

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 1 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

PROGETTO:

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

Attraversamento in subalveo

FIUME VARA

(Prog. km: 21+585)

STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO E RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

0	Emissione	Vitelli	Caccavo	Palazzo	Nov. 2022
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 2 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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	8
3.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	8
3.2	Descrizione dell'area di attraversamento	10
3.3	Indagini di caratterizzazione stratigrafica	11
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	13
4.1	Generalità	13
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	13
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	13
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	16
4.6	Portata di progetto	17
5	STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	18
5.1	Presupposti e limiti dello studio	18
5.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	19
5.2.1	<i>Assetto geometrico di modellazione</i>	19
5.2.2	<i>Dati di input e condizioni al contorno</i>	21
5.3	Risultati della simulazione idraulica	21
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	30
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	31
6.1	Generalità	31
6.2	Criteri di calcolo	32
6.3	Stima dei massimi approfondimenti d'alveo attesi	35
6.4	Analisi dei risultati e considerazioni progettuali	36
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	37
7.1	Premessa	37
7.2	Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto	37

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 3 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

7.3	Geometria della condotta ed interventi di ripristino	38
7.4	Caratteristiche di progetto e metodologie costruttive della scogliera	39
8	VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA	42
8.1	Quadro normativo di riferimento	42
8.1.1	<u>Criteria generali di progettazione del metanodotto</u>	42
8.1.2	<u>Pianificazione territoriale di settore</u>	42
8.1.3	<u>Disposizioni e Misure di salvaguardia per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica</u>	43
8.2	Interferenze con aree a pericolosità idraulica	45
8.3	Analisi delle condizioni di Compatibilità Idraulica	46
8.3.1	<u>Considerazioni di carattere generale</u>	46
8.3.2	<u>Considerazioni specifiche inerenti all'ambito di attraversamento dell'alveo</u>	47
8.3.3	<u>Considerazioni specifiche inerenti ai tratti di percorrenza di linea delle aree inondabili</u>	48
8.4	Considerazioni conclusive sulla Compatibilità Idraulica	48
9	CONCLUSIONI	50
	APPENDICE 1: COLONNE STRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI	51

ANNESSO: Disegno di Attraversamento DIS-AT-6C-11221

*"Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante", DN400 (16");
Attraversamento Fiume Vara*

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 4 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto "*Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16")*", intende realizzare dei nuovi tratti di metanodotto, che si sviluppino nell'ambito dei territori dell'Emilia Romagna e della Liguria, in sostituzione dei corrispondenti tratti del metanodotto "*Derivazione per Sestri Levante DN 250 (10")*" in esercizio ed in fase di dismissione.

In particolare, il tracciato del metanodotto in progetto (DN 400) interseca l'alveo del fiume VARA in un ambito di confine tra i territori comunali di Varese Ligure (SP) e di Maissana (SP), in prossimità della località "Meeia".

In corrispondenza del sopracitato ambito di attraversamento del corso d'acqua, il tracciato del metanodotto in progetto interferisce con delle aree censite a pericolosità idraulica nel Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'ex Autorità di Bacino del Fiume Magra 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;
- 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;

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 5 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

- 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-6C-11221**
"Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante", DN400 (16");
 Attraversamento Fiume Vara

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 REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 6 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento dell'alveo del fiume Vara da parte del tracciato del metanodotto in progetto (DN400) ricade in un ambito di confine tra i territori comunali di Varese Ligure (SP) e di Maissana (SP), in prossimità della località "Meeia".

Dal punto di vista idrografico, l'ambito di attraversamento ricade nel tratto alto dello sviluppo dell'asta fluviale del corso d'acqua; nel tronco fluviale ricompreso dalla confluenza dei torrenti Cesinelle e Borsa.

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

- il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso;
- il tratto di metanodotto che sarà da dismettere è indicato tramite una linea in verde;
- i tratti di linea da mantenere in esercizio sono indicati in colore arancione;
- l'area di attraversamento in esame è evidenziata mediante un cerchio in colore blu.

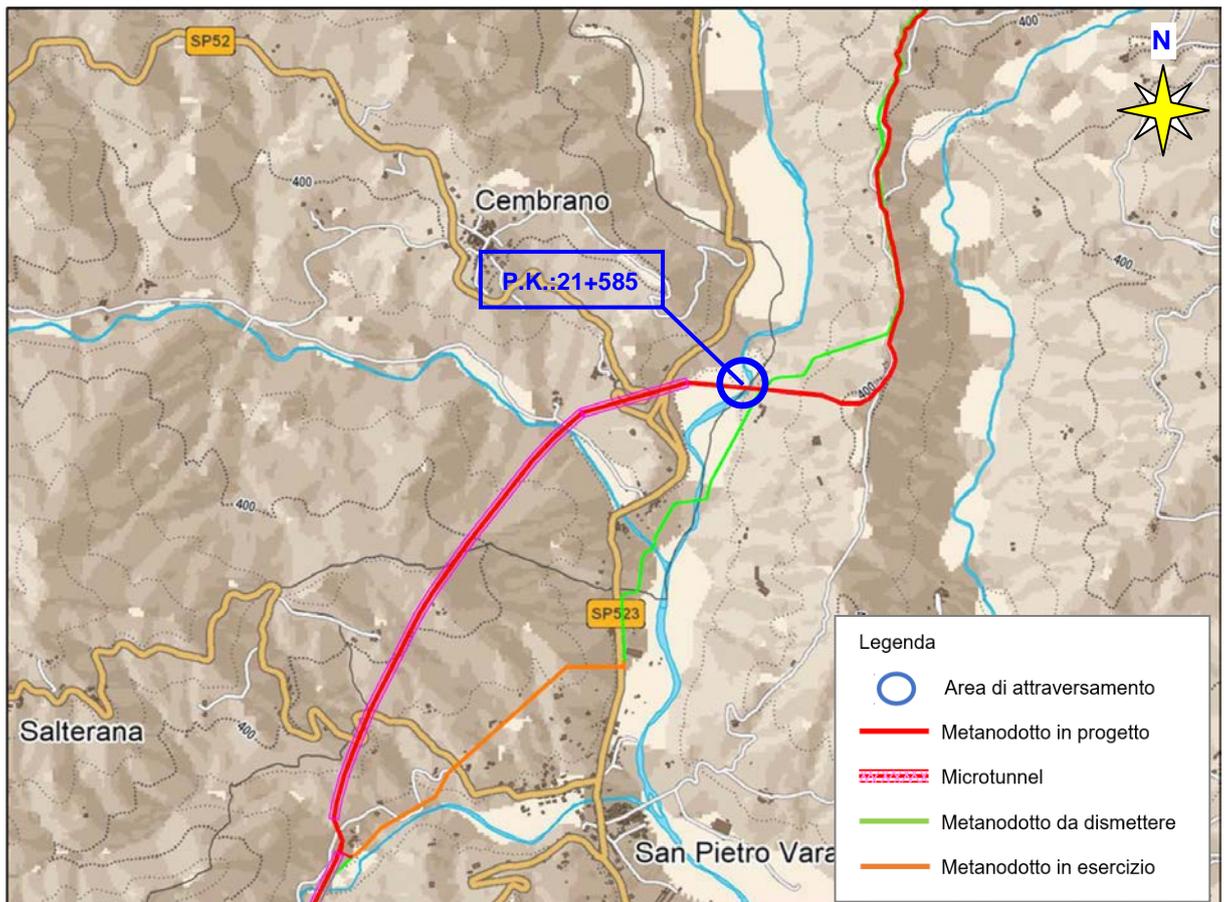


Fig.2. 1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ	REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO	Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 7 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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)	547478 m E	4910676 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.

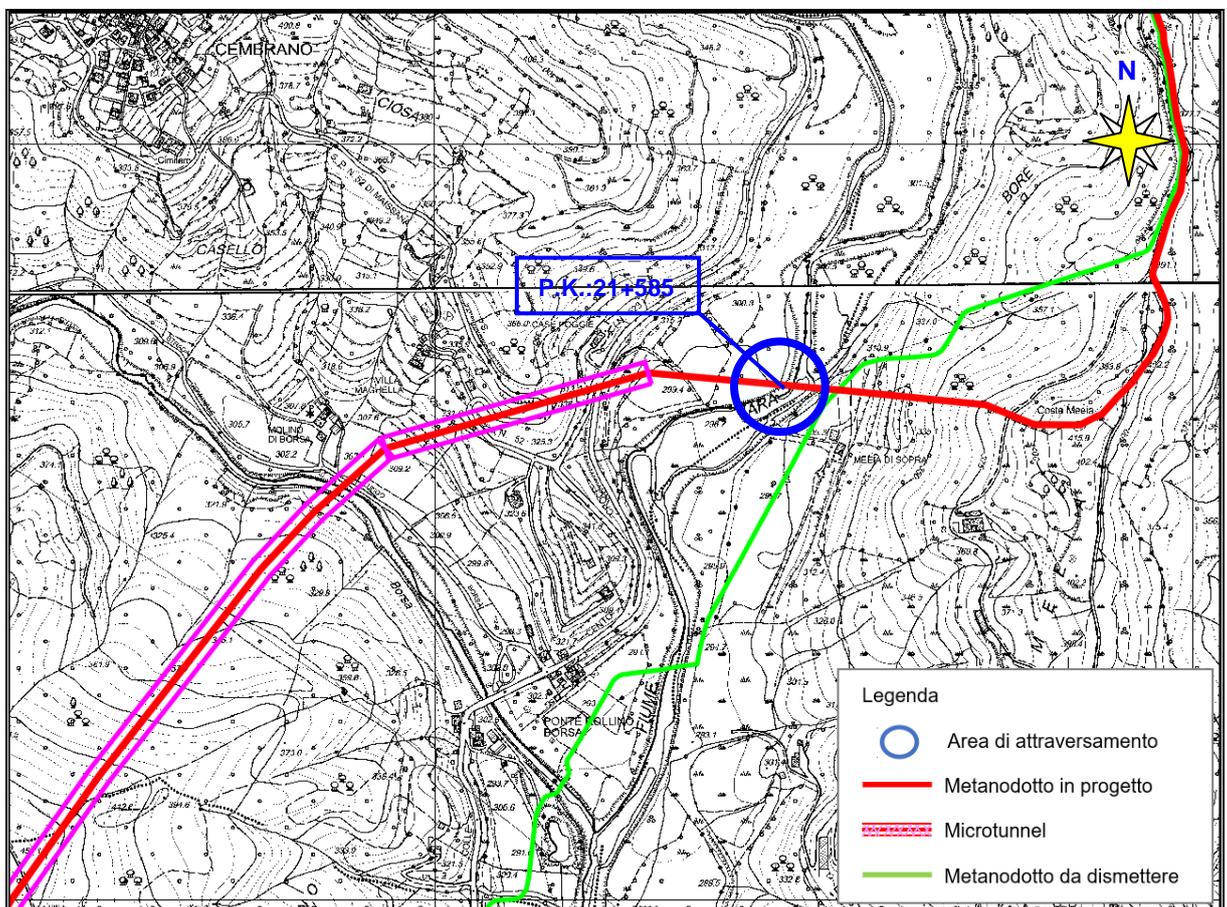


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

Dall'analisi della figura precedente si rileva che l'ambito di attraversamento del corso d'acqua da parte del tracciato del metanodotto in progetto (DN400) è ubicato a circa 0.5 km a monte nei confronti dell'attraversamento del metanodotto DN250 attualmente in esercizio (e che verrà successivamente dismesso).

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 8 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

3 CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il Fiume Vara rappresenta il principale affluente del Magra, ed è un importante corso d'acqua che scorre interamente nel territorio della provincia della Spezia, caratterizzato da un bacino complessivo alla foce della superficie di circa 600 km².

Il Vara nasce dal versante orientale di Monte Prato Pinello, nel territorio di Varese Ligure. L'ampia valle occupata dal F. Vara costituisce un sistema completo e articolato che raccoglie numerose valli secondarie. Esso riceve prima dell'abitato di Varese Ligure le acque dei torrenti Scagliana, Chinela e Crovana.

Dopo tale abitato confluiscono il T. Cinisella, seguito dal T. Borsa e dal T. Torza. Dopo S. Pietro Vara riceve le acque del T. Stora, seguono poi alcuni torrenti minori sino ad incontrare il T. Ruschia e il T. Gottero, principale affluente anche in termini di portata.

Procedendo verso valle, in sponda destra confluiscono nel Vara il T. Orbara, T. Malacqua, T. Pogliaschina, T. Pignone, T. di Riccò, T. Graveglia, T. Durasca. In sponda sinistra il T. Mangia, T. Gravegnola, T. Usurana.

Infine, il Vara, dopo uno sviluppo dell'asta principale di circa 65 km, sfocia nel Magra, all'altezza della piana di Santo Stefano di Magra, in località Bottagna.

Il regime idrologico del corso d'acqua (relativamente al tratto alto) 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 (specie 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.

È inoltre importante evidenziare che l'andamento dei deflussi sul Vara viene condizionato da alcuni bacini artificiali presenti nel tratto alto che ne regolano la portata.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in colore arancione), su una base cartografica estrapolata dalla Mappa Regionale della Liguria al 25.000, con indicazione in colore blu dell'asta del corso d'acqua. Nella stessa figura è anche indicato, mediante un cerchio in rosso, l'ambito d'interferenza in esame tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in rosso) e l'alveo del corso d'acqua.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 9 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403



Fig.3. 1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione dell'ambito di attraversamento

Dall'esame della figura precedente si rileva che l'attraversamento del metanodotto in progetto ricade nel tratto alto dello sviluppo dell'asta fluviale del corso d'acqua.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 10 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

3.2 Descrizione dell'area di attraversamento

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto (DN400) ricade nei pressi della località "Meeia", nella parte alta dello sviluppo dell'asta fluviale del corso d'acqua. In particolare, l'attraversamento in esame ricade esattamente nel tronco fluviale ricompreso tra le confluenze dei torrenti Cesinelle e Borsa (in tal senso si rimanda alla visione della Fig.4.3/A, riportata nel capitolo 4).

Nell'intorno dell'area di attraversamento, il fiume assume un andamento longitudinale sinuoso a barre alternate ed a tratti a wandering.

In particolare nel tratto in esame, il corso d'acqua presenta un letto di fondo costituito da ghiaie, ciottolame e blocchi lapidei in una matrice sabbiosa, di ampiezza molto da variabile (da un minimo di circa 40 m, sino a 120 m circa). La sponda sinistra è ben individuabile e si eleva dal letto fluviale di circa 4÷5 m, alla base della quale si rileva un rivestimento in blocchetti lapidei completamente sconnesso. La sponda destra, invece, non è sempre ben definibile (per divagazioni laterali d'alveo, in quel lato), infatti presenta una configurazione caotica, con altezze e inclinazioni molto variabili lungo lo sviluppo longitudinale del corso d'acqua.

Dal punto di vista vegetazionale si pone in evidenza che in corrispondenza dell'ambito in esame s'individuano delle macchie boschive, intervallate con dei prati e dei pascoli.

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

- il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso;
- il tratto di metanodotto che sarà da dismettere è indicato tramite una linea in verde;
- l'area di attraversamento dell'alveo è evidenziata mediante un cerchio in celeste.

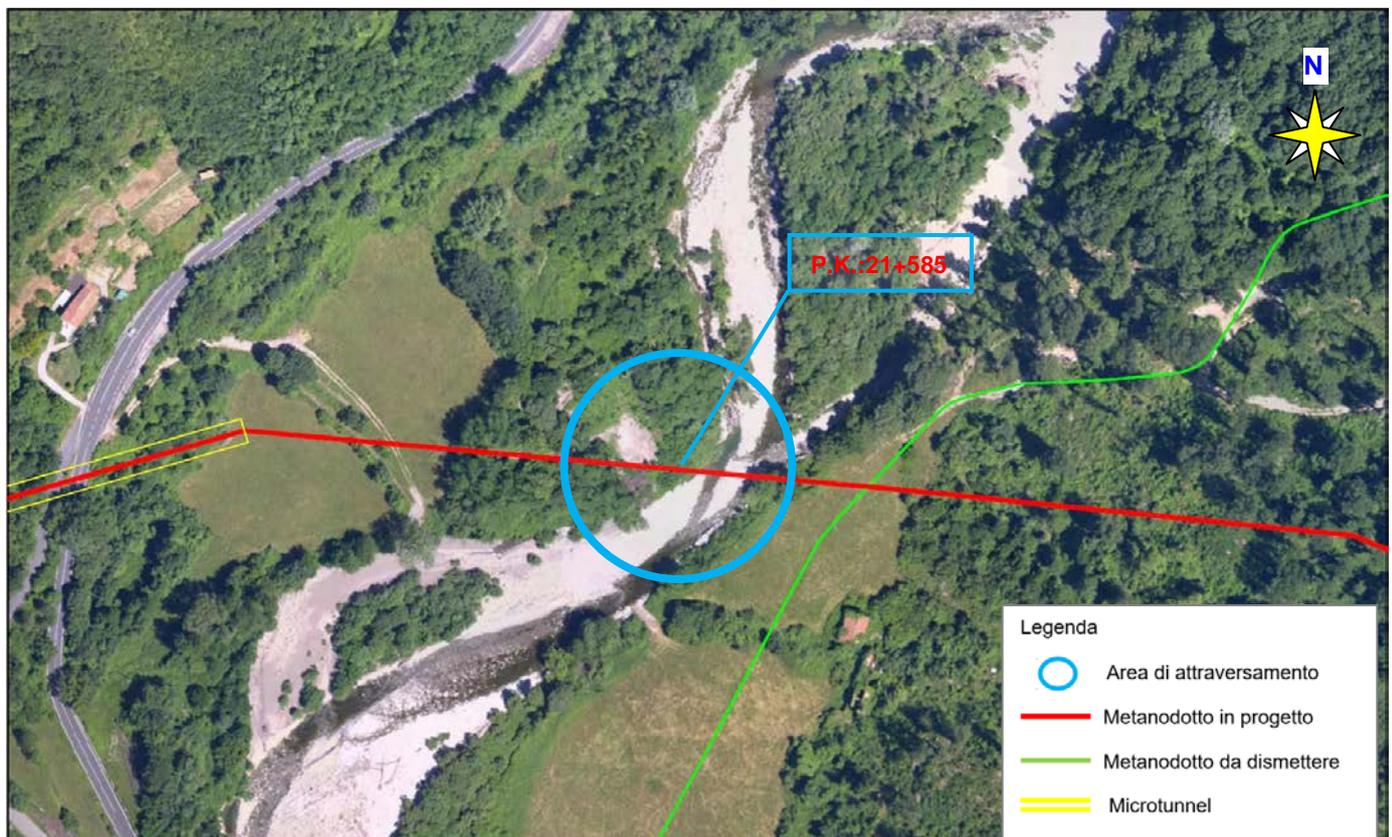


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10403		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 11 di 52	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

Nella figura seguente è inoltre riportata una foto relativa all'ambito d'attraversamento in esame del corso d'acqua (scattata dal lato in destra idrografica), con indicazione in rosso del tracciato di linea in progetto.



Fig.3.2/B: Foto ambito d'attraversamento

3.3 Indagini di caratterizzazione stratigrafica

Per l'acquisizione degli elementi che hanno permesso di esprimere un giudizio sui terreni presenti lungo il tracciato del metanodotto in progetto, recentemente (nella primavera ed estate del 2022), è stata eseguita una specifica campagna geognostica (rif. REL-GEO-E-13024).

In particolare, per la caratterizzazione dell'ambito fluviale in esame risultano interessanti n. 2 sondaggi (denominati DS-B-B29 e DS-B-B30), spinti sino alla profondità di 15 m dal p.c. e le cui ubicazioni sono state riportate nella foto aerea di cui alla figura seguente.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10403		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 52	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

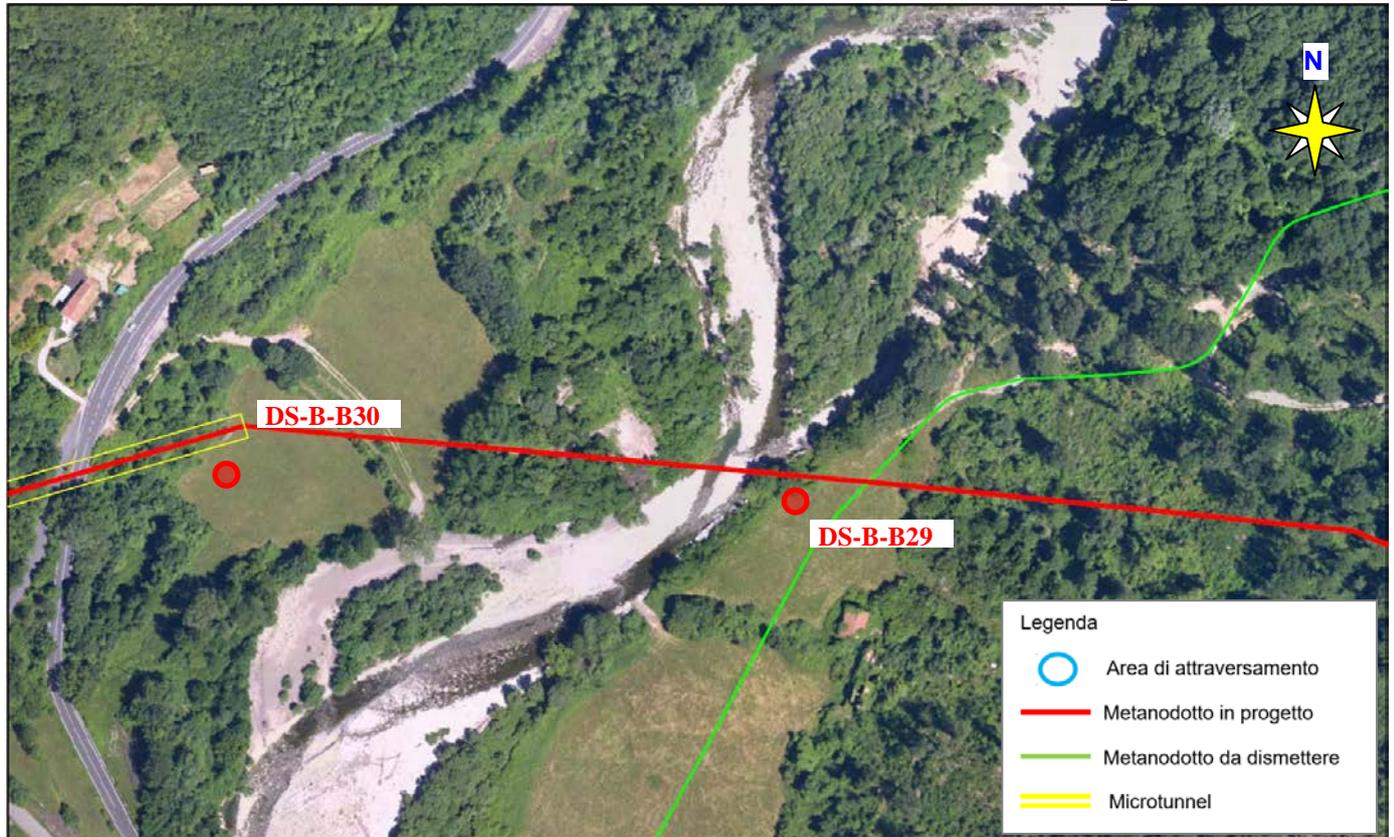


Fig.3.3/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento, con ubicazione dei sondaggi di interesse

Per l'esame delle colonne stratigrafiche dei sondaggi di riferimento si rimanda alla visione dell'Appendice 1.

Dall'analisi delle stesse colonne stratigrafiche, s'individua la presenza di un livello superficiale (di spessore di circa 7-8 m) di alluvioni costituiti da ghiaia e ciottolame in matrice sabbiosa, poggiante su uno strato di transizione (di spessore di circa 2-3 m) costituito da argilla e sabbia con clasti e trovanti e quindi, dalla profondità di circa 10 m circa, s'individua il substrato. In particolare, nel lato in sinistra idrografica il substrato è costituito da calcare debolmente marnoso, mentre in destra è costituito da scisto a struttura fogliettata.

La falda freatica, dalle misurazioni eseguite durante i carotaggi, è stata individuata ad una profondità di circa 3 m dal piano campagna per il carotaggio DS-B-B29 e a circa 2 m dal piano campagna per il carotaggio DS-B-B30 (vedi Appendice 1).

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 13 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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.

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

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

In molti casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici del bacino in esame.

Infine, è possibile ricorrere al metodo indiretto (Afflussi-Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.

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

4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Nel caso in esame per le valutazioni idrologiche si utilizzano gli algoritmi di regionalizzazione individuati nell'ambito degli studi propedeutici alla redazione del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dall'ex Autorità di bacino Interregionale del Magra.

In tal senso nel seguito si provvederà a riportare dei cenni sui modelli impiegati negli studi idrologici propedeutici al PAI, quindi si riporteranno gli algoritmi delle curve di regionalizzazione utilizzabili per la stima delle portate al colmo di piena.

4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino

Si assume come sezione di studio quella di attraversamento da parte del metanodotto in progetto, che ricade nei pressi della località "Meeia", nel tratto alto dello sviluppo dell'asta fluviale del corso d'acqua.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, estrapolato dalla Mappa Regionale della Liguria al 25.000, con la delimitazione del bacino sotteso dalla sezione di studio (in color magenta) e con indicazione del reticolo idrografico. Nella stessa figura il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 14 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A SPC-LA-E-80403

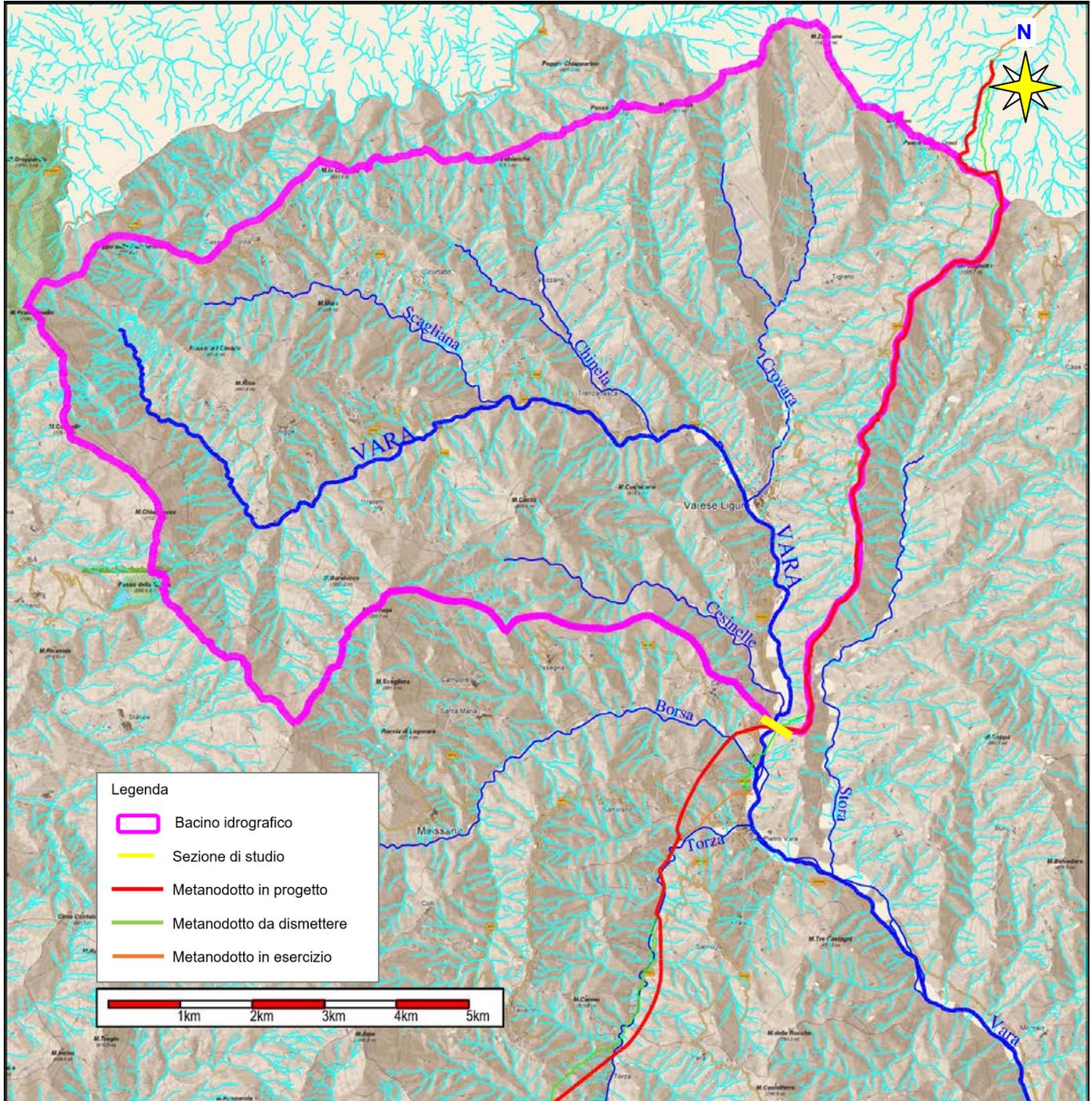


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 15 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

Nella tabella seguente sono riportati i parametri morfometrici del bacino sotteso dalla sezione di studio (sezione di attraversamento), misurati con software GIS.

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)
F. Vara	Sez. Attrav.	77	16.6	1423	300

4.4 Studi propedeutici al PAI

4.4.1 Premessa

Le Amministrazioni della Regione Liguria e della Regione Toscana hanno affidato al Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (CIMA) dell'Università degli Studi di Genova, unitamente al Centro Studi Ingegneria (PIN) di Prato, l'incarico di effettuare studi idrologici ed idraulici propedeutici alla realizzazione del Piano di Bacino del fiume Magra.

4.4.2 Elaborazione idrologiche - Cenni

Sono stati effettuati due diversi studi idrologici, ciascuno dei quali adatto alle finalità perseguite, sebbene realizzati con metodologie affini.

Il primo studio è specificamente mirato alla perimetrazione delle aree inondabili e, di conseguenza, fissa come obiettivo primario la determinazione delle portate al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno.

Obiettivi principali del secondo studio idrologico sono, invece, il dimensionamento e la verifica degli interventi di laminazione sul bacino; per tale finalità si rende quindi necessaria un'indagine più approfondita sulla forma dell'idrogramma di piena, per la corretta valutazione dei volumi in gioco, anche ai fini della modellazione idraulica in moto vario.

Al fine di individuare degli algoritmi per la regionalizzazione delle portate di piena, visto il ridotto numero di stazioni idrometriche presenti nel bacino del Magra e la scarsa numerosità campionaria delle serie storiche, si è utilizzato un modello afflussi – deflussi che prevede che la stima della portata indice sia condotta a partire dalle osservazioni pluviometriche regionalizzate. Detta metodologia di calcolo è quella impiegata nei due studi suddetti.

Per la descrizione di dettaglio delle modalità di elaborazione negli studi CIMA e PIN si rimanda rispettivamente alla visione dei paragrafi 2.9.1 e 2.9.2 della Relazione Generale del PAI.

Quindi sulla base dei risultati conseguiti si è pervenuto all'individuazione delle curve di inviluppo delle portate (con vari tempi di ritorno) valide per i sottobacini a monte della confluenza tra il fiume Magra e il fiume Vara.

Poi si è reso necessario effettuare un ulteriore passaggio di elaborazione, per meglio rappresentare i bacini minori, ossia per i bacini imbriferi di dimensioni limitate. In tal senso si è utilizzato il software "PIENE", procedendo in pratica ad effettuare un sostanziale raffittimento degli studi precedentemente sviluppati.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 16 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

4.4.3 Risultati finali delle elaborazioni idrologiche

Sulla base delle elaborazioni condotte si è quindi pervenuto a definire il quadro complessivo delle formule per la determinazione della portata al colmo di piena per i tempi di ritorno di interesse.

Tali formule sono riportate nella tabella seguente.

Tab.4.4/A: Curve di regionalizzazione per il calcolo delle portate per i corsi d'acqua ricadenti nel bacino del Fiume Magra

Tempi di ritorno	Affluenti fiume Magra a valle della confluenza	Alto Vara ed Affluenti	Alto Magra ed affluenti a monte della confluenza
30 anni	$Q = 12 * A^{0.9}$	$Q = 16 * A^{0.85}$ (A < 15 kmq)	$Q = 15 * A^{0.85}$ (A < 39 kmq)
		$Q = 24 * A^{0.7}$ (A > 15 kmq)	$Q = 26 * A^{0.7}$ (A > 39 kmq)
100 anni	$Q = 16 * A^{0.9}$	$Q = 21 * A^{0.85}$ (A < 36 kmq)	$Q = 20 * A^{0.85}$ (A < 50 kmq)
		$Q = 33 * A^{0.7}$ (A > 36 kmq)	$Q = 36 * A^{0.7}$ (A > 50 kmq)
200 anni	$Q = 18 * A^{0.9}$	$Q = 25 * A^{0.85}$ (A < 23 kmq)	$Q = 23 * A^{0.85}$ (A < 65 kmq)
		$Q = 40 * A^{0.7}$ (A > 23 kmq)	$Q = 43 * A^{0.7}$ (A > 65 kmq)
500 anni	$Q = 21 * A^{0.9}$	$Q = 29 * A^{0.85}$ (A < 43 kmq)	$Q = 28 * A^{0.85}$ (A < 80 kmq)
		$Q = 51 * A^{0.7}$ (A > 43 kmq)	$Q = 54 * A^{0.7}$ (A > 80 kmq)

4.5 Valutazione delle portate nell'ambito in esame

L'ambito fluviale in esame è ricadente nel sottobacino dell'Alto Vara. La superficie sottesa dalla sezione di studio risulta di 77 km².

Pertanto, applicando gli algoritmi di cui alla 3^a colonna della Tab.4.4/A si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente.

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=30anni)	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)
Fiume Vara / Sez. di Studio	77	502	690	837	1067

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 17 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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 (T_R) pari a 200 anni.

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

Tab.4.6/A: Portata di progetto

Corso d'acqua	Sezione Idrologica	Sup. Bacino (kmq)	Qprogetto (mc/s)	qmax (mc/s×kmq)
Fiume Vara	Sezione di Attrav.	77	837	10.9

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 18 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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. In particolare, 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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10403		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 19 di 52	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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 del metanodotto in progetto, per uno sviluppo complessivo di circa 400 m.

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.

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 magenta. La RS_403 coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; invece, la sezione RS_8 rappresenta quella di valle.

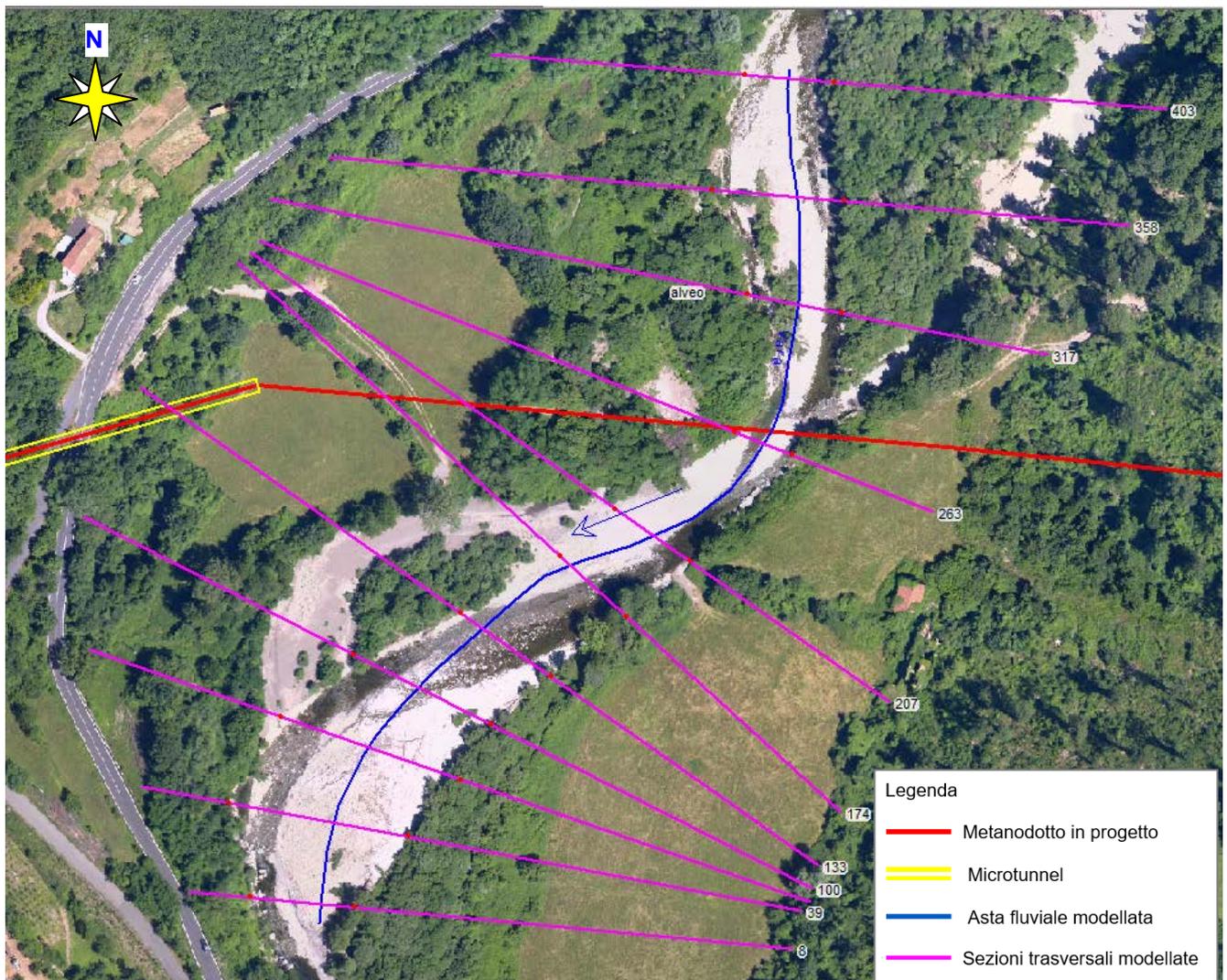


Fig.5.2/A: Foto aerea, con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 20 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

Dall'analisi della figura precedente, si rileva che il tracciato del metanodotto in progetto (indicato tramite una linea in rosso) attraversa l'alveo del corso nei pressi della River Station RS_263.

Invece, nella figura seguente si riportano le medesime informazioni di cui alla Fig.5.2/A (ossia alveo e sezioni di calcolo) riportate sul Modello Digitale del Terreno considerato nella modellazione idraulica.

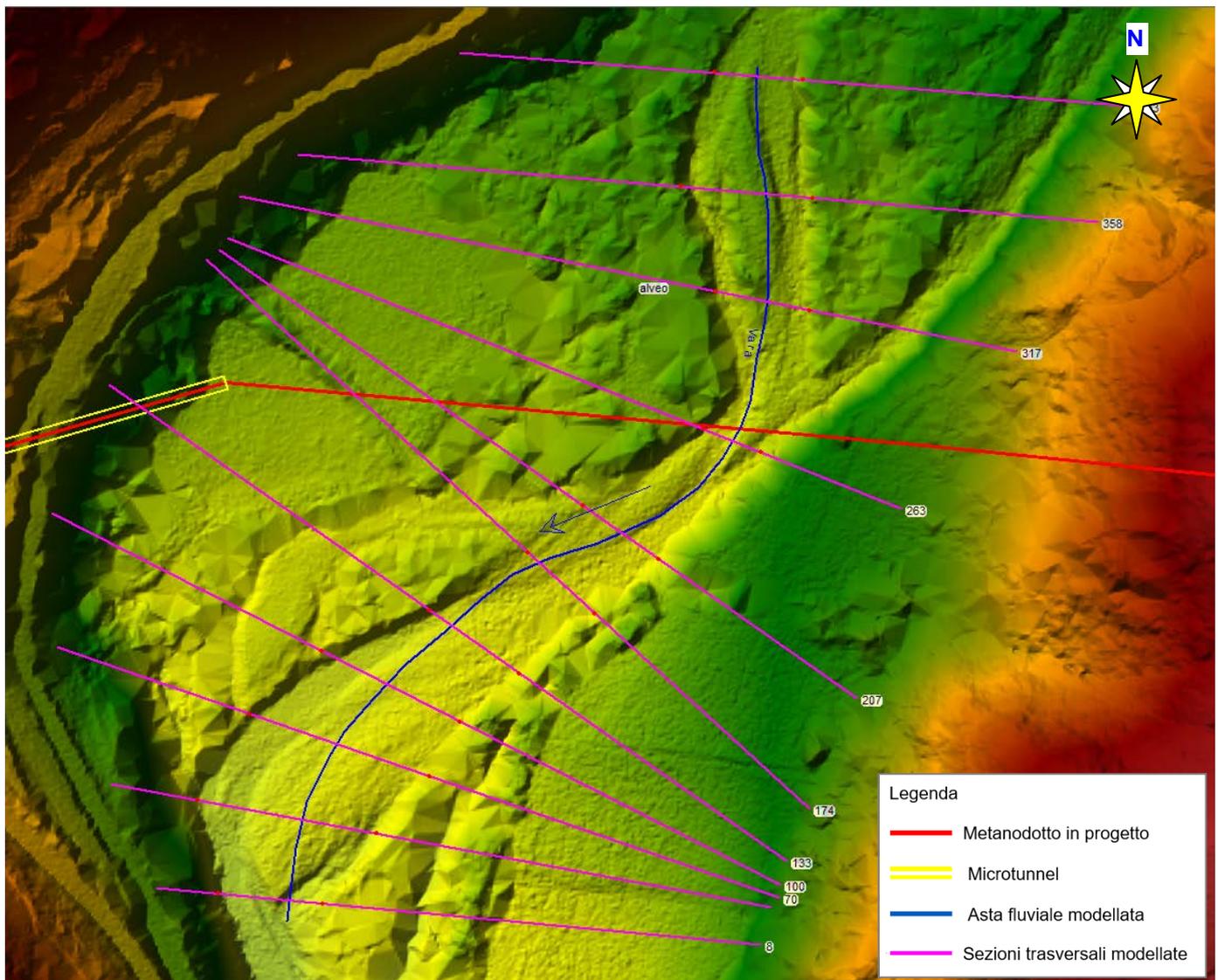


Fig.5.2/B: Schermata del DTM, con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 21 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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:

- $Q_{200}=837$ 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 considerazione delle pendenze al fondo individuate per i tratti immediatamente esterni all'estremità del tronco.

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

- 0,035 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,050 per le aree 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 (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
403	837	537.32	299.53	302.36	302.92	304.08	0.0200	6.99	194.43	178.44	33.50	2.3	446.17	1.47
358	837	579.13	298.57	301.23	301.75	302.98	0.0309	6.8	184.6	218.78	49.80	1.71	505.65	1.66
317	837	362.17	298.13	301.5	301.15	301.9	0.0050	3.74	370.07	238.33	36.00	2.69	131.01	0.73
263	837	353.49	297.43	300.92	300.92	301.56	0.0072	4.91	308.65	202.03	23.30	3.09	217.03	0.89
207	837	491.09	296.96	300.44	300.52	301.19	0.0066	4.77	295.89	204.58	34.50	2.98	192.3	0.88
174	837	520.16	296.71	299.93	300.01	300.92	0.0087	5.33	238.88	151.99	34.00	2.87	243.31	1.01
133	837	572.70	296.08	298.91	299.36	300.34	0.0164	6.2	207.83	179.67	41.40	2.23	354.9	1.33
100	837	677.22	295.53	298.6	298.87	299.77	0.0121	5.24	209.61	153.78	58.30	2.22	261.37	1.13
70	837	625.26	295.4	298.85	298.42	299.34	0.0046	3.44	304.85	173.65	71.50	2.54	115.37	0.69
39	837	698.30	294.53	298.67		299.2	0.0038	3.48	289.32	145.1	68.40	2.93	108.54	0.65
8	837	646.74	293.76	298.13	298.13	299.03	0.0052	4.68	250.78	149.84	39.40	3.5	175.06	0.8

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;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 22 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

Crit W.S:	Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della curva dell'energia);
E.G. Elev:	Quota della linea dell'energia per il profilo liquido calcolato;
E.G. Slope:	Pendenza della linea dell'energia;
Vel Chnl:	Velocità media nel canale principale (alveo attivo);
Flow Area:	Area della sezione liquida effettiva;
Top Width:	Larghezza superiore della sezione liquida complessiva;
Top Width Act Chl:	Larghezza superiore della sezione liquida in alveo, senza includere eventuali flussi inefficaci;
Hydr Depth C:	Altezza liquida media nel canale principale (alveo attivo);
Shear Chnl:	Tensione di attrito nel canale principale (alveo attivo);
Froude Chnl:	Numero di Froude nel canale principale (alveo attivo);

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

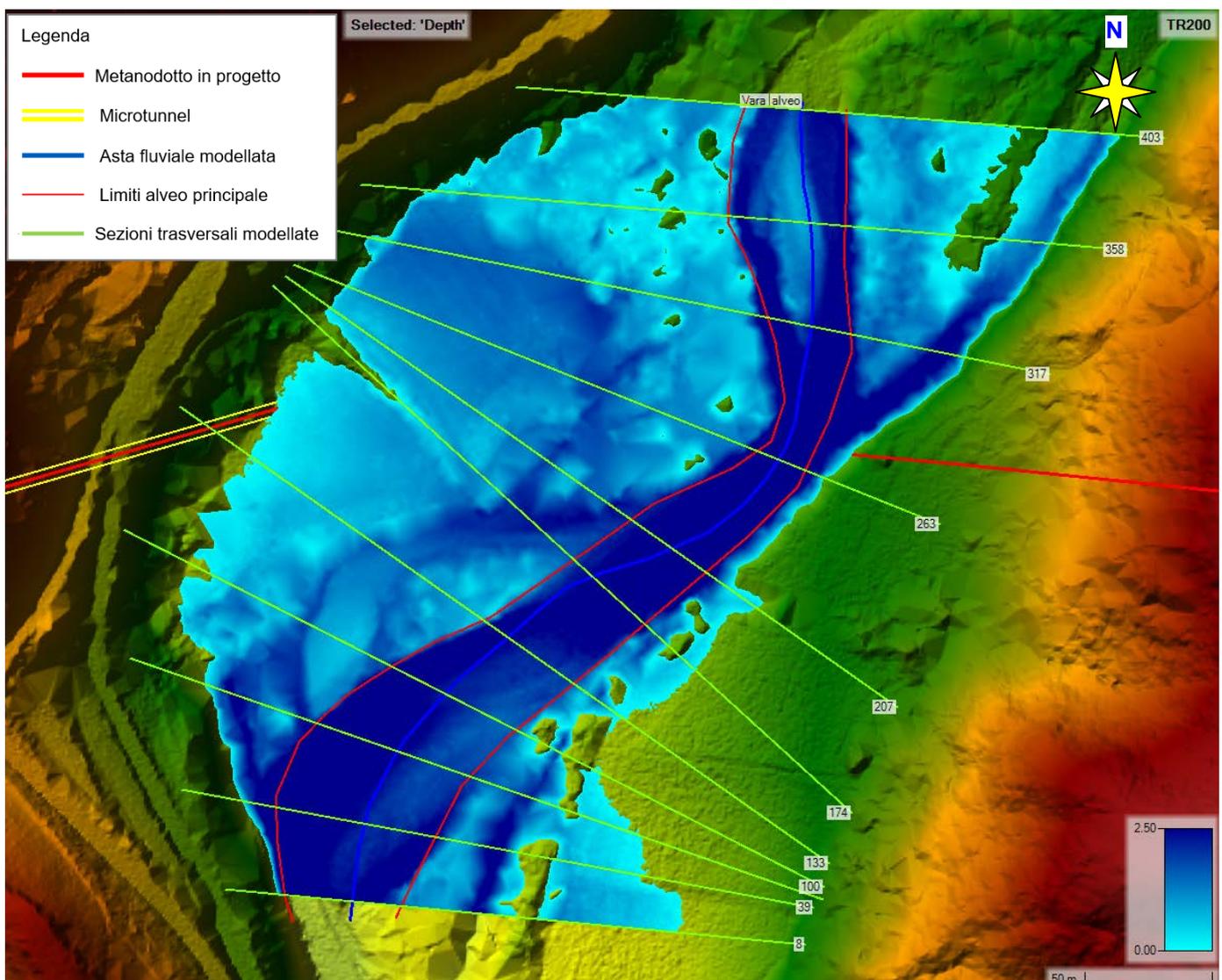


Fig.5.3/A: DTM, con individuazione delle aree inondabili (profondità in m)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 23 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

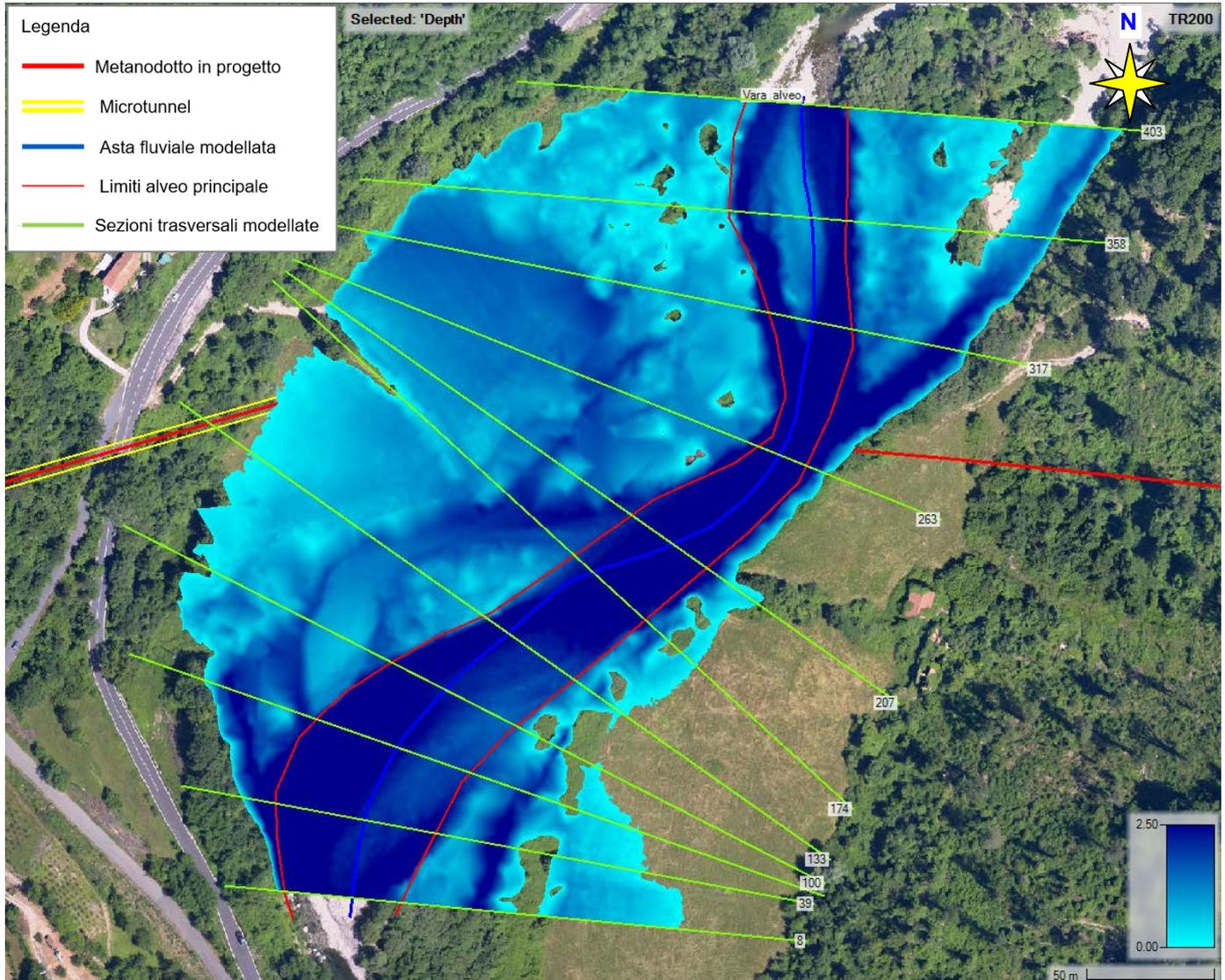


Fig.5.3/B: Foto aerea, con individuazione delle aree inondabili (profondità in m)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 24 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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

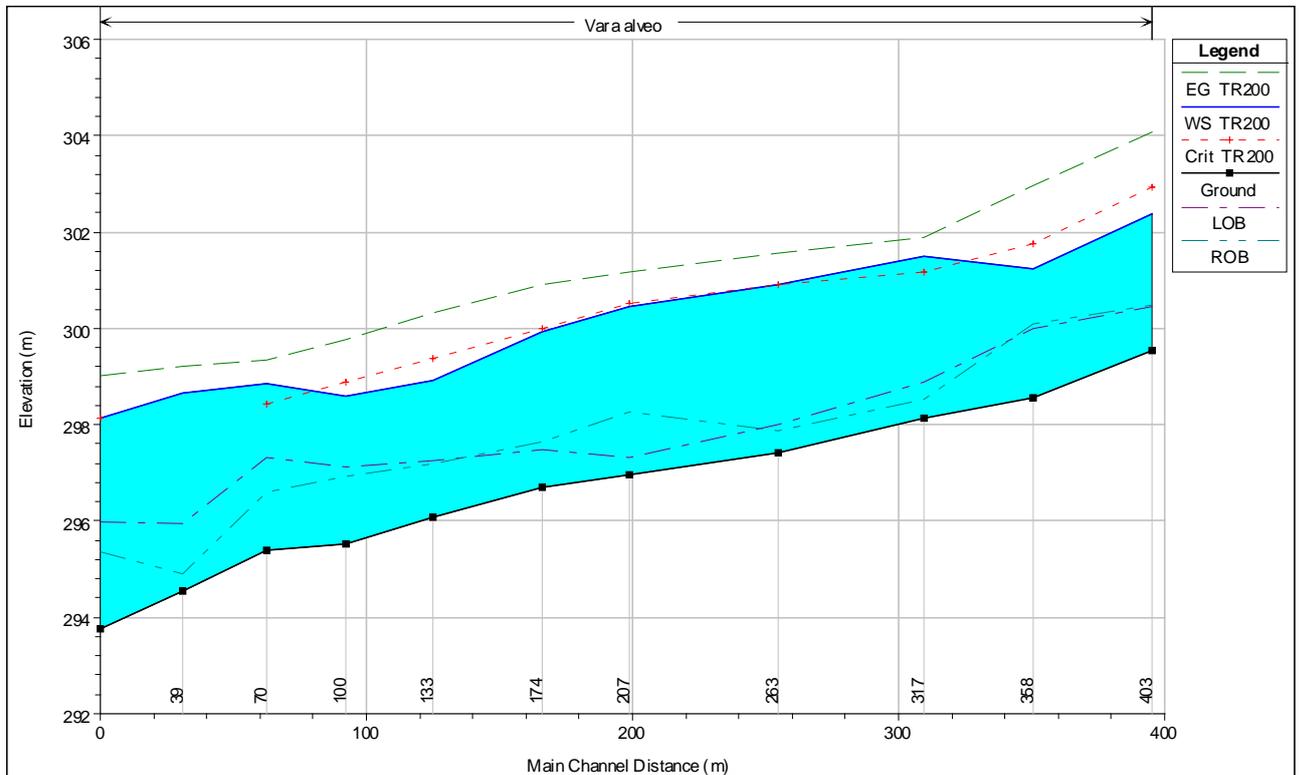


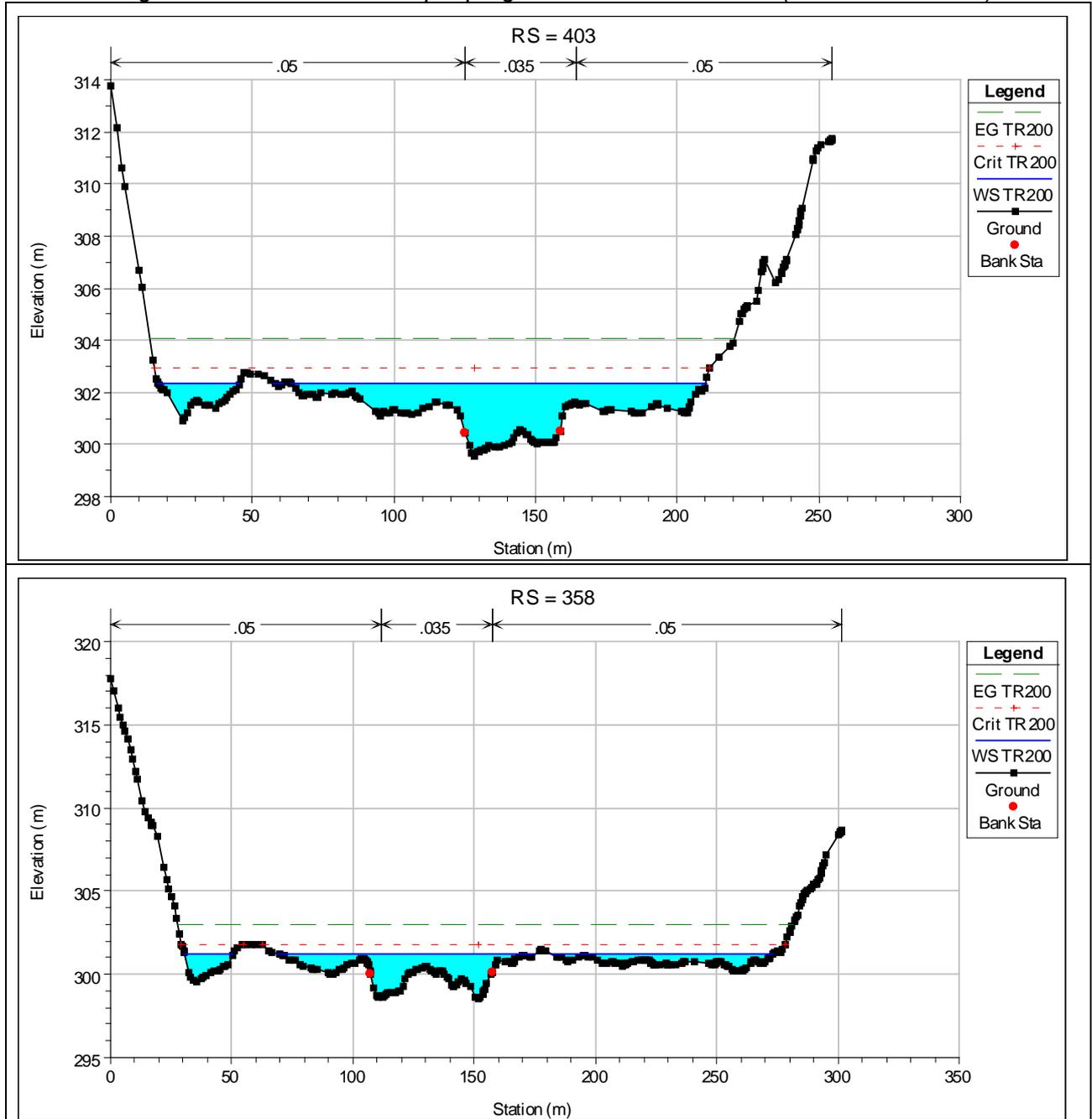
Fig.5.3/C: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale

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 REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 25 di 52

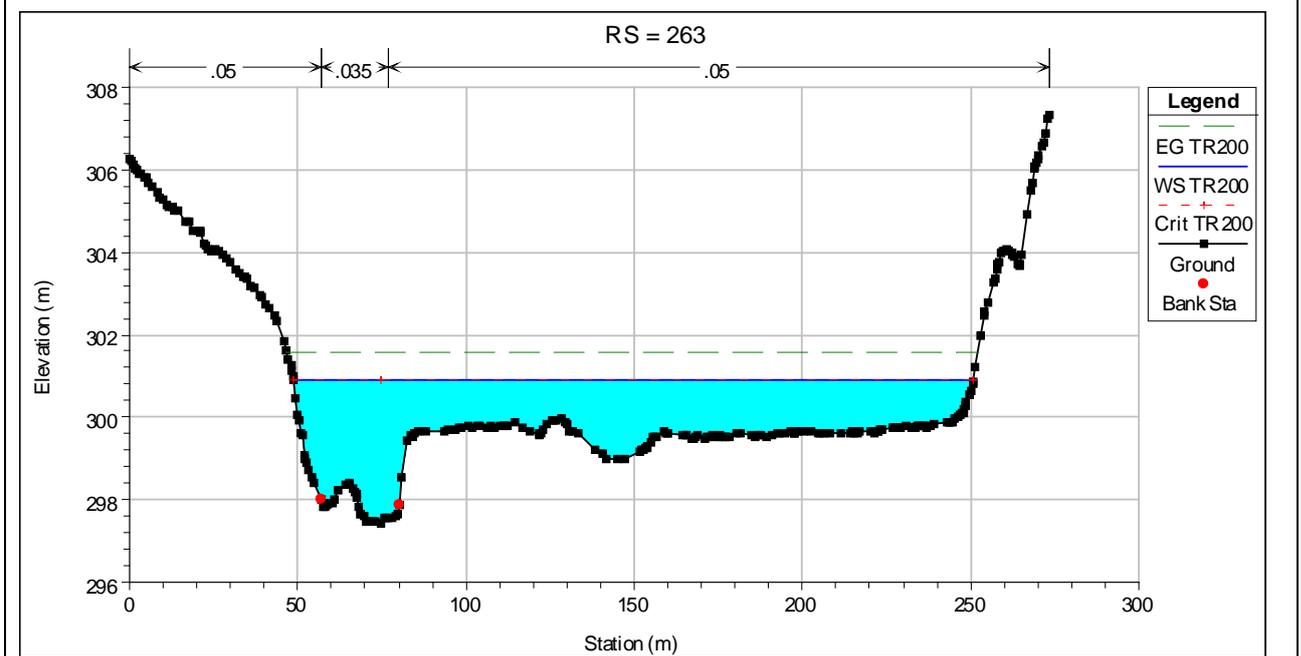
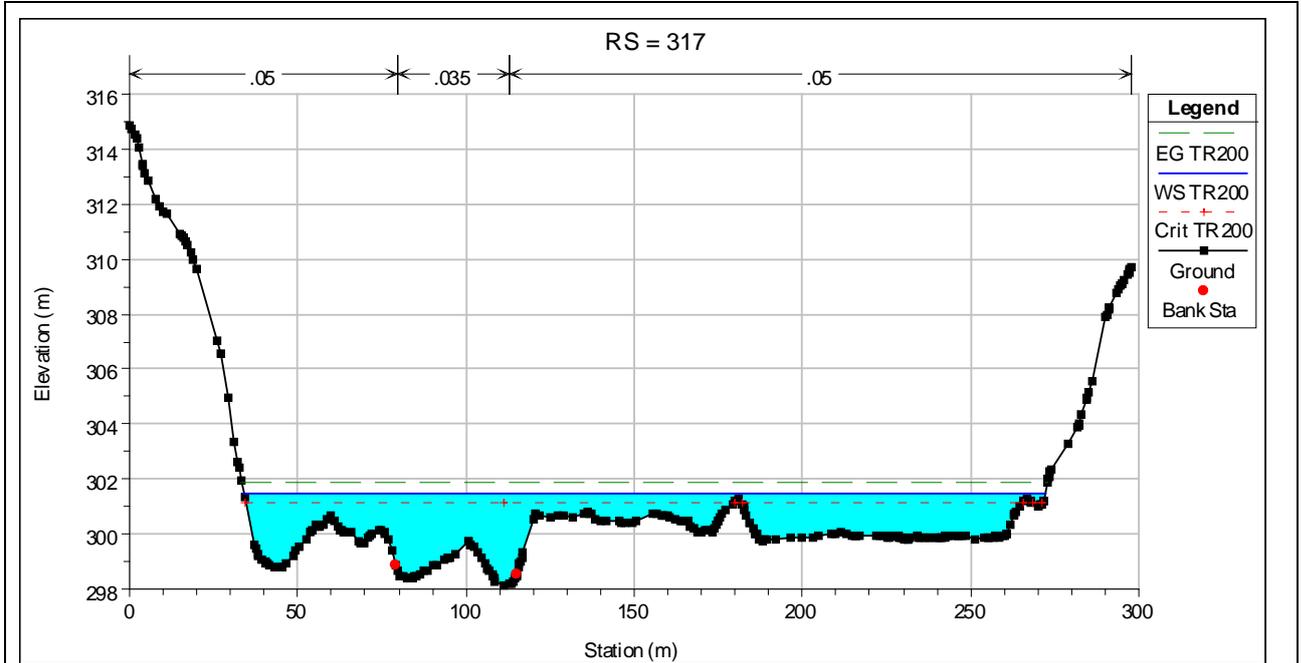
Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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



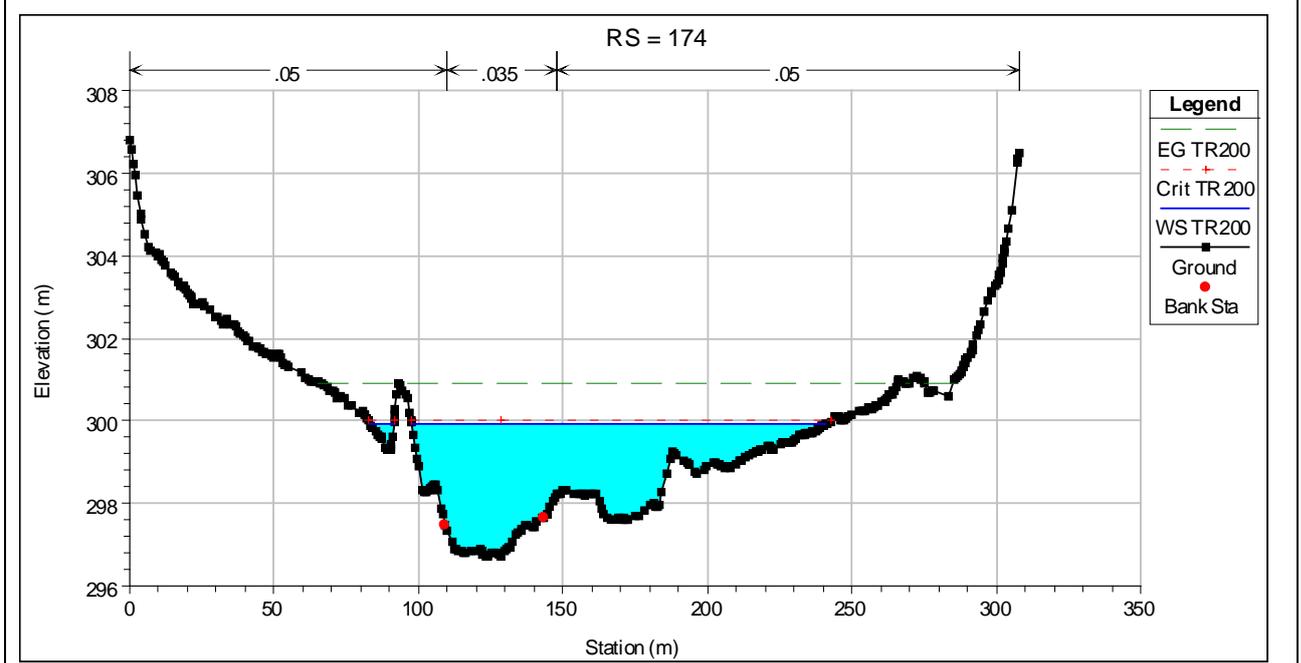
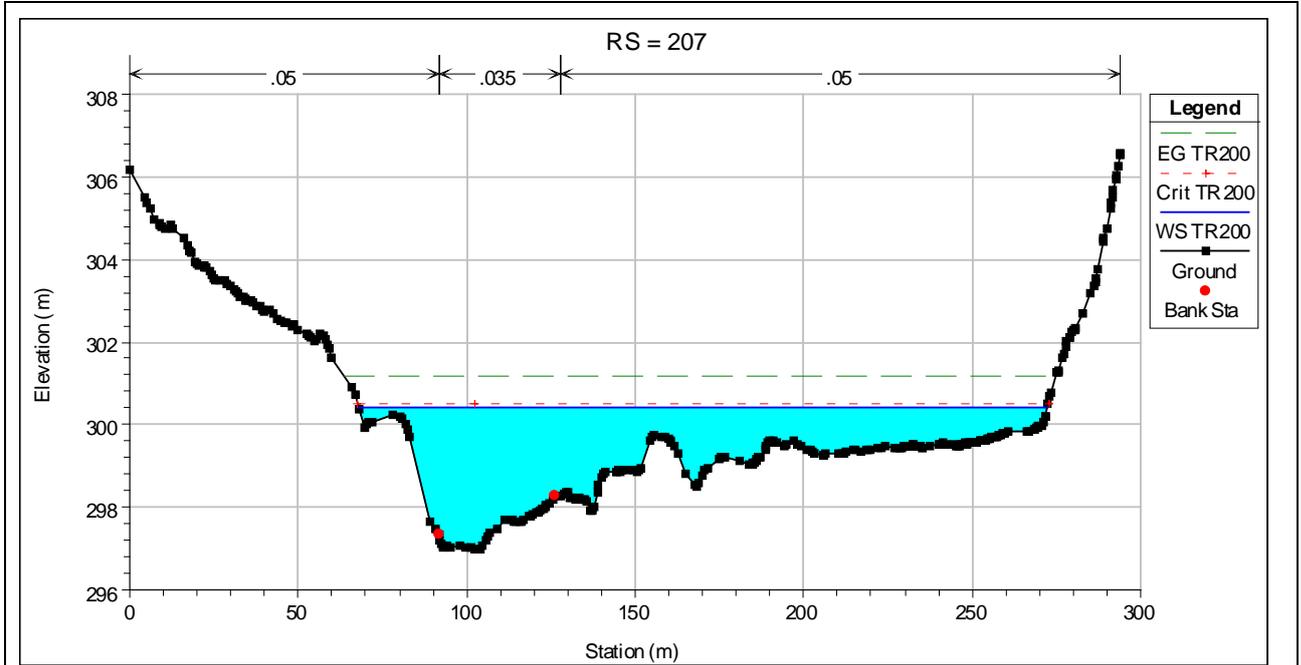
	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 26 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403



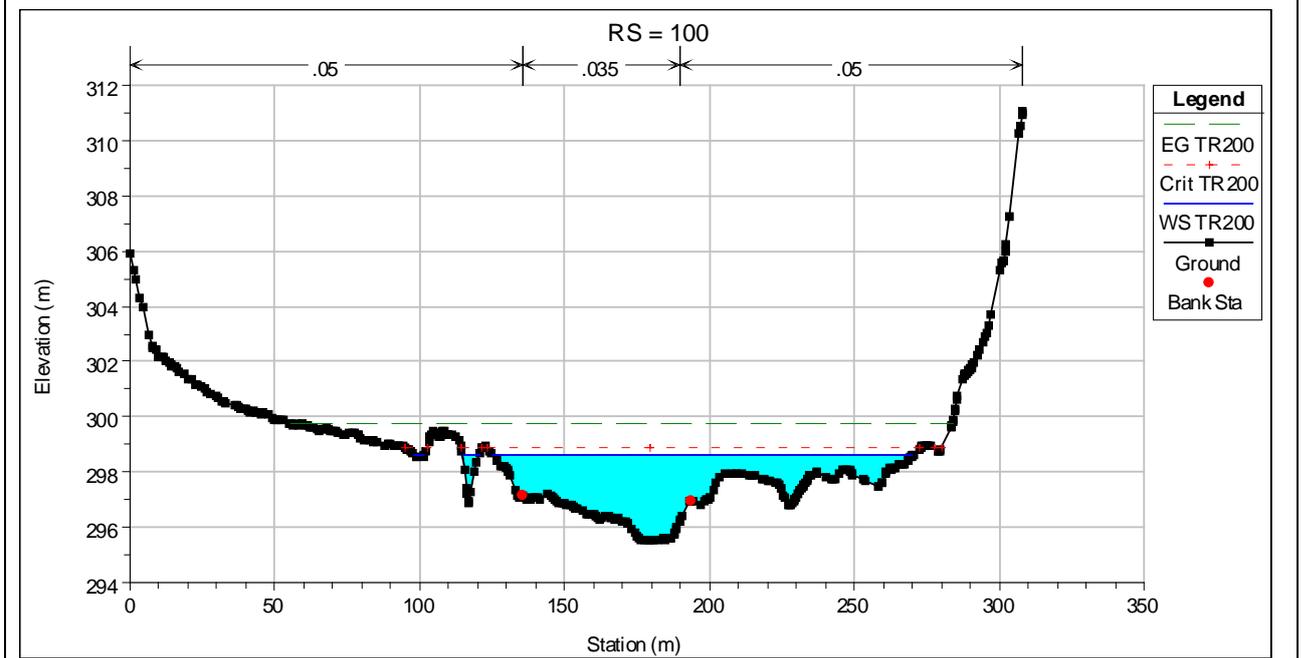
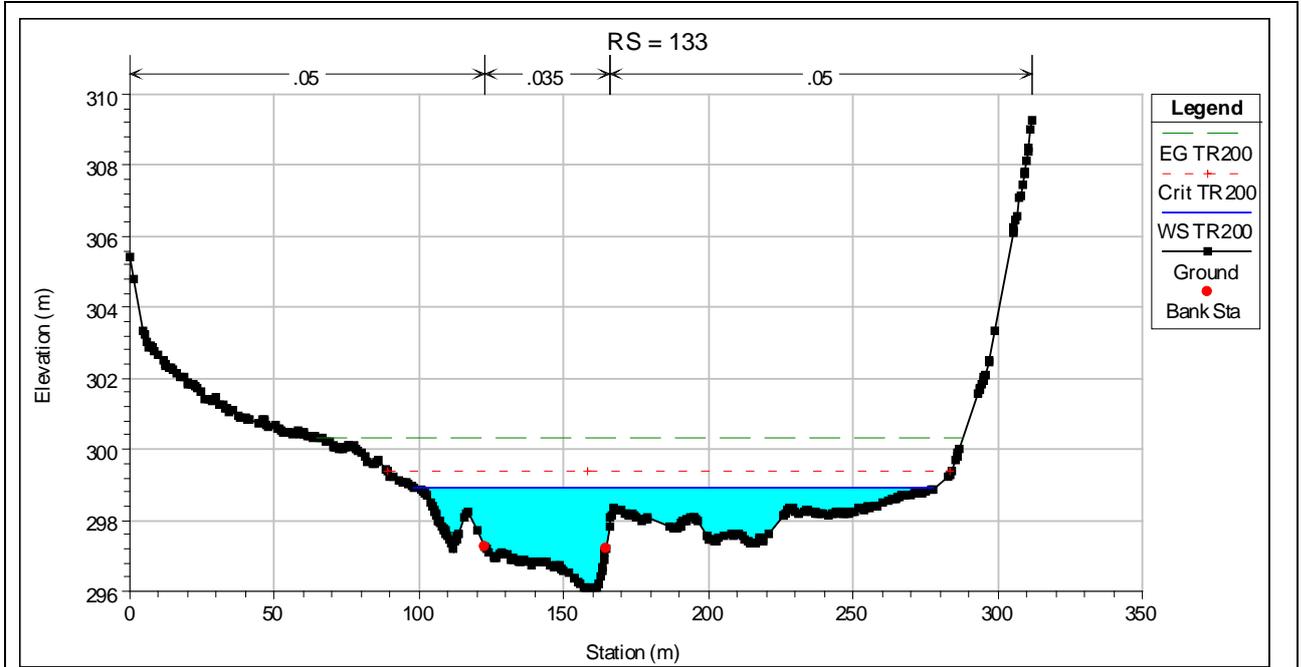
	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 27 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403



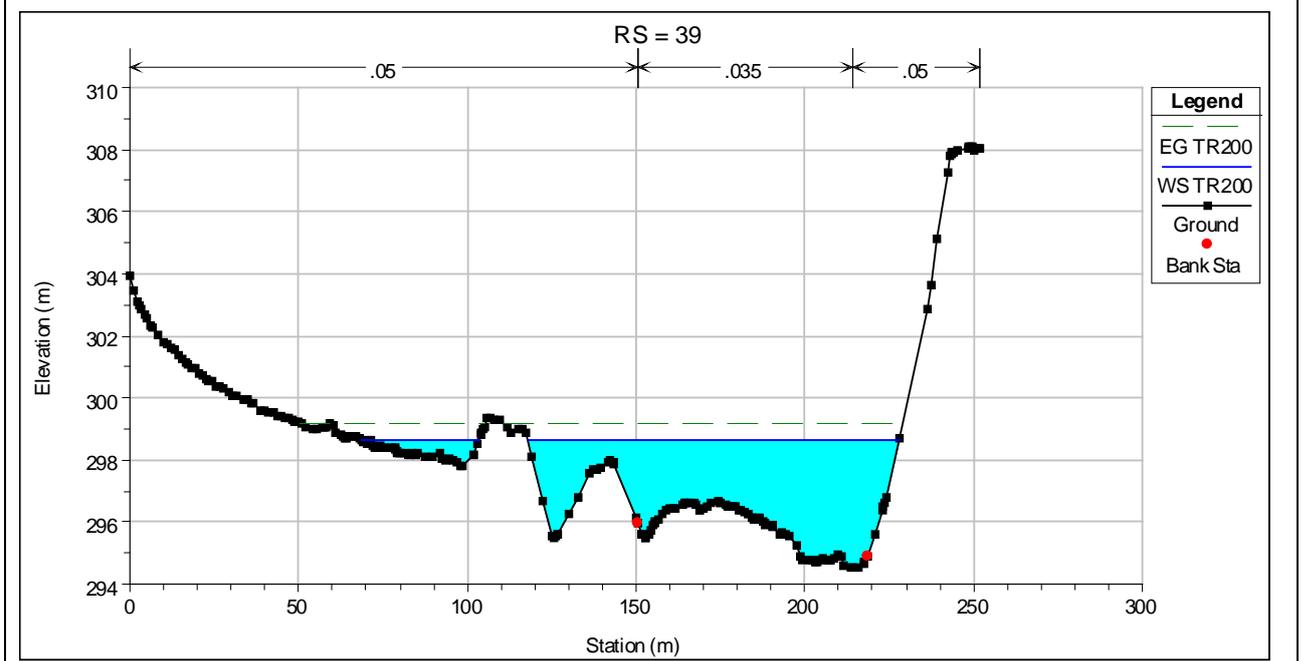
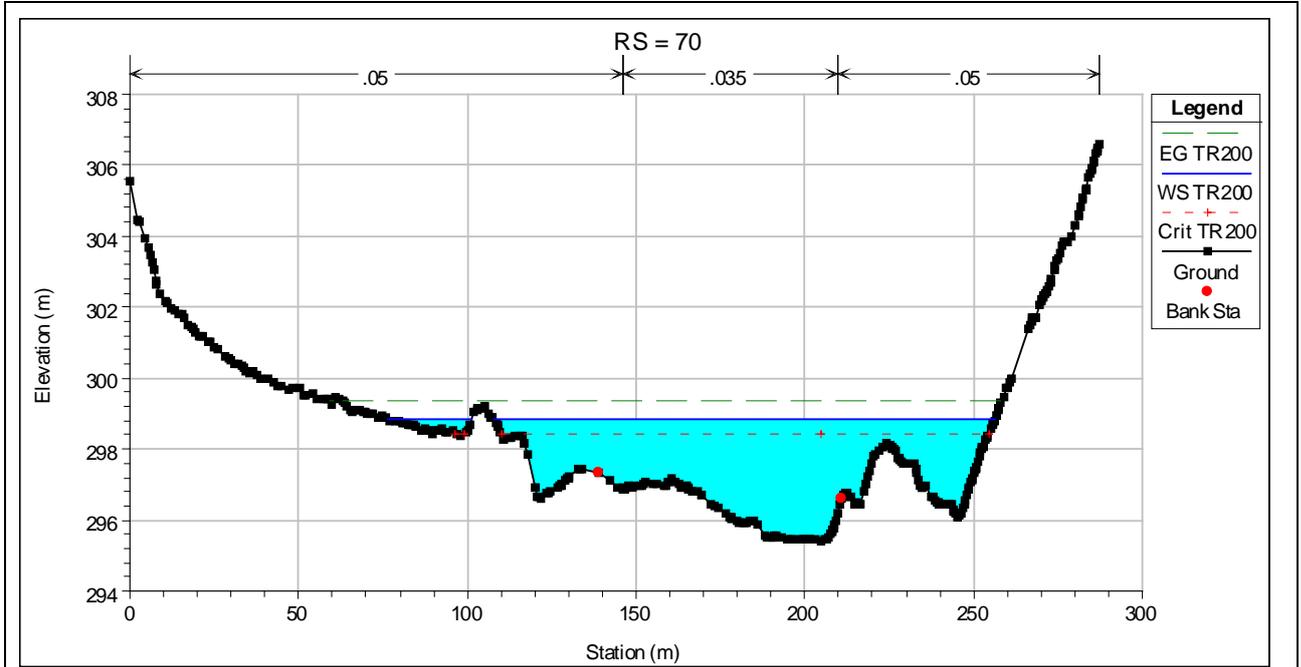
	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 28 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403



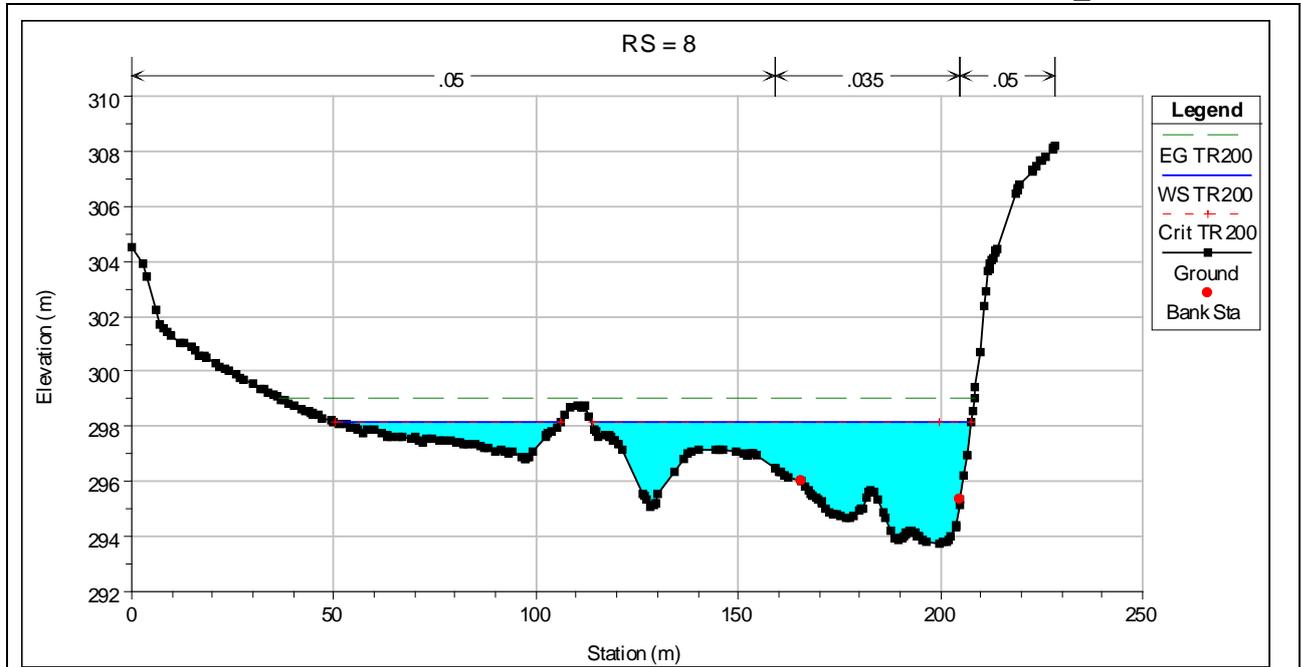
	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 29 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403



	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10403		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 30 di 52	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403



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 significative per rappresentare i risultati delle elaborazioni (planimetrie con individuazione delle aree inondabili, profilo longitudinale lungo l'asta fluviale, sezioni trasversali).

Pertanto, dall'esame dei risultati della simulazione idraulica si rileva che nel tronco idraulico analizzato la sezione d'alveo, seppur ampia, non risulta in grado di contenere la portata di progetto (portata duecentennale). Infatti, delle fasce di esondazione s'individuano in sinistra e soprattutto in destra idrografica e coinvolgono sostanzialmente tutta la stretta valle all'interno della quale si sviluppa il corso d'acqua nel tronco in esame.

Le velocità di deflusso in alveo della corrente assumono in generale dei valori intorno ai 4÷5 m/s, con punte nel tratto iniziale di oltre 6.5 m/s.

Per le valutazioni dei fenomeni erosivi in alveo, in considerazione dei parametri di deflusso relativi alla piena di progetto, si rimanda a quanto riportato nel capitolo seguente.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 31 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 32 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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.

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 33 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

Nel secondo caso, tali approfondimenti possono derivare, durante il deflusso di massima piena, dalla formazione di dune disposte trasversalmente alla corrente fluida, che comportano un temporaneo abbassamento della quota d'alveo, in corrispondenza del cavo tra le dune stesse.

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 prudenziale, 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

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

dove

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

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 REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 34 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

Considerazioni sui metodi di calcolo impiegati

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

Sulla base delle esperienze acquisite, ossia sulla base dei riscontri conseguiti nel tempo, i risultati sono stati assolutamente positivi. Infatti, dall'analisi storica, le problematiche di erosioni in alveo che hanno determinato la scopertura di condotte si sono verificate solo in rarissimi casi, i quali sono 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 idonei coefficienti di sicurezza nella modellazione idraulica (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 REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 35 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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.

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 Act Chl (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m ³ /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati (m)	Arature di fondo (m)
403	837	537.32	6.99	33.50	2.3	16.04	4.79	2.62	1.15
358	837	579.13	6.8	49.80	1.71	11.63	4.07	2.23	0.86
317	837	362.17	3.74	36.00	2.69	10.06	3.40	1.99	1.35
263	837	353.49	4.91	23.30	3.09	15.17	4.32	2.46	1.55
207	837	491.09	4.77	34.50	2.98	14.23	4.14	2.38	1.49
174	837	520.16	5.33	34.00	2.87	15.30	4.32	2.47	1.44
133	837	572.70	6.2	41.40	2.23	13.83	4.19	2.37	1.12
100	837	677.22	5.24	58.30	2.22	11.62	3.62	2.13	1.11
70	837	625.26	3.44	71.50	2.54	8.74	3.14	1.86	1.27
39	837	698.30	3.48	68.40	2.93	10.21	3.55	2.04	1.47
8	837	646.74	4.68	39.40	3.5	16.41	4.62	2.59	1.75

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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 36 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

Tab.6.3/B: Diametro limite dei clasti trasportati

River Station	Shear Chan (N/m ²)	Diametro limite clasti trasportati (m)
403	446.17	0.52
358	505.65	0.59
317	131.01	0.15
263	217.03	0.25
207	192.3	0.23
174	243.31	0.29
133	354.9	0.42
100	261.37	0.31
70	115.37	0.14
39	108.54	0.13
8	175.06	0.21

6.4 Analisi dei risultati e considerazioni progettuali

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente al tronco d'alveo analizzato (all'interno del quale ricade l'interferenza da parte del metanodotto in progetto), le massime erosioni attese al fondo nella parte centrale dell'alveo, in concomitanza dell'evento di piena di progetto, si attestano intorno a valori dell'ordine dei 2,5 m.

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 circa 0,6 m.

In relazione ai valori di erosione individuati nel presente capitolo (incrementati a favore di sicurezza anche in relazione alle peculiarità dell'ambito fluviale in esame), unitamente ad altre considerazioni progettuali inerenti alla metodologia costruttiva dell'attraversamento ed eventualmente a valutazioni su altre situazioni particolari (quali ad esempio l'analisi del sifonamento per i corsi d'acqua arginati) viene stabilita la copertura minima in subalveo della condotta in progetto. A tal proposito si pone in evidenza che, per l'individuazione dell'effettivo valore di copertura in subalveo considerato nell'attraversamento in esame (min. 5 m) si rimanda a quanto riportato nel paragrafo 7.3.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 37 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Premessa

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

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

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

7.2 Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto

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

Nello specifico, l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'interferenza ha condotto all'individuazione del sistema di posa in subalveo della pipeline mediante la metodologia degli "scavi a cielo aperto".

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

La metodologia esecutiva consiste sostanzialmente nelle seguenti fasi:

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

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 38 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;

- lavori per "fasi chiuse"; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell'inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo smaltimento di un'eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Preliminarmente alla fase di scavo verranno in generale realizzati dei by-pass, costituiti tomboni e/o da argini, ture ecc., per consentire il normale deflusso delle acque.

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

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

Si precisa inoltre che durante le fasi operative i mezzi ed il personale presenti in alveo saranno quelli strettamente necessari per l'esecuzione dei lavori, con deposito dei materiali e delle attrezzature fuori dall'ambito fluviale. Ciò con lo scopo di agevolare il rapido allontanamento dei mezzi e del personale dall'ambito fluviale in caso di manifestazione di un evento di piena significativo. In ogni caso le procedure di sicurezza connesse a sistemi di preallertamento e alle disposizioni operative in caso di manifestazione di eventi di piena verranno stabilite nel PSC.

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

Si pone in evidenza, infine, che al completamento dei lavori necessari per dare l'opera finita, si ristabilirà l'originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della sezione idrica offerta al deflusso di piena. In tal modo, l'intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni geometriche ed idrauliche dell'alveo. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell'alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l'opera risulta ininfluente sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d'acqua.

7.3 Geometria della condotta ed interventi di ripristino

Copertura di progetto

Relativamente al profilo di posa della condotta in progetto in subalveo in corrispondenza dell'attraversamento in esame, in considerazione dei risultati degli studi precedentemente riportati e delle condizioni peculiari rilevate nel contesto d'intervento, è stato previsto di posizionare la condotta in progetto con una copertura minima in alveo di 5.0 m (riferita alla profondità della generatrice superiore del tubo nei

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 39 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

confronti della quota minima di fondo alveo). Tale copertura è stata definita in modo tale da assicurare, anche in caso di erosione massima dovuta ad eventi estremi (2,50 m), un ricoprimento minimo sulla condotta superiore ai due metri.

Si precisa inoltre che la copertura d'alveo verrà mantenuta inalterata anche per tutto il tratto di percorrenza della regione fluviale del corso d'acqua localizzato in destra nei confronti dell'alveo attuale. Detta scelta progettuale è stata eseguita al fine di garantire la sicurezza della condotta nei confronti dei fenomeni erosivi e contestualmente per dare al corso d'acqua la possibilità di poter progredire con i naturali processi di divagazione laterale d'alveo già in atto in quel lato.

Detta configurazione di posa della condotta, unitamente alle opere di presidio idraulico previste in progetto, assicurano la sicurezza dell'infrastruttura lineare per tutto il periodo d'esercizio nei confronti dei potenziali processi erosivi.

Interventi di ripristino

Le opere di difesa idraulica previste nell'ambito sono:

- Scogliera in massi ciclopici naturali, a protezione della sponda sinistra del corso d'acqua (da realizzare per tutta la fascia interessata dai lavori);

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

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

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

Si precisa inoltre che, per un esame di dettaglio della configurazione tipologica e dimensionale delle opere in progetto e del profilo geometrico della condotta, si rimanda alla visione del disegno di attraversamento DIS-AT-6C-11221.

7.4 Caratteristiche di progetto e metodologie costruttive della scogliera

Per l'individuazione delle caratteristiche tipologiche e dimensionali dell'opera di difesa spondale in esame, si è fatto riferimento agli standard di progetto Snam (ampiamente collaudati in impieghi pluridecennali in numerosi corsi d'acqua, in tutta Italia), cercando di adattare gli stessi in relazione alle peculiarità rilevate nello specifico contesto di intervento.

In particolare, è stato previsto l'impiego di elementi lapidei costituiti da massi naturali duri e compatti, di natura calcarea, basaltica o trachitica, privi di inclusioni e/o di piani di sfaldamento, di pezzatura media non inferiore a 0,7 m³ (a cui corrisponde un diametro della sfera equivalente pari a 1,1 m e un lato di un cubo equivalente pari a 0.89 m).

Per la costituzione dell'opera, con particolare riferimento al paramento in elevazione, è stato previsto l'impiego di elementi lapidei di forma squadrata, da collocare in maniera reciprocamente solidale. Ciò con lo scopo di costituire, a fine lavori, un'opera con struttura adeguatamente omogenea e compatta.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 40 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

Per quanto concerne l'inclinazione esterna del paramento in elevazione, che sarà quasi completamente interrato, è stata prevista una acclività (dall'orizzontale) non superiore ai 45°. A tergo dello stesso paramento, è stato previsto l'impiego di un telo in geotessile non tessuto, come elemento di filtro nei confronti del potenziale dilavamento del terreno retrostante.

Come detto, la difesa spondale mediante scogliera in massi ciclopici verrà realizzata in sponda sinistra, a tergo del muro in pietra esistente. Le dimensioni dell'opera (profondità del piano di fondazione, altezza del paramento, spessore del corpo scogliera) sono state definite sulla base delle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua e delle caratteristiche geotecniche dei terreni; il disegno tipologico di riferimento è quello di Figura 7.4/A.

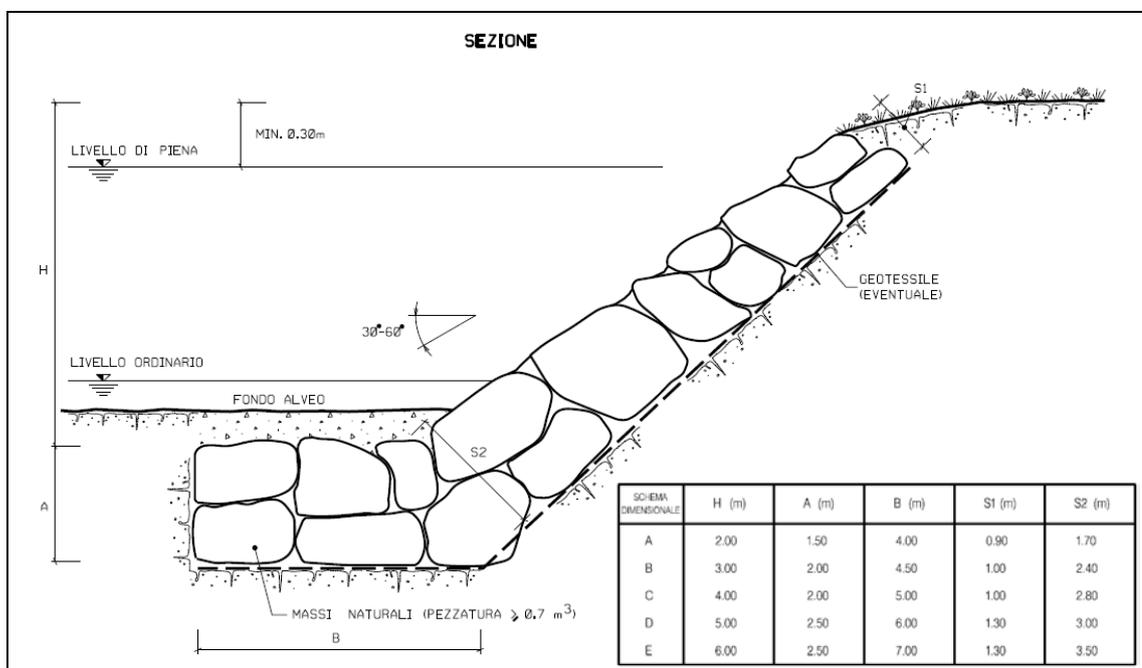


Fig.7.4/A: Disegno tipologico di sezione trasversale di una scogliera in massi

Qui di seguito si riportano i criteri generali utilizzati, nella fase di dimensionamento, per l'individuazione del livello di sommità del paramento in elevazione e del livello di imposta della fondazione.

Livello di sommità dell'opera

Il livello di sommità dell'opera di presidio spondale è stato individuato al fine di assicurare che la sommità dell'opera di presidio spondale sia altimetricamente più elevata nei confronti del livello idrometrico del battente idraulico della piena duecentennale (riportato nella sezione di figura 7.4/B tramite una linea in blu).

Livello della quota d'imposta dell'opera

Il livello d'imposta (fondazioni) dell'opera di presidio spondale deve essere posizionato ad una profondità dalla quota di fondo alveo adeguata a garantire che non si verifichino problematiche di stabilità dell'opera connesse a fenomeni di scalzamento (per erosioni in alveo).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 41 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

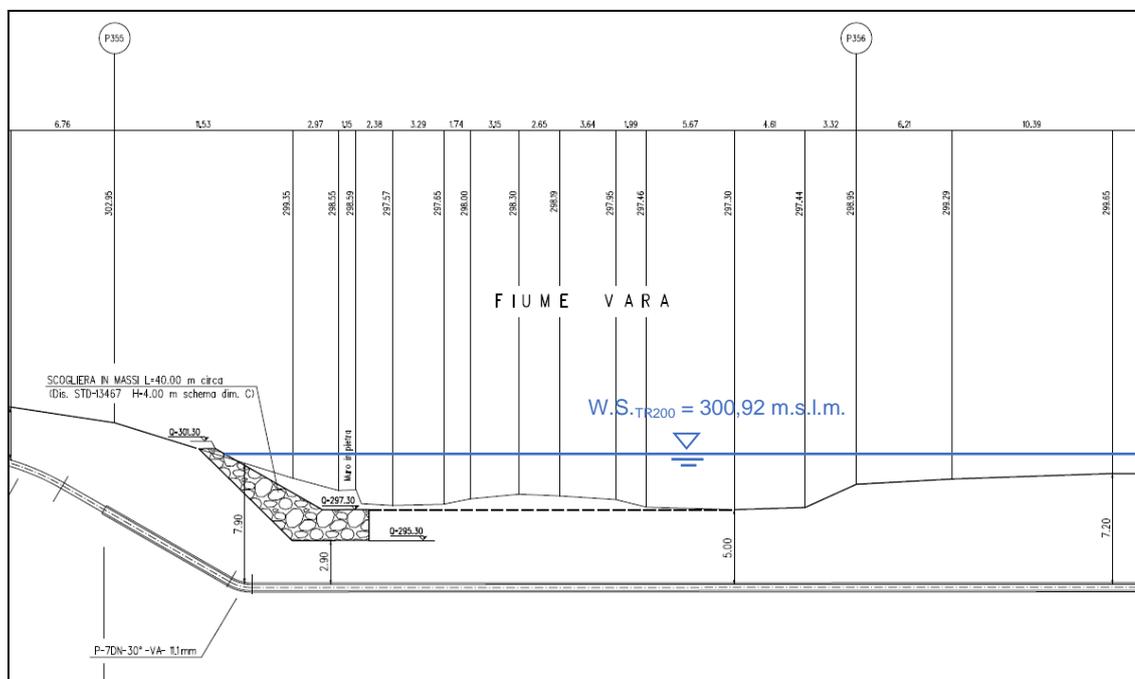


Fig.7.4/B: Stralcio di elaborato di progetto DIS-AT-6C-11221

Come si può vedere nella figura 7.4/B, stralcio di elaborato di progetto DIS-AT-6C-11221, per la protezione della sponda sinistra del corso d'acqua (che sarà interessata anche dai lavori per il ripristino del muro in pietra esistente) è stata prevista la realizzazione di una scogliera in massi di altezza pari ad almeno 4 m, con pendenza del paramento in elevazione di 45°. Tale configurazione geometrica è valida per tutte le sezioni in progetto.

La quota di sommità dell'opera risulta in tutte le sezioni più alta del livello idrometrico della piena duecentennale. Come visibile nello stralcio dell'elaborato di progetto in figura 7.4/B, la quota di sommità della scogliera nella sezione di attraversamento, pari a 301,30 m, è maggiore di quella del pelo libero della piena duecentennale nella sezione trasversale River Station RS_263, prossima all'attraversamento, che è pari a 300,92 m (rif. Tab 5.3/A).

Per quanto concerne la quota d'imposta della scogliera, la stessa è stata collocata per tutte le sezioni ad una profondità di almeno 2,0 m dalla quota di talweg (punto più basso in alveo).

Alla luce delle valutazioni delle potenziali erosioni di fondo alveo durante gli eventi di piena eseguite nel presente studio (rif. Cap.6), e in considerazione del fatto che le massime velocità della corrente si individuano nel centro del canale mentre man mano che ci si avvicina alle sponde le velocità tendono a ridursi sensibilmente, si ritiene che detta profondità d'imposta dell'opera sia adeguatamente conservativa nei confronti dei fenomeni di scalzamento idraulico. Inoltre, nel tratto in esame, la corrente non risulta in grado di movimentare elementi lapidei della pezzatura media scelta ($\geq 0,7 \text{ m}^3$), di forma squadrata, collocati in maniera reciprocamente solidale.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 42 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

8 VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA

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

8.1 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:

8.1.1 Criteria 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.

8.1.2 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).

Cosa cambia nel territorio distrettuale a seguito della delibera di CIP n. 26 del 20 dicembre 2021 e della pubblicazione del relativo avviso in Gazzetta Ufficiale:

- Con l'adozione del primo aggiornamento, le mappe del PGRA sono vigenti su tutto il territorio distrettuale.
- Per il bacino del fiume Arno, del fiume Serchio e per i bacini regionali toscani la Disciplina di Piano e le mappe sono adottate quale misura di salvaguardia immediatamente vincolante.
- Per il bacino del fiume Magra e 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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 43 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

- Per il bacino del fiume Magra e per i bacini liguri, nelle more dell'approvazione del PGRA con DPCM, continuano, invece, a trovare applicazione i relativi Piani stralcio di bacino relativo all'assetto idrogeologico (PAI).
- A seguito dell'entrata in vigore del PGRA conseguente alla pubblicazione del 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 del fiume Magra e del Torrente Parmignola", è stato approvato dalle Regioni Toscana e Liguria nell'agosto del 2006 ed è stato oggetto di variante del giugno 2016.

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.

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

Con riferimento agli strumenti di pianificazione territoriale di settore (di cui al sottoparagrafo precedente) 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

Nell'ambito dell'art.1 delle Norme di Attuazione del PAI (N.A.) sono riportate le finalità generali. In particolare, nel comma 3 si cita quanto qui di seguito riportato.

3. Il Piano persegue le finalità della difesa idrogeologica e della rete idrografica, del miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, del recupero delle aree interessate da particolari fenomeni di degrado e dissesto, nonché della salvaguardia e valorizzazione degli assetti naturali ...

Nell'art.8 "Assetto della rete idrografica", al punto 4 "Interventi vietati sui corsi d'acqua", si cita:

a) Sono vietati i seguenti nuovi interventi,...

- 2. opere di regimazione idraulica che comportino il restringimento della sezione dell'alveo;*
- 4. nuove inalveazioni e rettificazioni dell'alveo dei corsi d'acqua di origine naturale;*

Nell'art.14 "Classificazione delle aree inondabili in base alla pericolosità", al punto 2 si riporta quanto segue:

2. Nella TAV. 4 – Carta della pericolosità idraulica con Fascia di riassetto fluviale e aree inondabili - sono individuate e perimetrate aree a diversa pericolosità idraulica, articolata nelle seguenti classi:

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 44 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

- a) *aree a pericolosità idraulica molto elevata - elevata (PI4): aree inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=30 anni;*
- b) *aree a pericolosità idraulica media (PI3): aree esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni;*
- c) *aree a pericolosità idraulica bassa (PI2): aree esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=500 anni;*

Nell'art.16 viene enunciata la delimitazione della "Fascia di Riassetto Fluviale" in conformità alla definizione di cui all'art. 5, comma 11.

Nell'art.17 "Disciplina della Fascia di Riassetto Fluviale e zone di approfondimento" si citano gli interventi consentiti nella Fascia di Riassetto Fluviale. In particolare, nel punto 5. lettera b) si cita quanto segue:

5. Sono consentiti i seguenti interventi previo parere obbligatorio e vincolante del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino:

- b) adeguamento e ristrutturazione delle reti dei trasporti e delle reti e degli impianti dei servizi esistenti, pubblici o di interesse pubblico, non delocalizzabili, purché realizzati senza aggravare le condizioni di pericolosità idraulica in cui ricadono e purché non pregiudichino la possibilità di realizzare gli interventi di sistemazione idraulica.

Nell'art.18 "Disciplina nelle aree a diversa classe di pericolosità idraulica" si cita:

1. *Qualsiasi intervento realizzato nelle aree inondabili deve prevedere l'assunzione delle azioni e misure di protezione civile di cui ai Piani Comunali di settore, non deve pregiudicare la sistemazione definitiva del corso d'acqua, né aumentare significativamente la pericolosità di inondazione ed il rischio connesso, sia localmente, sia a monte sia valle, e non deve costituire significativo ostacolo al deflusso delle acque di piena o ridurre significativamente la capacità di invaso delle aree stesse.*
3. Nelle aree a pericolosità idraulica media (PI3), oltre agli interventi ammessi al comma 2, sono consentiti:
 - d) gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture e reti dei servizi, previo parere obbligatorio e vincolante del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino, purché progettate sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica, che attesti il non aumento delle condizioni di pericolosità e rischio anche nelle aree limitrofe, a monte e a valle;

Nell'art.22 "Interventi consentiti in deroga al disposto di cui agli art. 17 e 18 si cita:

1. Nella Fascia di riassetto fluviale, o nelle aree inondabili per T=30 anni, in deroga al disposto di cui agli art. 17 e art. 18, comma 2, è consentita la realizzazione di nuove infrastrutture e reti di servizio, previa acquisizione di parere obbligatorio e vincolante del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino, purché siano rispettate congiuntamente le seguenti condizioni:
 - a) si tratti di servizi essenziali non localizzabili altrove e di interesse riconosciuto dalle Regioni Liguria e Toscana;
 - b) non pregiudichino la possibilità di sistemazione idraulica definitiva;
 - c) siano realizzate con tipologie costruttive compatibili con la loro collocazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 45 di 52

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

8.2 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 (indicato con un cerchio in giallo) e più in generale con le aree censite a pericolosità idraulica nel PAI e nel PGRA (riportate mediante delle campiture semi-trasparenti con varie tonalità di colori).

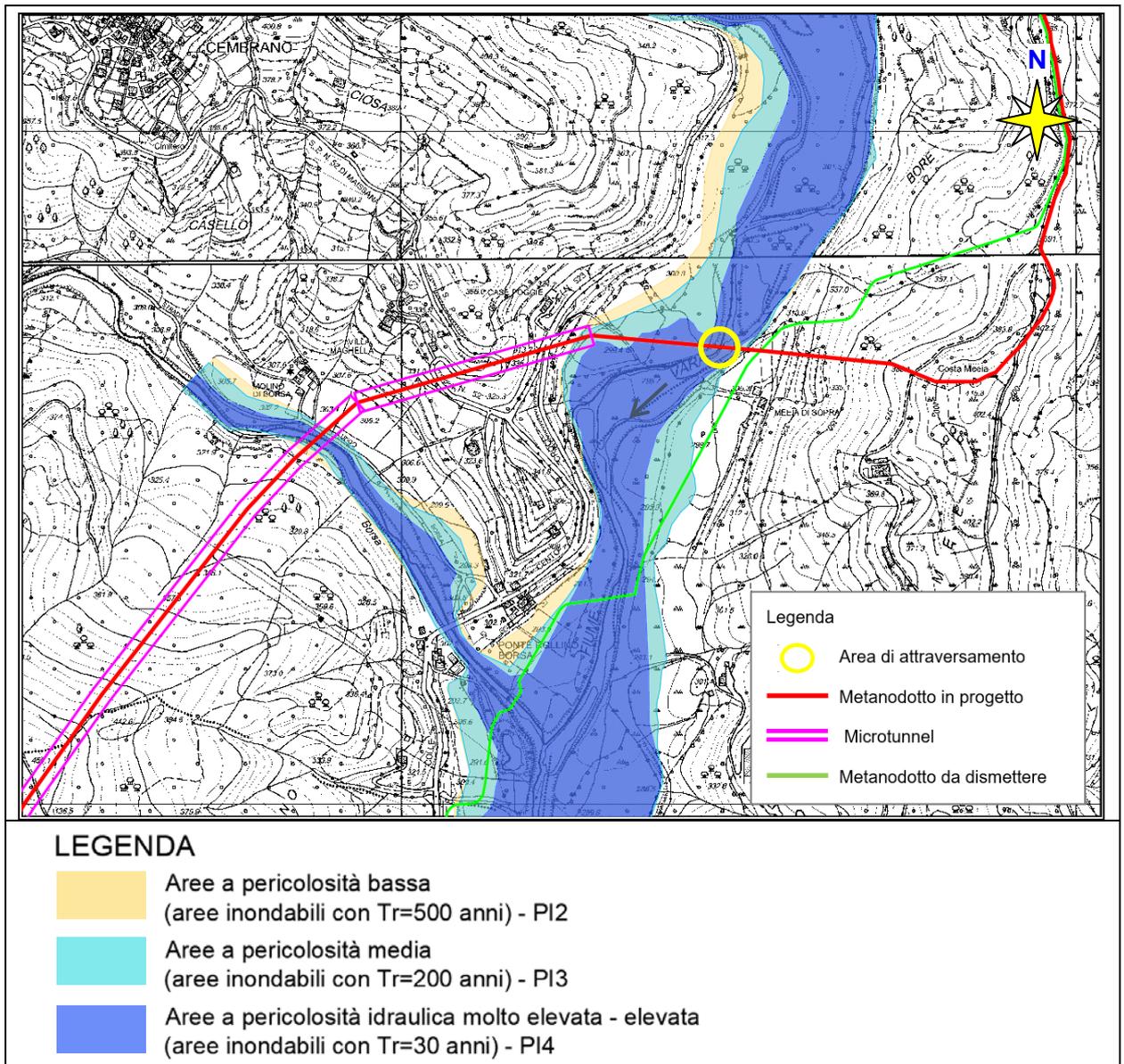


Fig.8.2/A: Interferenze tra il metanodotto in progetto con aree a pericolosità idraulica

Dall'analisi della figura precedente si rileva che il tracciato del metanodotto in progetto in corrispondenza dell'attraversamento dell'alveo del corso d'acqua ricade in un ambito censito a pericolosità idraulica elevata – molto elevata (PI4).

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 46 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

Fuori dall'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua (dove la condotta verrà comunque posizionata mediante la tradizionale tecnica degli "scavi a cielo aperto"), il tracciato del metanodotto continua a svilupparsi (nel lato in destra idrografica) per tratti di lunghezza ragguardevole in aree inondabili, censite a pericolosità elevata – molto elevata (PI4) e pericolosità media (PI3).

In aggiunta si pone in evidenza che in tutto il tratto complessivo d'interferenza con le aree censite a pericolosità idraulica il metanodotto ricade entro la "Fascia di Riassetto Fluviale" del corso d'acqua.

8.3 Analisi delle condizioni di Compatibilità Idraulica

8.3.1 *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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 47 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

8.3.2 Considerazioni specifiche inerenti all'ambito di attraversamento dell'alveo

Entrando in maggior dettaglio in merito agli aspetti connessi alla specifica interferenza idraulica in corrispondenza dell'alveo del corso d'acqua, dove la posa della condotta è prevista mediante "scavi a cielo aperto", si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di sufficiente garanzia nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene eccezionali, cosicché è da escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente;
- La configurazione morfologica dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, verrà mantenuta praticamente invariata nei confronti della situazione preesistente. Le opere complementari (presidi idraulici in massi) sono infatti unicamente finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo, oltre che al presidio idraulico dell'infrastruttura nei confronti di potenziali fenomeni erosivi in ambito locale da parte della corrente;
- La configurazione geometrica della condotta 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 ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), 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 condotta 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 inciso, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento, e garantendo con la realizzazione d'opere di ripristino le preesistenti caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
4. *Interazioni in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua*
Gli interventi previsti non costituiscono elementi d'interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale), in quanto le opere sono finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo ed al presidio idraulico nei confronti di potenziali fenomeni erosivi. Le caratteristiche tipologiche delle opere previste si inseriscono perfettamente nel contesto naturale esistente.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 48 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*
Essendo l'opera del tutto interrata non saranno indotti effetti particolarmente impattanti con il contesto naturale della regione fluviale che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

8.3.3 Considerazioni specifiche inerenti ai tratti di percorrenza di linea delle aree inondabili

Infine, relativamente ai tratti di percorrenza della regione fluviale localizzati nel lato in destra dell'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua (dove il metanodotto verrà posizionato mediante scavi a cielo aperto) si evidenzia quanto segue.

È stato previsto il mantenimento della copertura d'alveo per tutto il tratto di percorrenza della regione fluviale del corso d'acqua localizzato in destra nei confronti dell'alveo attuale. Detta scelta progettuale è stata eseguita al fine di garantire la sicurezza della condotta dai fenomeni erosivi e contestualmente per dare al corso d'acqua la possibilità di poter progredire con i naturali processi di divagazione laterale d'alveo già in atto in quel lato.

L'intervento prevede dunque il completo interrimento della tubazione (a profondità molto elevate) 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 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.

8.4 **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 della configurazione d'alveo preesistente, 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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 49 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

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 ed in quanto tale l'intervento sia **COMPATIBILE**.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 50 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403

9 CONCLUSIONI

Il tracciato del metanodotto in progetto "*Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante, DN 400 (16")*" interseca l'alveo del fiume VARA in un ambito di confine tra i territori comunali di Varese Ligure (SP) e di Maissana (SP), in prossimità della località "Meeia".

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.

Alla luce dei risultati conseguiti, per il superamento in subalveo del corso d'acqua, è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento mediante "scavi a cielo aperto", con posizionamento della condotta in progetto con coperture di sicurezza adeguatamente cautelative nei confronti dei potenziali processi erosivi.

In aggiunta sono state previste delle opere di presidio idraulico (difese spondali in massi naturali), con lo scopo di ripristinare la configurazione d'alveo esistente prima dell'inizio dei lavori. Gli interventi di progetto assicurano dunque il ripristino della configurazione d'alveo preesistente e garantiscono inoltre le adeguate condizioni di sicurezza della condotta, per tutto il periodo di esercizio.

Le opere previste non costituiscono elementi di interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua e non determinano delle variazioni significative all'assetto plano-altimetrico preesistente del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale). Le stesse opere sono state scelte con caratteristiche tipologiche ottimali al fine di inserirsi nel contesto naturale esistente.

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

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 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 di Piano ed in quanto tale l'intervento sia **COMPATIBILE**.

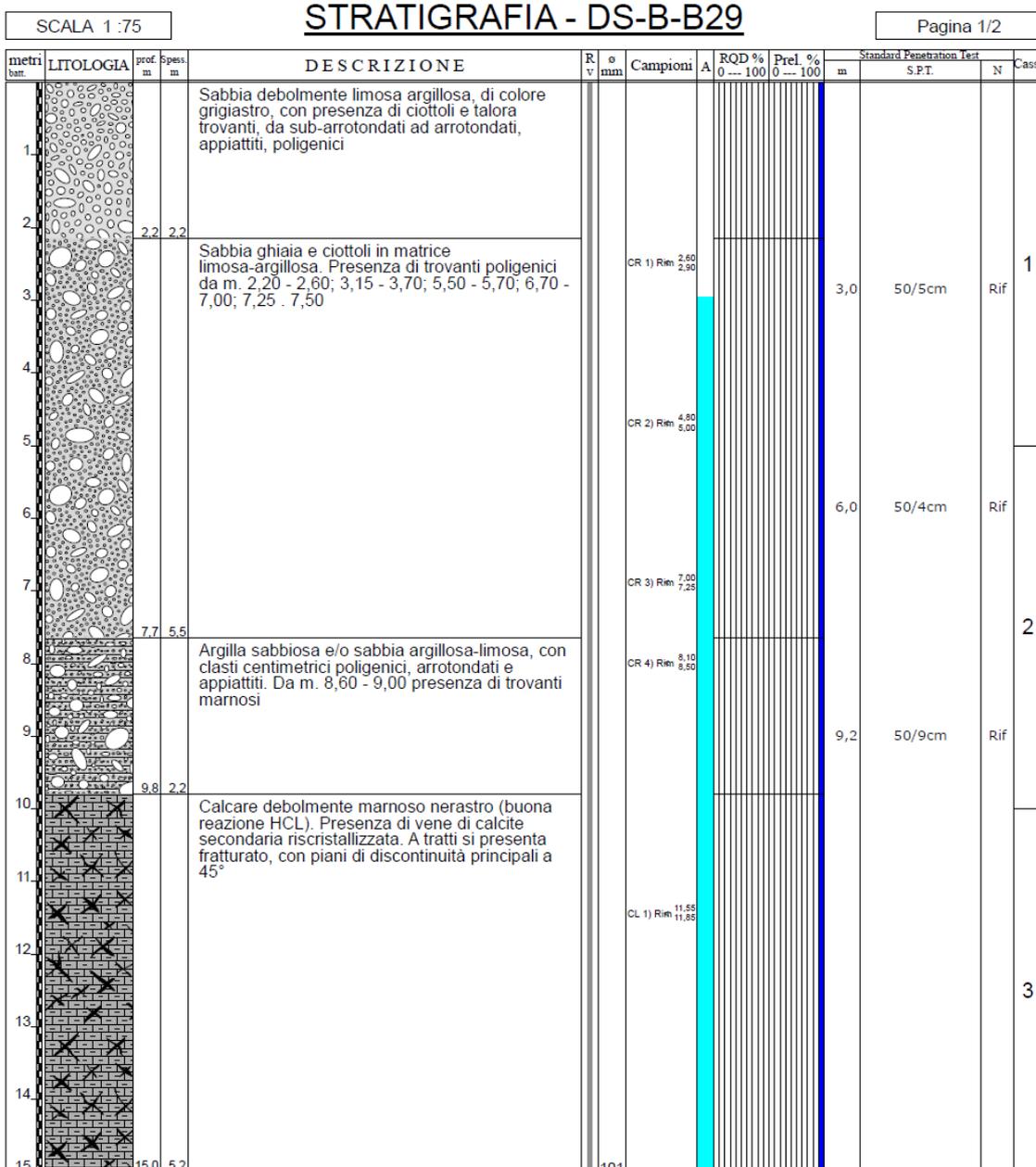
	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10403	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 51 di 52	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A SPC-LA-E-80403

APPENDICE 1: COLONNE STRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI



Committente: SAIPEM	Sondaggio: DS-B-B29
Riferimento: IP1235 IP08 - Rifacimento Metan. deriv. Sestri Levante DN400, DP 75bar	Data: 18/06/2022- 20/06/2022
Coordinate: Lat: 44° 20.862' N - Long: 9° 35.748' E	Quota: 308 metri s.l.m.
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo fino a 15,00 m dal p.c.	



Il Responsabile di commessa
Geol. Francesco Amodeo

Il Responsabile di sito
Geol. Cristiano La Rosa

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ. 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10403		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 52 di 52	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-80403



Committente: SAIPEM	Sondaggio: DS-B-B30
Riferimento: IP1235 IP08 - Rifacimento Metan. deriv. Sestri Levante DN400, DP 75bar	Data: 21/06/2022- 22/06/2022
Coordinate: Lat: 44°20'52" N - Long: 9°35'35" E	Quota: 302 metri s.l.m.
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo fino a 15,00 m dal p.c.	

SCALA 1:75 **STRATIGRAFIA - DS-B-B30** Pagina 1/2

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	R v	o mm	Campioni	A	RQD % 0 --- 100	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Cass.
0,6		0,6	0,6	Terreno vegetale costituito da sabbia limosa di colore marrone chiaro; presenza di apparati radicali e clasti centimetrici sub-angolari										
1				Sabbia e ghiaia debolmente limosa, di colore marrone chiaro; presenza di clasti centimetrici sub-angolari e sporadica presenza di trovanti poligenici										
2		2,0	1,5	Sabbia e ghiaia in matrice limosa argillosa di colore marrone scuro. Da m. 2,20 - 2,70; 3,15 - 3,40; 4,10 - 4,30; 5,70 - 6,30; presenza di clasti poligenici da sub-angolari a sub-arrotondati			CR 1) Rim	2,00 2,20						
3											3,0	50/6cm		1
4							CR 2) Rim	3,70 4,00						
5							CR 3) Rim	5,10 5,45						
6														
7		6,8	4,8	Sabbia argillosa e/o argilla sabbiosa, con presenza di clasti da sub-angolari a sub-arrotondati, poligenici, centimetrici			CR 4) Rim	7,10 7,30						
8											6,5	50/13cm		2
9														
9,8		9,8	3,0	Scisto nerastro a struttura fogliettata (scistosa); da m. 9,90 - 10,15 abbondante presenza di clasti poligenici centimetrici; a tratti, i clasti sono immersi in matrice argillosa. La porzione lapidea può essere classificata come R2/R3 (class. ISRM), cioè come roccia da debole a mediamente resistente			CL 1) Rim	11,10 11,40						
10														
11							CL 2) Rim	12,00 12,15						
12											9,0	26-37-63/3cm		3
13														
14														
15		15,0	5,2											

Il Responsabile di commessa
Geol. Francesco Amodeo

Il Responsabile di sito
Geol. Vanessa Rizzo Spurna