nostro caso per l'alloggiamento della condotta. La quarta fase consiste nel varo della tubazione all'interno del foro e della galleria di base.

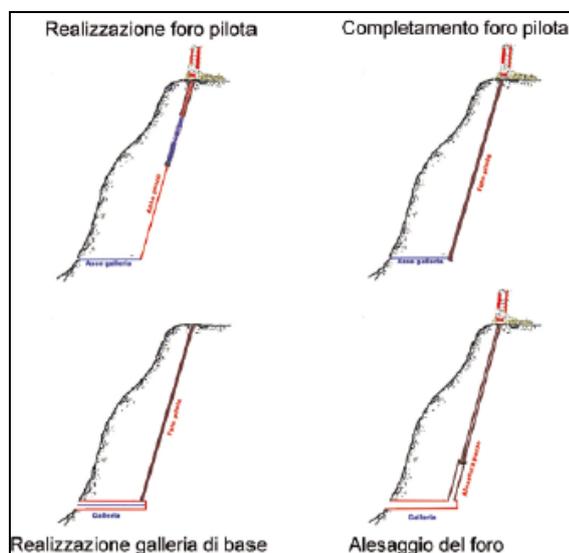


Fig. 8.1/A: Fasi - Sequenza operativa

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 44 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

8.2 Sistema costruttivo della galleria di base - 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.

Qui di seguito si riporta la descrizione del sistema operativo di riferimento.

8.2.1 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 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 reggispinta, 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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 45 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

- 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 per creare, nell'intorno del tubo, una zona di terreno completamente intasata e a bassa permeabilità.

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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 46 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

- 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.

Di seguito viene fornita la descrizione delle principali fasi operative per la costruzione del microtunnel.

8.2.2 ESECUZIONE DELLA POSTAZIONE DI SPINTA

Prima dell'installazione delle apparecchiature relative alla realizzazione del tunnel, si procederà alla costruzione del pozzo di spinta.

Le metodologie realizzative dipendono dalle caratteristiche geomeccaniche dei terreni e dalla presenza della falda. Il pozzo (postazione di trivellazione e di spinta) sarà di dimensioni adeguate per effettuare tutte le lavorazioni occorrenti per la realizzazione del minitunnel e per essere equipaggiato 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 del pozzo, dovendo essere realizzato sottofalda, saranno adottate tipologie strutturali che garantiscano la tenuta idraulica.

8.2.3 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 iniziale.

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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 47 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

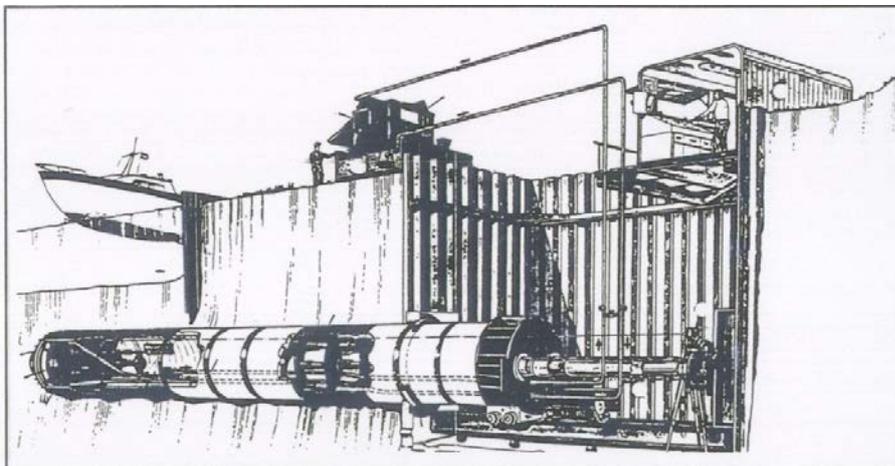


Fig. 8.2/A: Schema del sistema di trivellazione con microtunnel



Fig. 8.2/B: Scudo con bilanciamento pressione meccanica del terreno (microtunneller)

8.2.4 SISTEMA COSTRUTTIVO PER LA CAMERA DI COLLEGAMENTO (POSTAZIONE DI ARRIVO)

Al completamento del tunnel sub-orizzontale di base dovrà essere realizzato, in scavo tradizionale, un camerone di collegamento tra la galleria e il pozzo sub-verticale per la posa della curva di collegamento (curva stampata). La configurazione geometrica di tale opera è definita in accordo alle locali condizioni di stabilità dei terreni e agli spazi operativi necessari per l'installazione della curva stampata della condotta e del relativo blocco di ancoraggio.

La realizzazione del camerone potrebbe richiedere una parziale demolizione della struttura interna della galleria. Prima di effettuare tale modifica, l'Appaltatore dovrà fornire un dettagliato progetto delle opere necessarie per il sostegno della volta atte a garantire la stabilità della galleria e del camerone.

In generale, lo scavo del camerone di collegamento può essere realizzato mediante diversi metodi costruttivi in "tradizionale", quali:

- scavo con martelli demolitori;
- scavo con frese ad attacco puntuale;
- scavo con metodo "drill & blast";
- scavo con mezzi di rippaggio;
- scavo con agenti chimici demolitori non-esplosivi.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 48 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

8.3 Sistema costruttivo per il pozzo sub-verticale – RAISE BORING

Lo scavo del pozzo sub-verticale nel quale sarà installata la condotta è realizzato mediante una trivellazione controllata.

Il rig di perforazione deve essere ancorato su una fondazione in cemento armato progettata in accordo ai carichi attesi in fase di trivellazione/alesaggio e in fase di montaggio nel pozzo della sezione di condotta sub-verticale.

Il sistema costruttivo del pozzo si sviluppa nelle seguenti fasi:

- perforazione del foro pilota;
- alesaggio del foro;
- stabilizzazione del foro alesato (se richiesto).

La perforazione del foro pilota solitamente è eseguita utilizzando dell'acqua per il raffreddamento della testa delle aste di perforazione e per la rimozione del materiale di scavo. Se la trivellazione avanzasse in terreni altamente fratturati potrebbe essere necessaria l'utilizzo di una miscela acqua/cemento per garantire l'intasamento e il consolidamento delle fessurazioni.

La direzione di perforazione del foro pilota è monitorata in continuo durante l'avanzamento, in modo da allineare correttamente il pozzo inclinato con il camerone ubicato a fine galleria.

Terminato il foro pilota, si sostituisce la testa di perforazione con un alesatore e si procede ad allargamento del diametro fino a raggiungere le dimensioni del pozzo definite in progetto. L'alesatore è montato alla base del foro ubicato all'interno del camerone di collegamento tra la galleria e il pozzo.

Sulla base delle caratteristiche dei terreni e del diametro della condotta da installare nel pozzo, l'alesaggio può essere eseguito con diversi passaggi.

Prima dell'installazione della condotta è necessario verificare la stabilità e la scabrosità delle pareti del pozzo (es: video ispezione; etc.), per valutare se inserire o meno nel foro un tubo camicia in acciaio come protezione della condotta in progetto. La verifica dovrà essere effettuata dall'Appaltatore in presenza del Committente, che sulla base dei risultati potrà richiedere la messa in opera della protezione.

L'intercapedine tra il tubo camicia e le pareti del foro potrebbe richiedere un intasamento con miscele di cemento autolivellanti.

Nel caso sia necessario un tubo camicia, l'Appaltatore dovrà fornire le caratteristiche tecniche e dimensionali del tubo al Committente per verifica e approvazione.

La procedura di installazione dell'eventuale tubo camicia è analoga a quella per l'inserimento della condotta di progetto riportata nel paragrafo successivo.

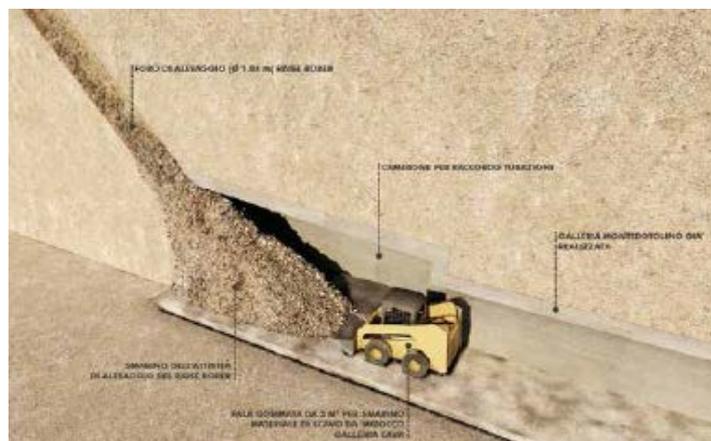


Fig. 8.2/C: Spaccato della fase di smarino tramite il tunnel di base

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 49 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

8.3.1 *INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA NELLA SEZIONE SUB-VERTICALE*

La procedura di installazione della condotta in acciaio nel RB si sviluppa in diverse fasi, come segue:

- Installazione dei tubi portacavi sulla condotta;
- Installazione del sistema di argano, funi e rinvii per il varo della sezione di condotta nel pozzo;
- Installazione della condotta nel pozzo sub-verticale;
- Trasporto della curva stampata nel camerone tra galleria e pozzo;
- Collegamento della curva stampata alla sezione di condotta nel pozzo;
- Installazione della condotta nella sezione in galleria e collegamento alla curva stampata.

Tube di protezione per i cavi telecomunicazione

I tubi di protezione per l'installazione dei cavi telecomunicazione dovranno essere preparati e fissati sulla generatrice superiore della condotta durante le attività di varo della condotta o in precedenza sui singoli tubi.

Il fissaggio dovrà essere eseguito mediante fascette non metalliche posizionate ad un interasse che non permetta il loro spostamento durante le operazioni di varo.

Installazione della condotta nel pozzo

La fondazione del rig utilizzato per la perforazione del pozzo sub-verticale è riutilizzata per fissare un telaio in acciaio all'imbocco del pozzo che serve da supporto per fissare il sistema di varo della colonna di tubo.

In generale, l'installazione della condotta nel pozzo sub-verticale è realizzata utilizzando una fune di varo passante per un sistema di rinvii costituiti da una puleggia in testa alla colonna di tubo e due carrucole posizionate sul telaio ai lati dell'imbocco del pozzo. La fune di varo che sostiene la testa della colonna è movimentata da un argano ed è ancorata, al lato opposto, ad un punto fisso (corpo morto).

Questo sistema consente di installare la condotta nel pozzo in modo controllato e sicuro.

Le operazioni di posa sono eseguite in sequenza, alternando la saldatura di una singola barra di tubo all'imbocco del pozzo e il varo della condotta, realizzato azionando l'argano e il sistema di funi e rinvii collegati alla testa di ritenuta della colonna.

Nell'area di imbocco del pozzo, le singole barre sono movimentate e sostenute dai side-boom o da autogrù durante la fase di collegamento alla colonna già varata (es: accoppiamento, saldatura, controlli non distruttivi e rivestimento del giunto).

In alcuni casi per ridurre i tempi di installazione è possibile eseguire il varo della colonna nel pozzo assemblando doppi giunti prefabbricati in precedenza.

Completato l'inserimento della colonna di varo nel pozzo, questa dovrà essere ancorata in sicurezza al telaio posto all'imbocco del pozzo, mediante una "flangia di sostegno" per consentire il taglio della testa di ritenuta e la preparazione del tubo per il collegamento della curva stampata.

Per evitare stress meccanici sulla condotta, la "flangia di sostegno", installata sulla condotta in testa al pozzo sub-verticale, dovrà essere mantenuta durante la fase di installazione della condotta nel pozzo e nella galleria e durante la fase di collaudo dell'intero tratto (pozzo + galleria), fino al completamento dei collegamenti (pipe tie-in) a monte e a valle del pozzo e della galleria.

Il sottofondo del tratto di condotta in corrispondenza del vertice all'ingresso del pozzo subverticale dovrà essere compattato al 95% Proctor Standard e/o andranno inseriti

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 50 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

dei sacchetti riempiti con sabbia-cemento, per evitare cedimenti del terreno.

Collari distanziatori

Durante il varo della condotta nel pozzo sub-verticale dovranno essere installati intorno al tubo di linea dei collari distanziatori per evitare il contatto con le pareti del pozzo e per ridurre, quindi, i fenomeni di abrasione sull'interfaccia tubo/pozzo. Questi collari garantiranno l'integrità del rivestimento e l'isolamento elettrico della condotta.

I collari distanziatori dovranno essere infittiti per alcuni metri nelle seguenti sezioni del pozzo subverticale: in prossimità dell'ingresso del pozzo subverticale e prima della sella di ancoraggio in cls, con il primo collare distanziatore posto ad almeno 1m dalla sella di ancoraggio in cls.

L'Appaltatore dovrà dettagliare nella procedura di installazione della condotta il tipo di distanziatori (es: marca, scheda tecnica, etc.) e la configurazione di montaggio.

Installazione della curva stampata

Completato il varo della condotta nel pozzo sub-verticale, si procede con la movimentazione della curva stampata nella galleria fino al camerone. La curva stampata, posizionata su un supporto temporaneo, è collegata alla base della condotta varata nel pozzo.

Completato il montaggio meccanico, si dovrà realizzare una sella di appoggio ed ancoraggio in c.a. per la curva stampata per evitare problemi di stress sulla condotta. Il dimensionamento e le caratteristiche dei materiali da utilizzare per la realizzazione della sella dovranno essere progettati dall'Appaltatore in funzione degli stress attesi, ed emessi al Committente per verifica e approvazione.

Il tratto di curva stampata poggiante sulla sella di appoggio dovrà essere rivestito con un foglio anti-roccia o in alternativa con un foglio di neoprene (spessore max 10cm).

8.3.2 *INSTALLAZIONE DELLA CONDOTTA NELLA SEZIONE SUB-ORIZZONTALE*

Ciascuna condotta potrà essere collocata dentro il microtunnel con la metodologia del *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 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.

L'inserimento nel tunnel avverrà perciò progressivamente, mediante martinetti oleodinamici, mezzi meccanici e con l'ausilio di appositi carrelli di varo progettati a cura dell'appaltatore.

Le saldature del tratto di condotta in attraversamento saranno tutte radiografate 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;

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 51 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

- una protezione attiva (catodica) attraverso un sistema di correnti impresse con apparecchiature poste lungo la linea.

Completato il varo della condotta nel tunnel sub-orizzontale, si procede con il collegamento della curva stampata.

I supporti sui quali la condotta dovrà essere posizionata dovranno essere definiti in relazione alla configurazione di progetto della galleria e alle sollecitazioni a stress agenti sulla condotta in fase di installazione, di collaudo e di esercizio.

In generale, le tipologie di supporto più utilizzate sono:

- appoggio semplice (es: sacchi di sabbia; berme di sabbia, etc.);
- appoggio su collari distanziatori;
- supporto ancorato alla struttura della galleria;
- poggiato e/o ancorato su selle di appoggio o su carrelli.

I supporti della condotta in galleria dovranno essere infittiti per alcuni metri nelle seguenti sezioni della galleria: all'imbocco, prima della sella di ancoraggio in cls.

8.4 Lavori di completamento

Al termine della posa della condotta nel pozzo sub-verticale e nella galleria sub-orizzontale si dovrà procedere con le attività di completamento del RB:

- collaudo post-installazione della condotta nel RB;
- opere accessorie alla condotta (es: sistema di protezione catodica, cavo telecomando; etc.);
- intasamento della galleria e del pozzo;
- chiusura del portale di imbocco della galleria;
- collegamenti della condotta con la linea;
- ripristini ambientali delle aree cantiere.

Collaudo idraulico delle condotte

Prima dei lavori di intasamento della galleria e del pozzo dovrà essere eseguito il collaudo idraulico dell'intera sezione di condotta installata nel RB (pozzo + galleria). Analogamente, si dovrà procedere all'installazione e ai test funzionali del cavo telecomando e del sistema di protezione catodica in accordo alle specifiche di progetto. In generale saranno prove idrauliche in opera con una pressione pari a 1,2 volte la pressione massima di esercizio (75 bar).

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.

Intasamento della galleria e del pozzo

Le tipologie di intasamento della galleria sub-orizzontale e del pozzo sub-verticale possono differire in accordo alle differenti metodologie costruttive e alle configurazioni finali.

- Intasamento della galleria

In accordo alle configurazioni finali dei singoli progetti, la galleria può essere attrezzata per la sua percorribilità in sicurezza o in alternativa, può essere "intasata" con miscele fluide o con materiale secco.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 52 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

- Intasamento del pozzo

L'intercapedine tra la condotta e il tubo camicia dovrà essere intasata con una miscela cementizia autolivellante (additivata con areante/fluidificante) e a bassa resistenza, definita in accordo alle specifiche di progetto.

Opere di ripristino e di recupero ambientale delle aree cantiere

Al termine delle operazioni di intasamento interno del tunnel e del pozzo 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 e alle originali condizioni morfologiche del pendio.

8.5 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:

- 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);
- Il pozzo di spinta, da realizzare con manufatto in c.a., sarà 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'adeguata 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 sovraingombri dei giunti nei confronti del diametro esterno del tubo di protezione in c.a., fanno venire meno la necessità di procedere ad un

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 53 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

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 presuppongono percorsi preferenziali di filtrazione lungo il suo profilo molto più lunghi di quelli che si avrebbero naturalmente (in assenza del tunnel);

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.

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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 54 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

9 VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA

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

9.1 Quadro normativo di riferimento

Per la progettazione dell'opera e per le analisi di compatibilità si è fatto riferimento agli strumenti normativi e documenti tecnici qui di seguito elencati:

9.1.1 Criteri generali di progettazione del metanodotto

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

9.1.2 Pianificazione territoriale di settore

Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) – Distretto idrografico Appennino Settentrionale

Il **Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA)** è previsto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. '*Direttiva Alluvioni*') e mira a costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche.

Nell'ordinamento italiano la Direttiva è stata recepita con il D.Lgs. n. 49/2010 che ha individuato nelle *Autorità di bacino distrettuali* le autorità competenti per gli adempimenti legati alla Direttiva stessa e nelle *Regioni*, in coordinamento tra loro e col Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, gli enti incaricati di predisporre ed attuare, per il territorio del distretto a cui afferiscono, il sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini di protezione civile.

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 2015-2021.

Attualmente è in corso il **secondo ciclo**. La Conferenza Istituzionale Permanente (CIP), con delibera n. 26 del 20 dicembre 2021, ha infatti adottato il primo aggiornamento del PGRA (2021-2027).

A seguito della delibera di *CIP n. 26 del 20 dicembre 2021* e della pubblicazione del relativo avviso in Gazzetta Ufficiale, nel territorio distrettuale si ha che:

- con l'adozione del primo aggiornamento, le mappe del PGRA sono vigenti su tutto il territorio distrettuale.
- per i bacini regionali liguri, gli articoli 4, 6 e 14 della Disciplina di Piano, compresi gli allegati in essi richiamati e le mappe, sono adottati quali misure di salvaguardia immediatamente vincolanti.
- per i bacini regionali liguri, nelle more dell'approvazione del PGRA con DPCM, continuano, a trovare applicazione i relativi Piani stralcio di bacino relativo all'assetto idrogeologico (PAI) emanati dalle sopresse Autorità di bacino.
- a seguito dell'entrata in vigore del PGRA conseguente alla pubblicazione del

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 55 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

DPCM sulla Gazzetta Ufficiale, nel territorio ligure, il PGRA sostituirà il PAI vigente a far data dall'entrata in vigore della disciplina emanata dalla Regione Liguria diretta a dare applicazione alle disposizioni del PGRA nel settore urbanistico.

Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano di bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Ambito 17 è stato approvato con deliberazione del Consiglio provinciale DCP n. 68 del 12.12.2002. L'ultima variante, approvata con DDG n. 7092 del 16/11/2020, è entrata in vigore con il BURL n. 49 del 02/12/2020 - parte II.

Il Piano stralcio è tutt'ora vigente e dal 2 febbraio 2017, con la pubblicazione in G.U. del decreto ministeriale n. 294 del 26 ottobre 2016, la sua competenza è passata all'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

9.1.3 Disposizioni e Misure di salvaguardia per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica

La Disciplina di Piano del PGRA non pone particolari restrizioni in merito alle interferenze con aree a pericolosità da alluvioni fluviali, infatti, prevede che qualsiasi intervento deve eventualmente essere realizzato in maniera tale da non pregiudicare l'attuale assetto idraulico dei corsi d'acqua, in modo da non provocare dei rischi per i beni esistenti e in condizioni tali da poter gestire il rischio a cui è soggetto.

Pertanto, risultano maggiormente definite e stringenti le disposizioni contenute nelle Norme di Attuazione del PAI, di cui qui di seguito si riporta una sintesi dei contenuti.

PAI /Norme di Attuazione - Cenni sui contenuti

Le Norme di Attuazione dei "Piani di Bacino stralcio per la Tutela dal Rischio Idrogeologico, degli Ambiti di Bacino 12 e 13, 14, 15, 16, 17, 18" sono state approvate con Delibera della Giunta provinciale di Genova DGP n. 171 del 22.11.2011. L'ultima variante, approvata con DDG n. 2461 del 22/04/2020, è entrata in vigore con il BURL n.20 del 13/05/2020 - parte II.

Nell'ambito delle Norme di Attuazione del PAI (N.A.), nell'art.1, TITOLO I CAPO I, sono riportate le "Finalità generali dei Piani". In particolare nel comma 3 si cita quanto qui di seguito riportato:

3. I Piani perseguono le finalità della difesa idrogeologica e della rete idrografica, il miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, di recupero delle aree interessate da particolari fenomeni di degrado e dissesto, di salvaguardia della naturalità mediante la definizione:

a) del quadro della pericolosità e del rischio idrogeologico in relazione ai fenomeni di inondazione e di dissesto considerati;

b) dei vincoli e delle limitazioni d'uso del suolo in relazione al diverso grado di pericolosità;

...

Nell'art.5, TITOLO II CAPO I, "Indirizzi tecnici vincolanti a carattere generale", al punto 2 è specificato quanto segue:

2) Al fine di prevenire i fenomeni di dissesto:

a) non sono consentiti gli interventi che richiedano sbancamenti e riporti, che incidano negativamente sulla configurazione morfologica esistente o compromettano la stabilità dei versanti;

...

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 56 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Nell'art.6, Sezione II, "Norme di carattere idraulico", viene definito il "Reticolo idrografico significativo" come segue:

1. Fermo restando il disposto del comma 1, dell'art.1 del D.P.R. 18 febbraio 1999 n.238, recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della legge 5 gennaio 1994 n. 36 in materia di risorse idriche, in forza del quale tutte le acque sotterranee e le acque superficiali appartengono allo Stato, la disciplina di cui ai presenti Piani, si applica al reticolo significativo che comprende tutti i tratti delle aste fluviali con bacino imbrifero sotteso superiore a 0,1 km², nonché i tratti con bacini inferiori a 0,1 km² che presentano fasce di inondabilità già perimetrare.
2. Con riferimento alla definizione ed articolazione del reticolo idrografico secondo quanto disposto nel Regolamento regionale n 3/2011 recante "Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua". Il reticolo idrografico significativo ai fini della pianificazione di bacino di cui al comma 1 si articola nelle seguenti classi:
 - a) corsi d'acqua di primo livello o principali: aste fluviali con bacino sotteso > 1 km²;
 - b) corsi d'acqua di secondo livello o secondari: aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 1 e 0,25 km²;
 - c) corsi d'acqua di terzo livello o minori: aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 0,25 e 0,1 km², con l'aggiunta delle aste con bacini inferiori a 0,1 km² con fasce di inondabilità perimetrale nei Piani.
3. Nelle more della definizione della carta regionale univoca del reticolo idrografico da parte della Regione Liguria, ai fini dell'applicazione della presente norma, si fa riferimento alla "Carta del reticolo idrografico".

Al CAPO II – "Articolazione del territorio in categorie", nell'art.12 "Individuazione e categorie di Aree" si definisce quanto qui di seguito riportato.

1. Sono individuate le seguenti tipologie di aree:
 - a) **Alveo Attuale**: fermo restando che la sua puntuale definizione è effettuata alla scala più adeguata nell'ambito della predisposizione degli specifici atti che lo richiedano, la sua individuazione di massima per i tratti principali e per quelli che presentano situazioni di criticità è riportata nella "Carta delle fasce di inondabilità" (scala 1:5000).
 - b) **Fascia di riassetto fluviale (RF)**: è individuata nella "Carta della fascia di riassetto fluviale" o nella "Carta delle fasce di inondabilità" e comprende le aree esterne all'alveo attuale necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dai Piani. La sua delimitazione è effettuata sulla base delle strategie e delle scelte pianificatorie dei Piani e dell'insieme degli interventi strutturali individuati nell'ambito degli stessi. Comprende in particolare le aree necessarie al ripristino della idonea sezione idraulica, tutte le forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena e le aree da destinare alle opere di sistemazione idraulica previste. Può comprendere, inoltre, aree ritenute di pertinenza fluviale e/o di elevato pregio naturalistico-ambientale limitrofe al corso d'acqua.
2. Sono individuate le seguenti categorie di aree relative alla pericolosità idrogeologica:
 - a1) **Fasce di inondabilità («Aree AIN»)**: sono individuate nella "Carta delle fasce di inondabilità" ed articolate nel modo seguente:
 - 1) **Fascia A – pericolosità idraulica molto elevata (Pi3)**: aree perifericali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni;

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 57 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

- 2) **Fascia B – pericolosità idraulica media (Pi2):** aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=200$ anni;
- 3) **Fascia C – pericolosità idraulica bassa (Pi1):** aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=500$ anni, o aree storicamente inondate ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento;
- 4) **Fascia B* (ovvero A*):** 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 nell'ambito dei Piani le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità.

a1) bis Sulla base di studi di maggior dettaglio, sono inoltre individuate le aree corrispondenti agli ambiti normativi relativi alle fasce di inondabilità di cui al comma 2, come di seguito articolati in conformità ai criteri approvati con DGR 91/2013, come sinteticamente richiamati all'allegato 8:

- i) **Ambito BB:** aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno $T=200$ anni a "maggiore pericolosità relativa" rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento corrispondenti alla piena duecentennale;
- ii) **Ambito B0:** aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno $T=200$ anni a "minor pericolosità relativa" rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento corrispondenti alla piena duecentennale;

Per le porzioni di territorio relativamente alle quali nel presente piano siano stati individuati i suddetti ambiti, gli stessi sostituiscono, ai soli fini normativi, le fasce di inondabilità di cui al punto 2.

a2) Aree soggette ad eventi idrologici (aree allagabili): aree nelle quali si manifesta presenza di acqua associata a modesti tiranti idrici e ad estremamente bassa o assente velocità di scorrimento; sono determinate da mancata funzionalità della rete di smaltimento idrico.

Al CAPO III – "Norme specifiche per ciascuna categoria di area", Sezione I – "Disciplina dell'assetto idraulico dei fondovalle", nell'art.13 "Alveo Attuale" è stabilito quanto segue:

1. Si rinvia alla disciplina di cui all'art. 7 del Regolamento regionale n. 3/2011.
2. Resta fermo che, oltre quanto espressamente disposto dal suddetto regolamento, e sempre nel rispetto del disposto del R.D. 523/1904 e delle competenze della Regione in materia di polizia idraulica, non sono in ogni caso consentiti:
 - a) interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di manutenzione ordinaria, come definita dalla lett. a), comma 1, dell'art. 31 della legge 5 agosto 1978 n.457, salve le demolizioni senza ricostruzioni;
 - b) l'installazione di manufatti anche non qualificabili come volumi edilizi e la sistemazione di aree che comportino la permanenza o la sosta di persone o di veicoli.

In tali ambiti sono inoltre previsti interventi di rimozione dei manufatti esistenti.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 58 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Nell'Art.14 "Fascia di riassetto fluviale" è stabilito quanto segue:

1. *Nella fascia di riassetto fluviale (RF), di cui alla lett. b), comma 1, dell'art. 12, non sono consentiti:*
 - a) *interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti, e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di manutenzione straordinaria, come definita dalla lett. b), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di restauro e risanamento conservativo, di cui alla lettera c) del comma 1 dell'art. 31 della l. n.457/78, in caso di edifici di interesse storico, architettonico e testimoniale;*
 - b) *interventi di realizzazione di nuove infrastrutture nonché l'ampliamento di quelle esistenti;*
 2. *La perimetrazione della Fascia di riassetto fluviale può essere modificata e/o aggiornata nonché estesa a nuovi tratti di corsi d'acqua, con le procedure di cui al comma 5 dell'art. 10 della l.r. 58/2009, sulla base dell'acquisizione di nuove conoscenze, di studi o indagini di maggior dettaglio ed a seguito della progettazione di sistemazione idraulica. In particolare, sulla base di specifici progetti di messa in sicurezza, è prevista la rilocalizzazione al di fuori della fascia dei manufatti esistenti.*
-

Nell'art.15 "Fasce di inondabilità" sono disciplinati gli interventi consentiti:

1. *Nelle fasce di inondabilità di cui alla lett. a), comma 2, dell'art. 12, vigono le seguenti norme. 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.*
-

Nell'art.15-bis "Derogabilità alla disciplina delle fasce di inondabilità per opere pubbliche" si definisce quanto segue.

1. *In deroga alla disciplina relativa alle fasce A e B, ivi inclusi gli eventuali ambiti normativi, di cui ai commi 2,3 e 3bis dell'art.15, possono essere assentite opere pubbliche strategiche indifferibili ed urgenti, riferite a servizi essenziali e non diversamente localizzabili, previa acquisizione di parere obbligatorio e vincolante dell'ufficio regionale competente, a condizione che:*
 - a) *non pregiudichino la possibilità di sistemazione idraulica definitiva;*
 - b) *non si producano effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico;*
 - c) *non costituiscano significativo ostacolo al deflusso, non riducano in modo significativo la capacità di invaso, e non concorrano ad incrementare le condizioni di rischio, né in loco né in aree limitrofe;*
 - d) *siano realizzate con tipologie progettuali e costruttive compatibili con la loro collocazione, prevedendo in particolare accorgimenti tecnico-costruttivi o altre misure, anche con riferimento all'allegato 5 ai presenti Piani, che consentano l'adeguata protezione dell'opera dagli allagamenti rispetto alla portata duecentennale senza aggravio di condizioni di pericolosità e rischio in altre aree. In particolare:*

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 59 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

- *la quota del piano di calpestio e tutte le aperture, soglie di accesso e prese d'aria delle edificazioni devono essere poste ad un livello adeguatamente superiore a quello del tirante idrico associato alla portata duecentennale;*
 - *non sono ammesse in ogni caso strutture interrato, a meno di locali tecnici di servizio adeguatamente protetti;*
- e) *sia garantito il mantenimento della funzionalità ed operatività proprie della struttura in casi di evento alluvionale;*
- f) *sia prevista nel progetto la messa in opera di tutte le adeguate misure ed azioni di protezione civile, comprese quelle di autoprotezione locale.*
2. *Ai fini della dichiarazione di indifferibilità ed urgenza di cui al comma 1, deve essere motivato il carattere di impellenza, improrogabilità e non diversa ubicabilità delle opere e deve essere accertata la copertura finanziaria dell'intera opera.*
 3. *La verifica della sussistenza dei presupposti di applicabilità della deroga di cui al comma 1 viene effettuata in sede di Comitato Tecnico di Bacino.*
 4. *L'ufficio regionale competente esprime il parere previsto sulla base di adeguata documentazione tecnica a corredo della progettazione delle opere in questione e valuta, in particolare, caso per caso, l'effettiva possibilità di messa in opera di misure ed accorgimenti tali da proteggere adeguatamente l'elemento dalle inondazioni e dai connessi possibili danni, nonché l'efficacia e l'affidabilità delle misure di protezione progettate in funzione delle grandezze idrauliche di riferimento. Valuta, inoltre, la possibile influenza sulla dinamica dell'inondazione sia dell'intervento edilizio richiesto sia degli accorgimenti costruttivi proposti, garantendo che non vengano aumentate le condizioni di pericolosità e di rischio nelle aree limitrofe.*
 5. *Il suddetto parere, che ha efficacia per un periodo massimo di 3 anni, viene espresso sulla base del quadro conoscitivo del piano nonché, laddove necessario, di un adeguato studio di compatibilità idraulica che consenta di valutare il rispetto delle condizioni di cui sopra, con particolare riferimento alla compatibilità dell'intervento con le condizioni di inondabilità dell'area, in termini di pericolosità e di rischio, e all'assenza di effetti di incremento dell'esposizione al rischio della popolazione.*

9.1.4 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*

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 60 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

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. *Non rientrano nei divieti di cui alla lettera d) del comma 1 gli interventi di reinalveazione dei corsi d'acqua inseriti nell'ambito:*
- a) *della realizzazione di abbancamenti di materiale litoide sciolto superiori a 300.000 mc e di discariche di rifiuti, purché previsti nei piani di settore, a condizione che il nuovo tracciato d'alveo sia mantenuto a cielo libero, e sia dimostrata la funzionalità idraulica ed il deflusso senza esondazioni della portata di piena duecentennale con adeguato franco;*
 - b) *dell'ampliamento di abbancamenti esistenti il cui volume complessivo risulti superiore a 300.000 mc o di discariche di rifiuti in esercizio, nel rispetto delle stesse condizioni di cui alla lettera a), purché sia contestualmente adeguato il sistema di allontanamento delle acque della porzione esistente. La Giunta Regionale definisce, ai fini dell'applicazione della disciplina di cui alle lettere a) e b), i criteri localizzativi per gli interventi per i quali non sia prevista l'adozione di piani di settore, fatti salvi gli interventi la cui localizzazione sia già stata verificata in sede di procedure di Valutazione di Impatto Ambientale alla data di entrata in vigore del presente regolamento. La Giunta regionale può approvare altresì criteri ed indirizzi di carattere generale applicabili nella fase di elaborazione della progettazione degli interventi di cui trattasi, anche ai fini della loro sostenibilità tecnica.*
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 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.*

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 61 di 67

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

9.2 Interferenze con aree a pericolosità idraulica

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000, dal quale si può individuare l'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso) con l'alveo del corso d'acqua (ambito indicato con un cerchio in giallo). Come si vede, l'attraversamento avviene a ridosso di aree censite a pericolosità idraulica nel PAI (riportate mediante campiture semi-trasparenti con varie tonalità) e, di fatto, interferisce con l'alveo attuale di un corso d'acqua principale.

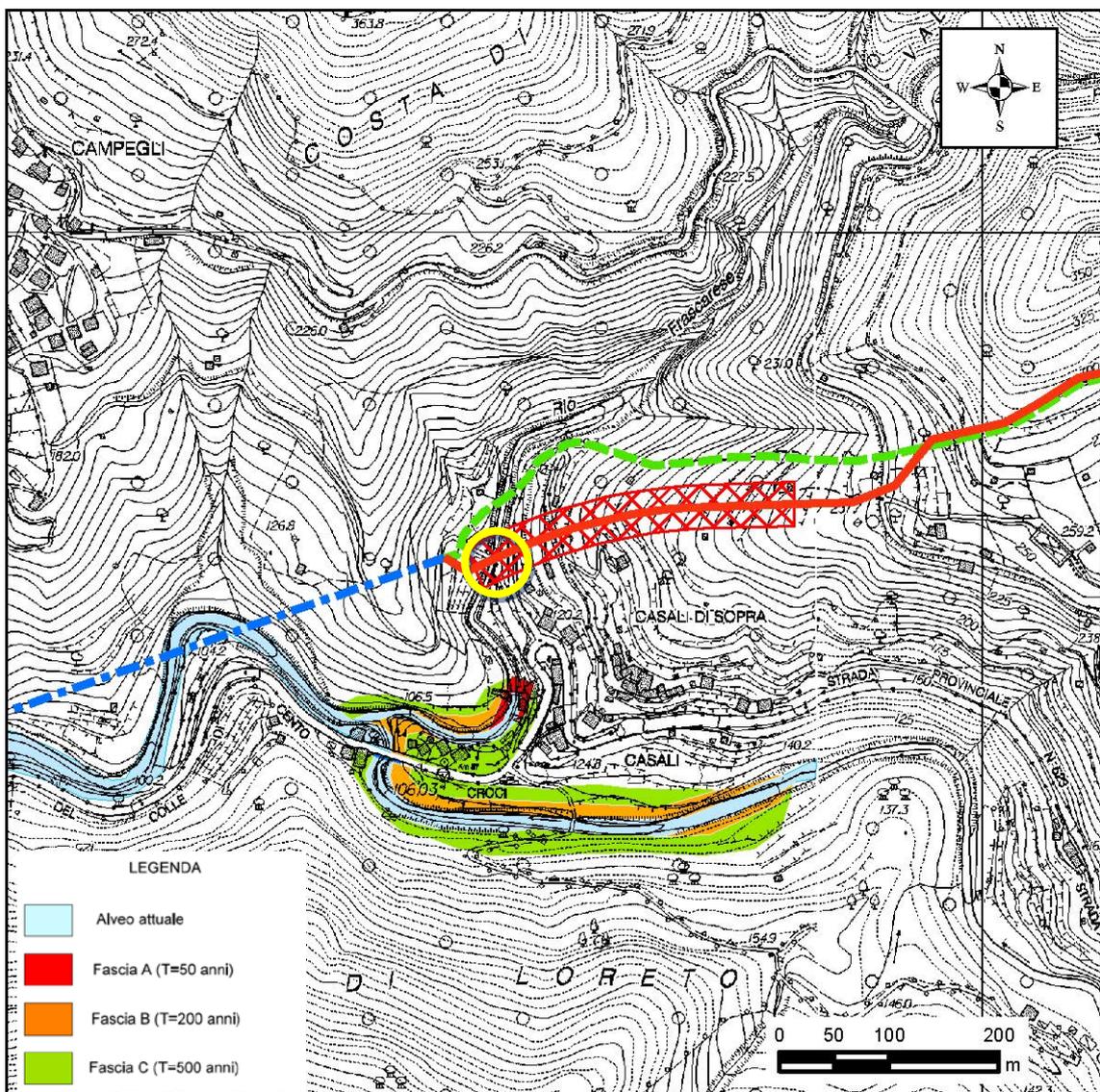


Fig.9.2/A: Fasce di inondabilità del PAI

Dall'analisi della figura precedente si rileva che l'alveo attuale del corso d'acqua verrà superato mediante una trivellazione (il cui sviluppo longitudinale è schematicamente indicato mediante retinatura in rosso) con significative profondità di posa in subalveo. Mentre, esternamente al tratto in trivellazione (dove la condotta in progetto verrà posizionata mediante la tradizionale tecnica degli scavi a cielo aperto) la linea in progetto non interferisce con aree inondabili.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 62 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

9.3 Analisi delle condizioni di Compatibilità Idraulica

9.3.1 Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta 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.

L'interferenza specifica con le aree censite a pericolosità idraulica del corso d'acqua è stata determinata 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 l'interessamento delle aree a pericolosità idraulica di pertinenza del corso d'acqua. Ciò in considerazione che il metanodotto prende origine nel territorio di Albareto (PR) e termina nel territorio di Sestri Levante (SP), e pertanto nell'ambito del proprio sviluppo la linea in progetto deve necessariamente interferire con i vari corsi d'acqua che si sviluppano nel territorio tra le località di estremità precedentemente citate.

In ogni caso, si evidenzia che il metanodotto in progetto risulta 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.

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 attraversamento dell'alveo

Nel paragrafo precedente è stato evidenziato che l'alveo attuale del corso d'acqua verrà attraversato in trivellazione (raise borer). Pertanto, alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali, si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di adeguate garanzie 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 NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 63 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

- La configurazione morfologica d'alveo verrà mantenuta inalterata nei confronti della situazione originaria. Essendo i lavori previsti in trivellazione non si prevedono lavori in superficie nell'ambito dell'alveo del corso d'acqua;
- La tecnica costruttiva di posa della condotta (in trivellazione), unitamente alla geometria in progetto (elevate coperture in subalveo), consentono inoltre in generale di escludere interferenze con il regime idraulico del corso d'acqua anche nella fase costruttiva dell'opera;
- La configurazione geometrica della linea 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 e sono tali 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 del corso d'acqua:

1. *Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena*
Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata, con posa in trivellazione), non sarà determinato dalla costruzione della condotta 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*
La linea in progetto, essendo completamente interrata, non crea 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 sottrae capacità d'invaso.
3. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo*
L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento.
4. *Interazioni in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua*
Il sistema operativo previsto ha consentito di prevedere il posizionamento della condotta ad elevata profondità di subalveo, quindi ben oltre ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento. La configurazione in subalveo a "corda molle" (con risalite a coperture ordinarie a distanze elevate dall'alveo attivo) consente peraltro di essere abbondantemente in sicurezza anche nei confronti di eventuali fenomeni di divagazione laterale dell'alveo attivo del corso d'acqua.
5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*
Essendo l'opera del tutto interrata, nonché essendo prevista la metodologia costruttiva in trivellazione, non saranno introdotte alterazioni al contesto naturale della regione fluviale.

9.3.3 Considerazioni specifiche inerenti ai tratti di percorrenza di linea delle aree non censite dal PAI

Relativamente ai tratti di percorrenza delle aree esterne all'alveo attuale e non censite a pericolosità idraulica si evidenzia quanto segue.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 64 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

Queste porzioni di territorio non rappresentano delle aree di laminazione e/o di invaso del corso d'acqua in occasione di piene eccezionali (o comunque molto significative) ed in quanto tali, risultano degli ambiti di assoluta sicurezza per la condotta nei confronti dei processi di dinamica fluviale.

A tal proposito si mette in evidenza che il metanodotto in progetto risulta un'opera completamente interrata ed 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 allagamento dell'area.

L'intervento prevede il completo interrimento della tubazione (alla profondità di almeno 1,5 m nei confronti del piano campagna, salvo eventuali tratti a copertura ulteriormente maggiorata) e l'integrale ripristino morfologico e vegetazionale delle aree interessate dai lavori.

In detti ambiti di percorrenza non sono previste modifiche circa lo stato dei luoghi, trasformazioni del territorio e/o cambiamenti di destinazione d'uso dei fondi. Le uniche strutture visibili risulteranno essere le paline, i cartelli indicatori ed eventuali sfiati in corrispondenza degli attraversamenti stradali e pertanto non si introdurranno interferenze idrauliche significative per la laminazione delle piene del corso d'acqua e/o riduzione della capacità di invaso, né tantomeno alterazioni all'eventuale deflusso in occasione delle piene eccezionali.

9.4 Considerazioni conclusive sulla compatibilità idraulica

Alla luce di quanto evidenziato si ritiene che, in riferimento alle specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e alle scelte progettuali effettuate nell'ambito in esame (metodologie costruttive e configurazione geometrica della condotta), l'intervento in progetto:

- non introduca alcun elemento di ostacolo al libero deflusso e dunque non determini alcuna alterazione del regime attuale di deflusso delle acque;
- non determini l'inserimento di elementi di riduzione della capacità di laminazione e di invaso in corrispondenza delle aree potenzialmente inondabili dalle piene del corso d'acqua;
- non comporti l'alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale;
- non implichi alcuna forma di trasformazione dello stato dei luoghi del territorio e non sono previsti cambiamenti di destinazioni d'uso del suolo nelle aree perifluviali;
- non determini alcun aggravio delle condizioni di pericolosità e di rischio nell'area (non è previsto l'incremento del carico insediativo), né tantomeno provochi degli aggravii delle condizioni di pericolosità e di rischio per le aree esterne a quella d'intervento;
- non introduca elementi di impedimento per l'eventuale realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio nell'ambito fluviale in esame.

Alla luce di quanto sopra affermato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alla metodologia costruttiva ed alla configurazione geometrica della condotta siano congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme di Piano e, in quanto tale, l'intervento sia **COMPATIBILE**.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 65 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

10 CONCLUSIONI

La Snam Rete Gas intende rinnovare la linea esistente del metanodotto "Derivazione per Sestri Levante DN 250 - 400 (10" - 16")", che si sviluppa da Albareto (PR) a Sestri Levante (SP), mediante la sostituzione di alcuni tratti della linea attualmente in esercizio.

Il progetto prevede la realizzazione di alcuni tratti in sostituzione della linea esistente, che sarà dismessa e rimossa solamente in corrispondenza delle percorrenze di nuova progettazione, nonché l'adeguamento di alcune linee secondarie di vario diametro che prendono origine dalla linea principale, al fine di garantire la fornitura del servizio al bacino delle utenze presenti nell'area.

In particolare, il tracciato in progetto (DN 400) interseca l'alveo del Rio Frascarese (anche noto come torrente San Pietro) nel territorio comunale di Castiglione Chiavarese (GE), in un ambito situato in prossimità della località Casali di Sopra.

Con lo scopo di individuare le soluzioni tecnico-operative più idonee per l'attraversamento in esame (metodologia costruttiva, profilo di posa in subalveo della condotta, eventuali opere di ripristino) sono state eseguite specifiche valutazioni di tipo geomorfologico, idrologico ed idraulico.

Nel caso in esame per il superamento in subalveo del corso d'acqua è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento trenchless, la tecnica del "raise boring", in prosecuzione del tunnel previsto per il superamento del rilievo morfologico presente in sinistra idrografica del torrente.

Detta soluzione operativa consentirà dunque di evitare interferenze tra i lavori di posa del metanodotto con il deflusso naturale del corso d'acqua, nonché eviterà di interrompere la contiguità delle eventuali opere e/o strutture presenti a terra.

La geometria curvilinea della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della condotta, assicurando adeguate profondità al di sotto dell'alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi consentiti alla tubazione ed alla trivellazione stessa. Peraltro si evidenzia che è stata prevista una configurazione di posa in subalveo che assicura profondità significative nei confronti delle quote di fondo del letto fluviale, dunque in assoluta sicurezza nei confronti dei processi erosivi in alveo.

L'adozione ed il rispetto dei criteri e dei vincoli suddetti, sia quelli propri del sistema di trivellazione che quelli più strettamente dipendenti dalla configurazione geometrica della tubazione, offrono pertanto ottime garanzie della stabilità dell'insieme, a breve ed a lungo termine. Pertanto, si può affermare che la tecnica operativa individuata e la geometria della trivellazione garantiscono i necessari livelli di sicurezza sia per il metanodotto che per l'alveo e gli eventuali manufatti sovrastanti.

Nell'analisi delle interferenze tra la linea in progetto con gli ambiti censiti a pericolosità idraulica nel Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'ex Autorità di Bacino regionale per l'Ambito 17 e nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, si è rilevato che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento il metanodotto in progetto interferisce con l'alveo attuale di un corso d'acqua principale.

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che l'intervento in progetto non introduce alterazioni significative al deflusso della corrente e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua e più in generale non

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 66 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi nei territori interessati dai lavori, non implica trasformazioni e/o cambiamenti circa l'uso del suolo. L'intervento, inoltre, non determina alcun aggravio delle condizioni di rischio idraulico nell'area (non è previsto l'incremento del carico insediativo), né tantomeno in ambiti esterni.

Pertanto, si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti allo specifico ambito in esame possano essere ritenute congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme del PAI e, in quanto tale, l'intervento sia **COMPATIBILE**.

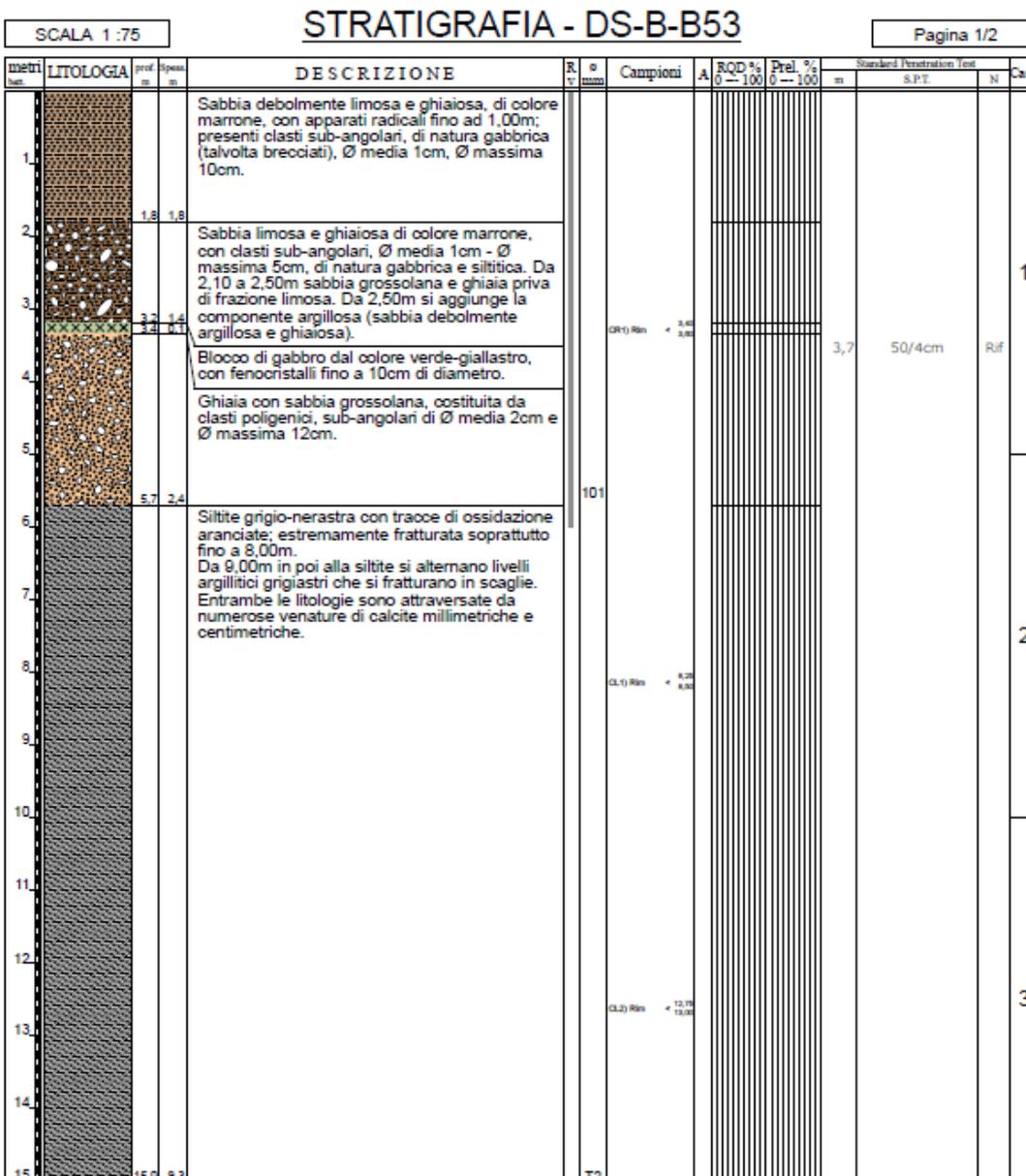
	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ	Regione Emilia-Romagna e Liguria		REL-CI-E-10406
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 67 di 67	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80406

APPENDICE 1: COLONNE STRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI



Committente: SAIPEM	Sondaggio: DS-B-B53
Riferimento: IP1235 IP08 - Rifacimento Metan. deriv. Sestri Levante DN400, DP 75bar	Data: 18/11/2022
Coordinate: Lat: 44°16'34.44"N - Long: 9°29'42.03"E	Quota: 115 metri s.l.m.
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo fino a 15,00m dal p.c.	



Il Responsabile di commessa
Geol. Francesco Amodeo

Il Responsabile di sito
Geol. Nadia Mortellaro