

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 1 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

METANODOTTO SESTINO – MINERBIO
DN 1200 (48"), DP75 bar

4° TRONCO: Mercato Saraceno - Cesena

8° TRATTO D'INTERFERENZA CON IL FIUME SAVIO
(16° e 17° Attraversamento del corso d'acqua)
VALUTAZIONI IDROLOGICHE ED IDRAULICHE E
RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA





0	Emissione	M.VITELLI	M. AGOSTINI	A. BRUNI G.BRIA	OTT. 2023
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 2 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

INDICE

1	GENERALITÀ	5
1.1	Premessa	5
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	5
1.3	Disegni di attraversamento	6
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
3	ANALISI DI CARATTERIZZAZIONE DEGLI AMBITI FLUVIALI IN ESAME	9
3.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	9
3.2	Descrizione ambiti di attraversamento in esame	11
3.2.1	<u>16° Attraversamento del Savio</u>	11
3.2.2	<u>17° Attraversamento del Savio</u>	13
3.3	Indagini di caratterizzazione stratigrafica	15
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	17
4.1	Generalità	17
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	17
4.3	Sezione di studio e parametri morfometrici del bacino	17
4.4	Studi condotti dall'ex Autorità dei Bacini Romagnoli	19
4.4.1	<u>Premessa</u>	19
4.4.2	<u>Risultati di interesse</u>	20
4.5	Valutazione idrologiche specifiche	22
4.6	Portata di progetto	22
5	STUDIO IDRAULICO	23
5.1	Presupposti e limiti dello studio	23
5.2	Assetto geometrico e modellazione idraulica	24
5.2.1	<u>Assetto geometrico di modellazione</u>	24
5.2.2	<u>Dati di Input e condizioni al contorno</u>	25
5.3	Risultati della simulazione idraulica	26

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 3 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

5.4	Analisi dei risultati conseguiti	35
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	36
6.1	Generalità	36
6.2	Criteri di calcolo	37
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi in alveo	39
6.4	Analisi dei risultati e considerazioni progettuali	41
7	16° ATTR.TO SAVIO - METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	43
7.1	Metodologia costruttiva: Direct Pipe	43
7.2	Configurazioni geometriche di progetto	43
7.3	Descrizione della tecnica della “Direct Pipe”	44
7.3.1	<u>Generalità sul sistema costruttivo</u>	44
7.3.2	<u>Principali caratteristiche della Direct Pipe</u>	46
7.3.3	<u>Componenti principali del sistema Direct Pipe</u>	47
7.3.4	<u>Attività terminali (collaudo condotta e ripristini)</u>	51
8	17° ATTR.TO SAVIO – METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	52
8.1	Premessa	52
8.2	Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto	52
8.3	Scelte Progettuali	55
8.3.1	<u>Copertura in subalveo di progetto</u>	55
8.3.2	<u>Interventi di ripristino</u>	55
9	VERIFICA STABILITÀ OPERE IN MASSI NEI CONFRONTI DEL TRASCINAMENTO (della corrente)	56
9.1	Premessa	56
9.2	Metodologia di analisi	56
9.2.1	<u>Verifica trascinamento al fondo alveo</u>	56
9.2.2	<u>Verifica trascinamento sulle sponde</u>	58
9.3	Risultati delle verifiche a trascinamento	59
9.3.1	<u>Considerazioni preliminari</u>	59
9.3.2	<u>17° Attr.to Savio – Risultati verifiche a trascinamento</u>	60

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 4 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

10	VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA	61
10.1	Premessa	61
10.2	Quadro normativo di riferimento	61
10.2.1	<u>Criteri generali di progettazione del metanodotto</u>	61
10.2.2	<u>Strumenti di “Pianificazione territoriale”</u>	61
10.2.3	<u>Disposizioni e Misure di salvaguardia in ambiti a pericolosità idraulica</u>	62
10.3	Interferenze con aree censite a pericolosità idraulica	68
10.4	Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica	69
10.4.1	<u>Considerazioni di carattere generale</u>	69
10.4.2	<u>Considerazioni specifiche inerenti al 16° attraversamento (in trenchless)</u>	70
10.4.3	<u>Considerazioni specifiche inerenti a 17° attraversamento d'alveo (a cielo aperto)</u>	71
10.4.4	<u>Considerazioni specifiche inerenti ai tratti di linea (in aree inondabili)</u>	72
10.5	Considerazioni conclusive sulla compatibilità idraulica	72
11	CONCLUSIONI	74
	APPENDICE 1: COLONNA STRATIGRAFICA DEL SONDAGGIO	76
	ANNESI – ELABORATI DI RIFERIMENTO:	
	• Disegno 16° attraversamento Savio: DIS. 10-LB-20E-81405	
	• Disegno 17° attraversamento Savio: DIS. 10-LB-35E-81416	

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 5 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La società Snam S.p.A., nell'ambito del progetto generale denominato “Linea Adriatica”, intende realizzare il “Metanodotto Sestino – Minerbio DN1200 (48”) DP 75bar”, che si sviluppa per una lunghezza di circa 140,7 km nei territori della Toscana e dell'Emilia Romagna.

Il tracciato di progetto del suddetto metanodotto in progetto (DN1200), che trae origine dall'Alto Montefeltro, percorre per circa 23 km la valle del fiume Savio, a partire dalla località “Sorbano” (al confine tra i territori di S. Agata Feltria e quello di Sarsina) e sino alla località “San Carlo” (nel territorio di Cesena).

Nell'ambito della percorrenza della valle del Savio, il tracciato di progetto interseca per ben 19 volte l'alveo del corso d'acqua (di cui n.17 attraversamenti e n.2 percorrenze d'alveo). In corrispondenza (ed in prossimità) di ciascun ambito d'interferenza con l'alveo del fiume, il tracciato del metanodotto ricade entro delle aree censite a pericolosità idraulica ai sensi del Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico (PAI), redatto dall'ex Autorità dei Bacini Romagnoli, ed ai sensi del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

In tal senso ed al fine di analizzare le varie interferenze con il corso d'acqua, sono stati individuati n.8 tratti d'interferenza tra il metanodotto in progetto ed il corso d'acqua stesso.

In particolare nel presente elaborato viene analizzato l'8° e ultimo tratto d'interferenza con il fiume SAVIO (quello di valle), nell'ambito del quale ricadono il 16° e il 17° attraversamento del corso d'acqua.

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 in corrispondenza di ciascun ambito di attraversamento (in subalveo) del corso d'acqua specificatamente in esame nell'elaborato stesso.

Nell'ambito della presente relazione vengono inoltre illustrate le valutazioni effettuate al fine di individuare le caratteristiche di progettazione in ciascun attraversamento in esame, 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, idrologico ed idraulico, con lo scopo di garantire la sicurezza del metanodotto, nonché di assicurare la compatibilità dell'infrastruttura in considerazione dell'aspetto 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 di ciascuna area d'attraversamento specificatamente in esame;
- Caratterizzazione idrografica del corso d'acqua e descrizione degli ambiti di attraversamento;

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 6 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

- Valutazioni idrologiche al fine di stimare le portate al colmo di piena di progetto in corrispondenza della sezione di studio (coincidente con quella relativa all'attraversamento di valle ricadente nel tratto in esame);
- Studio idraulico, volto ad individuare i parametri caratteristici di deflusso idrico ed i fenomeni associati alla dinamica fluviale locale in corrispondenza di ciascun ambito di attraversamento in esame, con particolare riferimento alla valutazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo;
- Descrizione delle scelte progettuali inerenti alla metodologia costruttiva, alla geometria della condotta in subalveo ed alle eventuali opere di presidio idraulico;
- Valutazioni inerenti alle condizioni di compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento in ciascun ambito in esame, in riferimento ai criteri stabiliti nelle disposizioni normative per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica.

1.3 Disegni di attraversamento

I progetti degli attraversamenti in esame (comprendenti le caratteristiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa in subalveo della stessa, nonché le caratteristiche tipologiche e dimensionali delle eventuali opere di sistemazione) sono stati sviluppati negli elaborati grafici qui di seguito citati:

- **DIS. 10-LB-20E-81405**
Metanodotto Sestino – Minerbio, DN 1200 (48") DP 75 bar
4° Tronco: Mercato Saraceno - Cesena
Direct Pipe 16° Attraversamento fiume Savio
- **DIS. 10-LB-35E-81416**
Metanodotto Sestino – Minerbio, DN 1200 (48") DP 75 bar
4° Tronco: Mercato Saraceno - Cesena
17° Attraversamento fiume Savio

Pertanto, per gli approfondimenti di alcune tematiche affrontate nel presente documento, si rimanda alla visione degli elaborati grafici di progetto sopra citati.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 7 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il 16° attraversamento del fiume Savio da parte del metanodotto in progetto (DN1200) ricade nel territorio comunale di Cesena, nei pressi dell'abitato di "San Carlo". Dal punto di vista idrografico, l'ambito d'interferenza ricade nel tratto intermedio dello sviluppo dell'asta fluviale del corso d'acqua, a circa 1km a valle della foce del Rio della Busca (tributario di sinistra).

Il 17° attraversamento del fiume Savio da parte del metanodotto in progetto (DN1200) ricade nel territorio comunale di Cesena, nei pressi dell'abitato di "San Carlo". Dal punto di vista idrografico, l'ambito d'interferenza ricade nel tratto intermedio dello sviluppo dell'asta fluviale del corso d'acqua e a circa 1km a valle del 16° attraversamento.

Al fine di fornire un inquadramento territoriale generale degli ambiti di attraversamento in esame nel presente elaborato, nella seguente Fig.2.1/A si riporta una corografia in scala 1:25.000 (estratta dalle tavolette IGM), dove il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso e le aree di attraversamento in esame sono indicate mediante dei cerchi in colore blu.

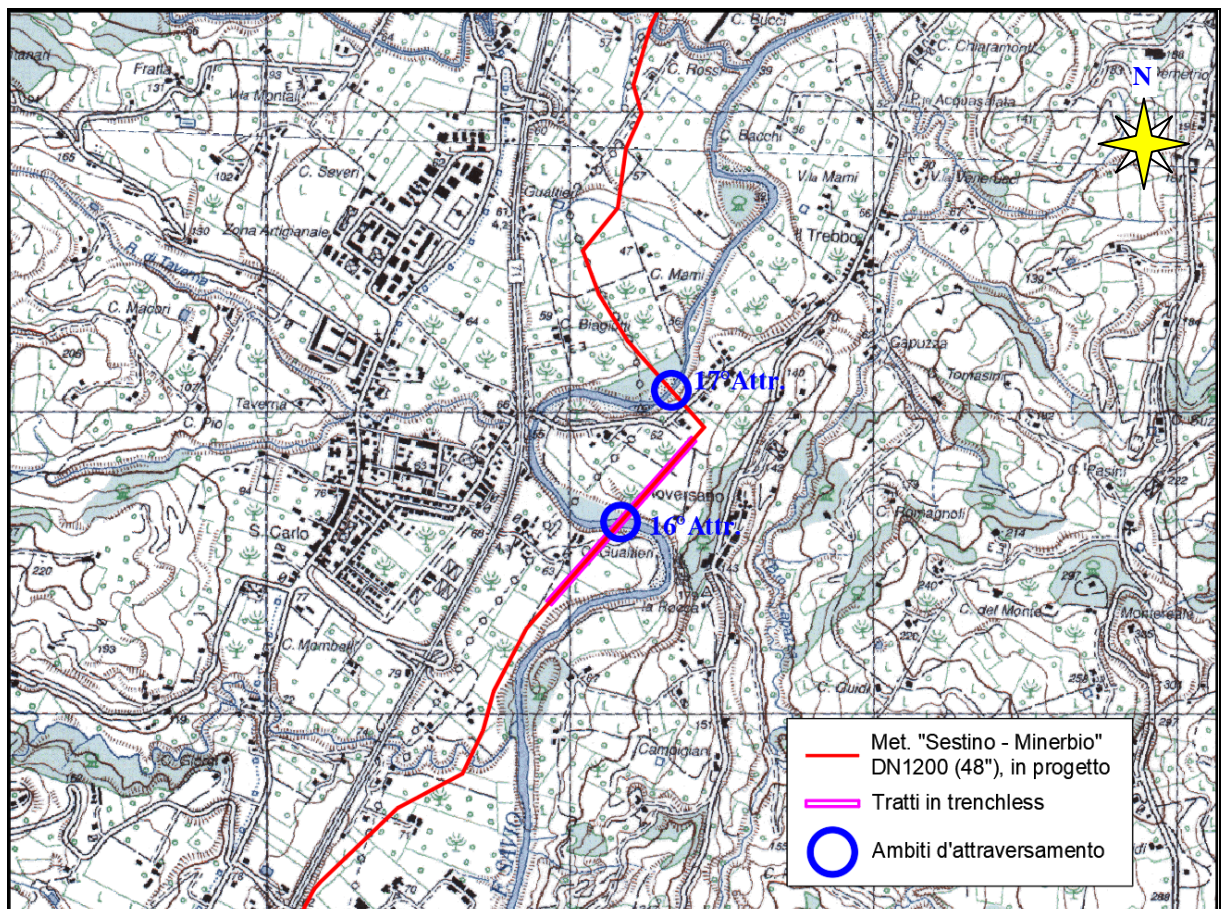


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000, con individuazione ambiti di attraversamento

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 8 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Le coordinate piane degli ambiti di attraversamento in esame sono riportate nella tabella seguente:

Tab.2.1/A: Coordinate degli ambiti di attraversamento in esame del corso d'acqua

Coordinate ambito 16° attraversamento del Savio	
Coordinate Piane: WGS84 – Fuso 33 (EPSG 32633)	276095 m E 4885440 m N
Coordinate ambito 17° attraversamento del Savio	
Coordinate Piane: WGS84 – Fuso 33 (EPSG 32633)	276263 m E 4885877 m N

Nella seguente Fig.2.1/B è invece riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (dalle CTR in scala 1:10.000), nel quale sono riportate le medesime informazioni di cui allo stralcio precedente. Nella stessa figura sono inoltre schematicamente indicati (mediante delle sagome rettangolari in color magenta) i tratti di condotta con posa prevista in trivellazione.

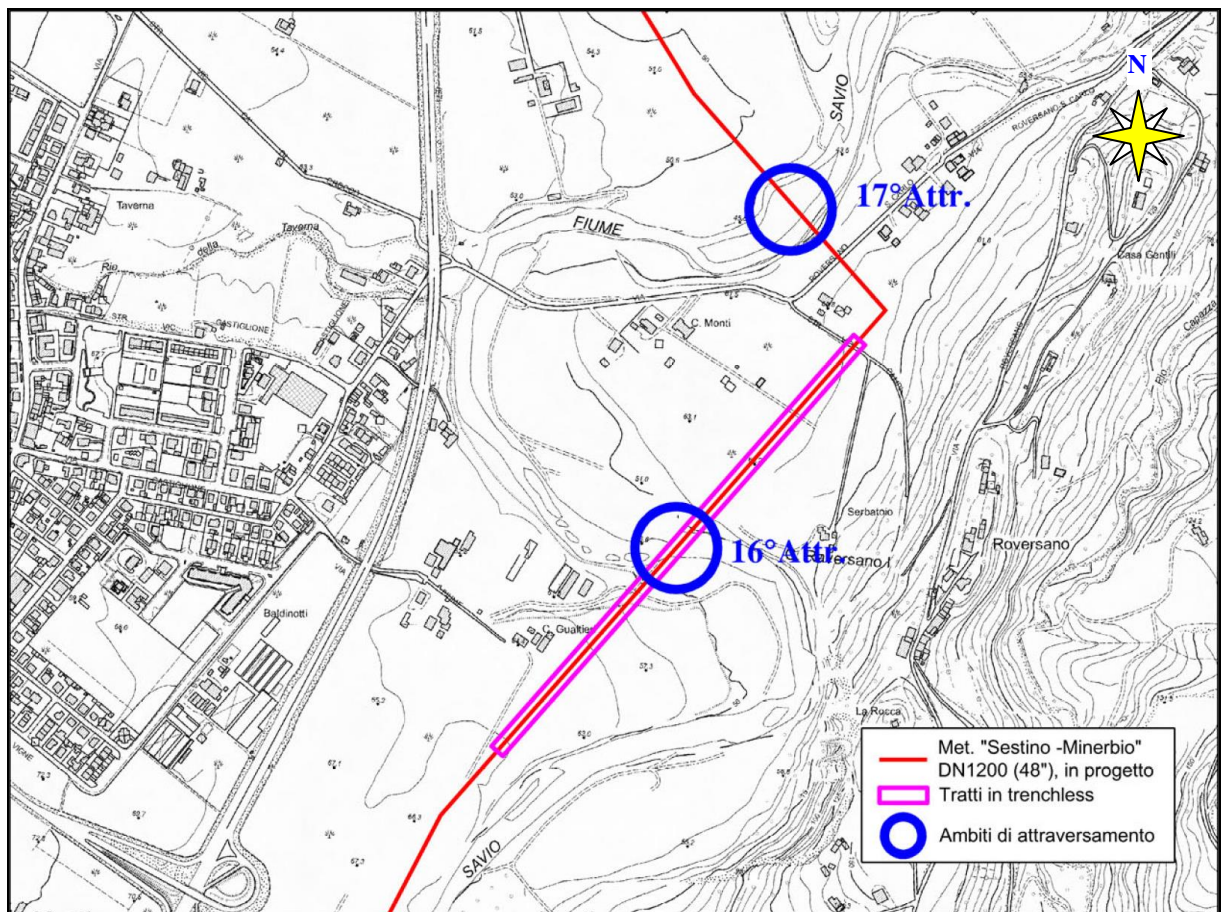


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

Dall'analisi della figura precedente, si rileva che il 16° attraversamento dell'alveo del corso d'acqua verrà eseguito mediante una tecnologia trenchless (direct pipe).

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 9 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

3 ANALISI DI CARATTERIZZAZIONE DEGLI AMBITI FLUVIALI IN ESAME

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

Il fiume Savio rappresenta un corso d'acqua principale, caratterizzato da un bacino idrografico di 654 km², ricadente nelle Regioni Emilia Romagna e Marche.

Il bacino confina a nord e ovest con i bacini dei Fiumi Bevano e Ronco mentre a sud è delimitato dallo spartiacque appenninico che corre lungo il confine regionale; ad est confina col bacino del Fiume Marecchia, nella parte a monte, e col bacino del Fiume Rubicone a valle.

Il bacino montano del Fiume Savio, chiuso praticamente in prossimità dell'abitato di Cesena, a valle della Strada Statale n. 9 (Via Emilia), ha una superficie di circa 625 kmq. Dalla chiusura del bacino montano il fiume scorre arginato per un tratto di circa 30 km., fino a quando è intersecato dalla Strada Statale n. 16 (Adriatica), a valle della quale sono evidenti fenomeni di meandrazione, parzialmente regimati e rettificati, fino allo sbocco in mare in prossimità dell'abitato di Lido di Savio.

Il Fiume Savio nasce col nome di Fiume Grosso in prossimità di Monte Castelvecchio (1060 m., s.l.m.) e da una serie di bocche distribuite su di un'area compresa fra Monte Coronaro e Monte Fumaiolo. Il primo affluente di un certo interesse è il Torrente Para in località Quarto; dopo Sarsina riceve il Torrente Fanante e, oltre Mercato Saraceno, riceve il Torrente Borello il quale rappresenta il principale affluente. Poi a monte di Cesena si inserisce il Cesuola, in gran parte tombinato.

L'andamento del fiume è fortemente condizionato dalla geometria della stratificazione e dalle diverse caratteristiche litologiche-meccaniche del substrato, estesamente affiorante lungo i versanti, in alveo ed in corrispondenza delle scarpate dei terrazzi, posti a varie quote. L'idrografia superficiale è caratterizzata da intensi interventi di sistemazione e regimazione, mentre la principale infrastruttura idraulica presente è la Diga di Quarto, il cui invaso è, peraltro, parzialmente interrato per effetto del consistente apporto solido, caratteristica peculiare del corso d'acqua.

Il Fiume Savio ha un percorso tortuoso dello sviluppo complessivo di circa 112 km, di cui circa 2/3 si snoda nel tratto collinare, mentre nel tratto pianeggiante risulta per buona parte arginato. Il corso d'acqua sfocia in mare nel territorio di Ravenna.

Al fine di individuare e localizzare gli ambiti d'interferenza specificatamente in esame nel presente elaborato tra il metanodotto in progetto ed il corso d'acqua, nella figura seguente è riportata una corografia generale del bacino del fiume (su una base cartografica al 250.000) dove sono riportate le seguenti informazioni:

- Il bacino complessivo del corso d'acqua è riportato in giallo;
- Le aste principali del corso d'acqua e del suo principale affluente sono riportate in blu;
- Il metanodotto in progetto è indicato tramite una linea in rosso;
- L'ambito complessivo di percorrenza (da parte del tracciato del metanodotto in progetto) della valle del Savio è schematicamente indicata con una fascia in celeste;
- Gli ambiti di attraversamento del corso d'acqua specificatamente in esame nel presente elaborato sono indicati mediante dei cerchi in magenta.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 10 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

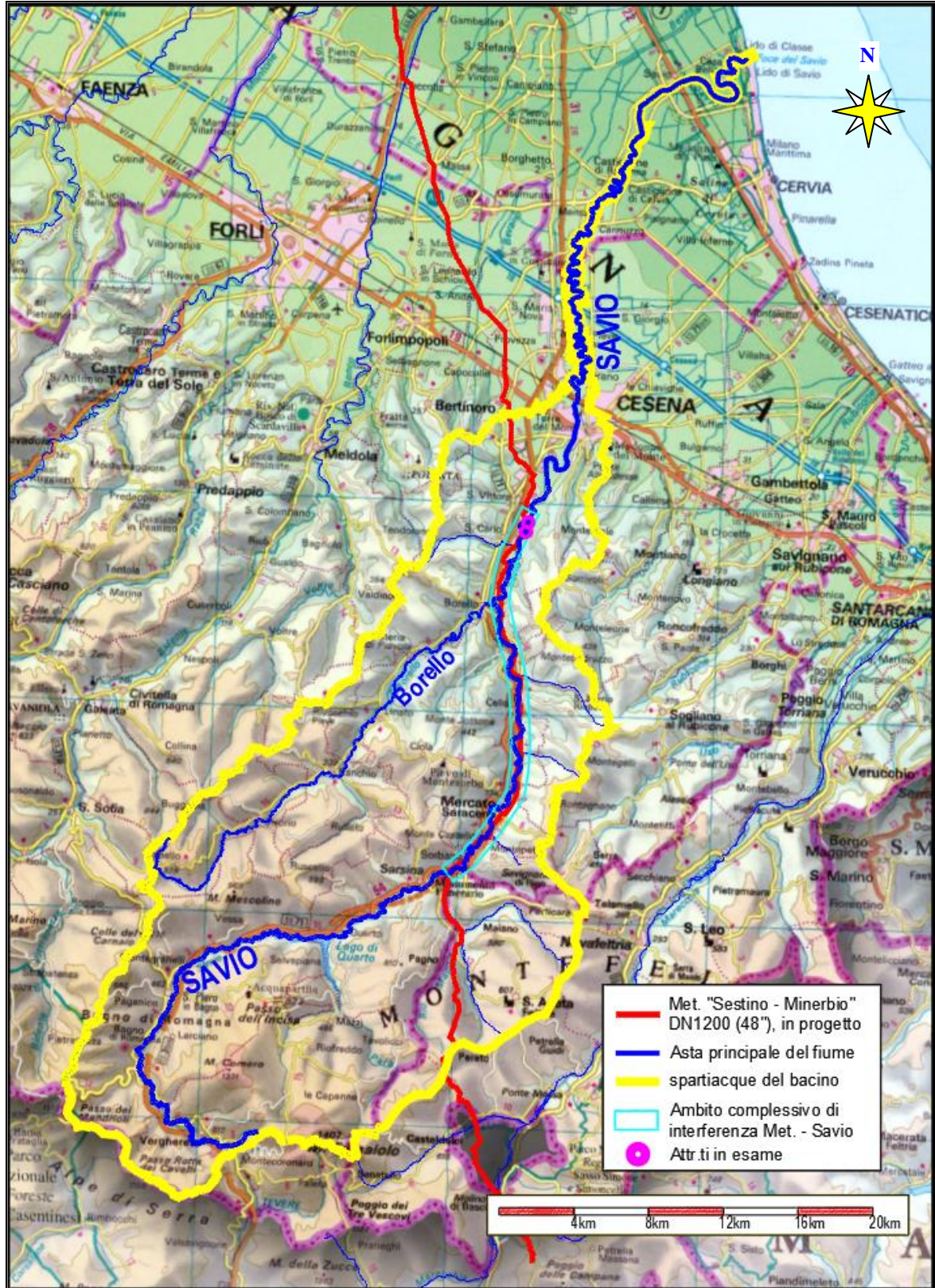


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione degli ambiti in esame

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 11 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Dall'analisi della figura precedente (Fig.3.1/A), si rileva che gli ambiti di attraversamento in esame del corso d'acqua sono localizzati nel tratto intermedio dello sviluppo del fiume, a valle della foce del torrente Borello (principale tributario) e non lontano dalla sezione di chiusura del bacino montano del Fiume Savio (nei pressi di Cesena).

Andamento stagionale dei deflussi nel corso d'acqua

Il fiume presenta un regime spiccatamente torrentizio, con andamento dei deflussi che segue in maniera prevalente quello degli afflussi nel bacino. Il regime delle piene è pertanto determinato dall'andamento stagionale delle precipitazioni, caratterizzato dal tipico clima sub-litoraneo appenninico, che di solito trova la massima intensità durante la primavera e nel tardo autunno e la minima nel periodo estivo (con portate di magra aventi valori molto modesti).

In tal senso qui di seguito si riporta l'istogramma delle portate medie giornaliere registrate nella stazione idrometrica di Savio a San Carlo (superficie bacino 585.8 km²), relativamente al periodo 2008 – 2020 (fonte: *Annali idrologici*).

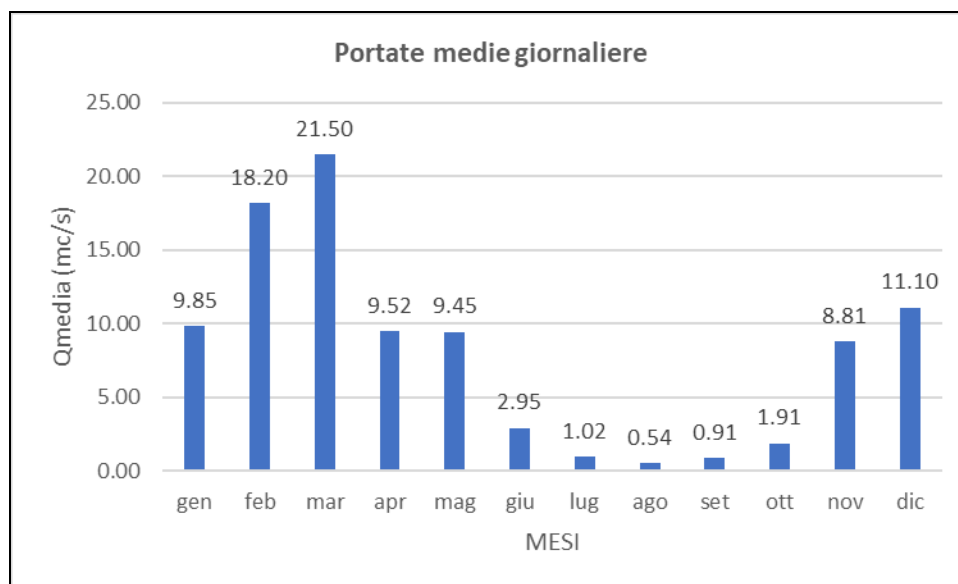


Fig.3.1/B: Iistogramma mensile delle "portate medie giornaliere"

3.2 Descrizione ambiti di attraversamento in esame

3.2.1 16° Attraversamento del Savio

Il 16° attraversamento del fiume Savio da parte del metanodotto in progetto (DN1200) ricade nel territorio comunale di Cesena, nei pressi degli abitati di "San Carlo" e di "Roversano".

Dal punto di vista idrografico, l'ambito d'interferenza ricade nel tratto intermedio dello sviluppo dell'asta fluviale del corso d'acqua, a circa 1km a valle della foce del Rio della Busca (tributario di sinistra).

Il sedicesimo attraversamento (secondo del 4° tronco) avviene presso l'ansa vicino al centro abitato di Roversano, nel comune di Cesena. In sinistra idrografica il terrazzo

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 12 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

alluvionale si raccorda all'area fluviale tramite un blando pendio ed una fascia di depositi alluvionali recenti. In destra tali depositi si limitano ad una stretta striscia e sono sovrastati da un'alta scarpata, che borda un terrazzo alluvionale antico sospeso a circa 20 m di quota sopra il corso fluviale.

Litologicamente il fondo del fiume è costituito da depositi alluvionali attuali e recenti degli alvei fluviali (OLOCENE) del tipo sabbie e ciottoli. La permeabilità è per porosità e di grado medio.

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito relativo al 16° attraversamento, nonché di quello relativo all'17° attraversamento (posto a distanza ravvicinata), qui di seguito si riporta una foto aerea (Fig.3.2/A), estrapolata da Google Earth, dove sono riportate le seguenti informazioni:

- il tracciato del metanodotto in progetto (tramite una linea in rosso);
- i tratti di condotta con posa in trenchless (con delle sagome rettangolari in magenta);
- le aree di attraversamento dell'alveo (mediante dei cerchi in celeste).

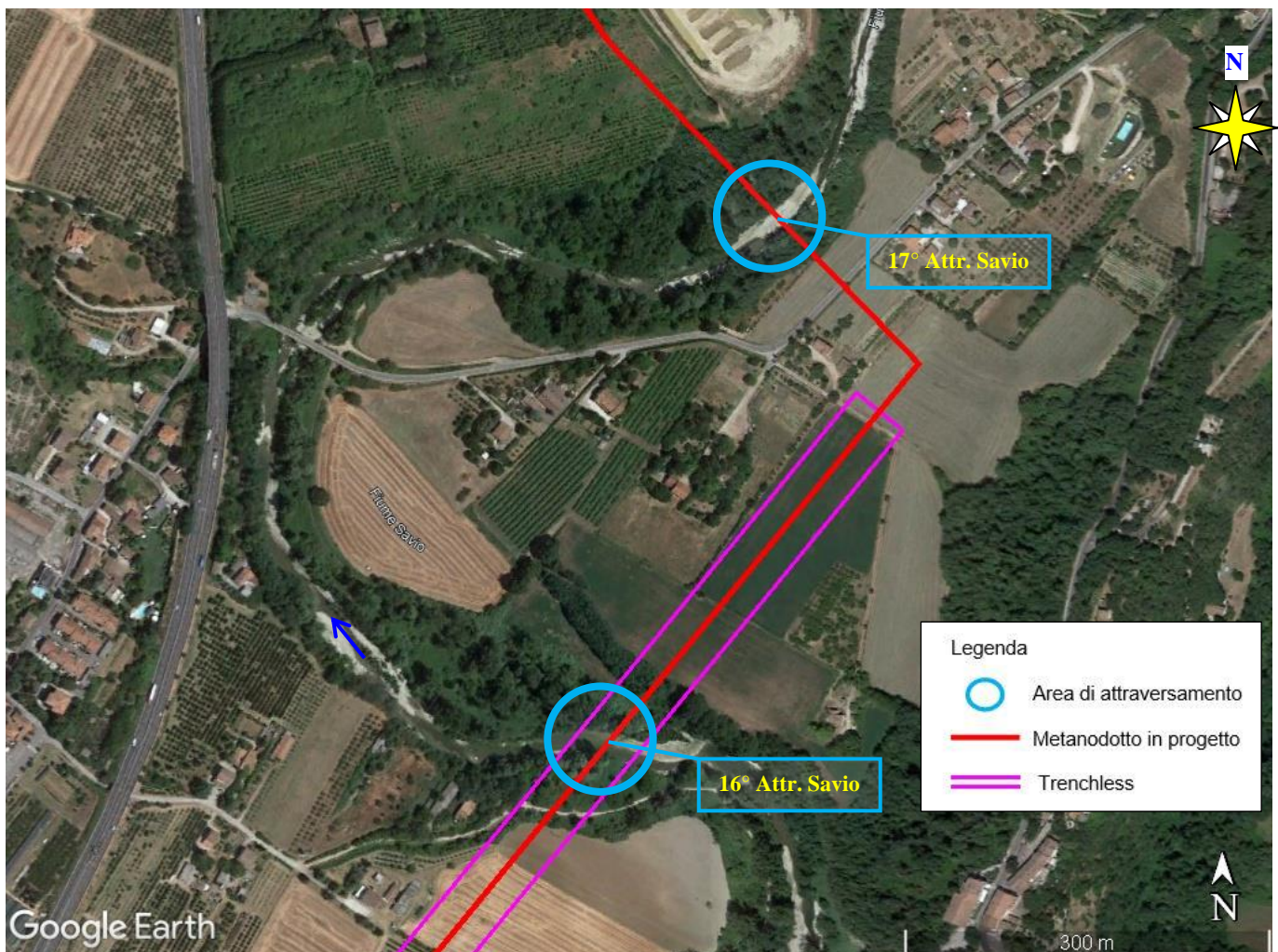




Fig.3.2/A: Foto aerea 16° e 17° attraversamento del Savio

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 13 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Nella seguente Fig.3.2/B, inoltre, si riporta una foto rappresentativa dell'ambito di attraversamento in esame del corso d'acqua.



Fig.3.2/B: Foto 16° attraversamento Savio



3.2.2 17° Attraversamento del Savio

Il 17° attraversamento del fiume Savio da parte del metanodotto in progetto (DN1200) ricade nel territorio comunale di Cesena, nei pressi dell'abitato di "San Carlo".

Dal punto di vista idrografico, l'ambito d'interferenza ricade nel tratto intermedio dello sviluppo dell'asta fluviale del corso d'acqua e a circa 1km a valle del 16° attraversamento.

L'ultimo attraversamento del fiume Savio, ricadente nel 4° tronco, avviene presso l'ansa a valle del ponte di via Roversano – San Carlo, nel comune di Cesena. In questa zona, un basso terrazzo alluvionale, lungo la sponda sinistra, si raccorda molto gradualmente all'area fluviale attraverso una fascia di depositi alluvionali recenti (sponda molto svasata); mentre la sponda destra è costituita da un'alta scarpata incisa nella Formazione Marnoso-arenacea, sulla cui sommità, a circa 15÷20 m di altezza sopra il corso fluviale, è presente un terrazzo alluvionale antico. Nell'alveo, ove il substrato lapideo affiora a tratti limitando le capacità erosive del fiume, si è formata un'isola parzialmente fissata dalla vegetazione.

Nella seguente Fig.3.2/C si riportano alcune foto rappresentative dell'ambito di attraversamento in esame del corso d'acqua.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 14 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



Foto 1: Ambito 17°Attr. Savio - vista da dx idrografica

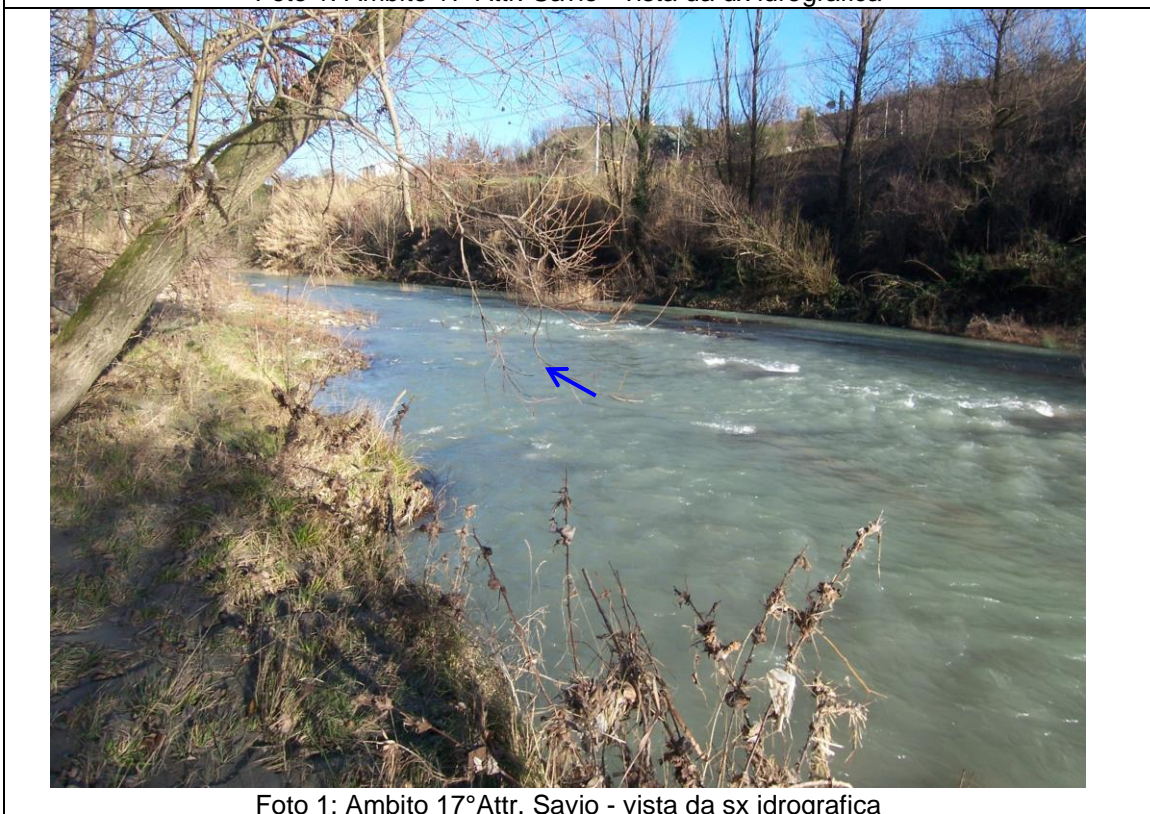


Foto 1: Ambito 17°Attr. Savio - vista da sx idrografica

Fig.3.2/C: Foto 17° attraversamento Savio

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 15 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

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, sono state eseguite varie campagne geognostiche.

In particolare, per le argomentazioni in esame nel presente elaborato, risulta interessante il sondaggio denominato S44, effettuato (nell'anno 2007) in corrispondenza dell'ambito relativo al 17° attraversamento del Savio (in prossimità della sponda sinistra del corso d'acqua). L'ubicazione planimetrica del sondaggio è riportata nel seguente stralcio planimetrico in scala 1:10.000.

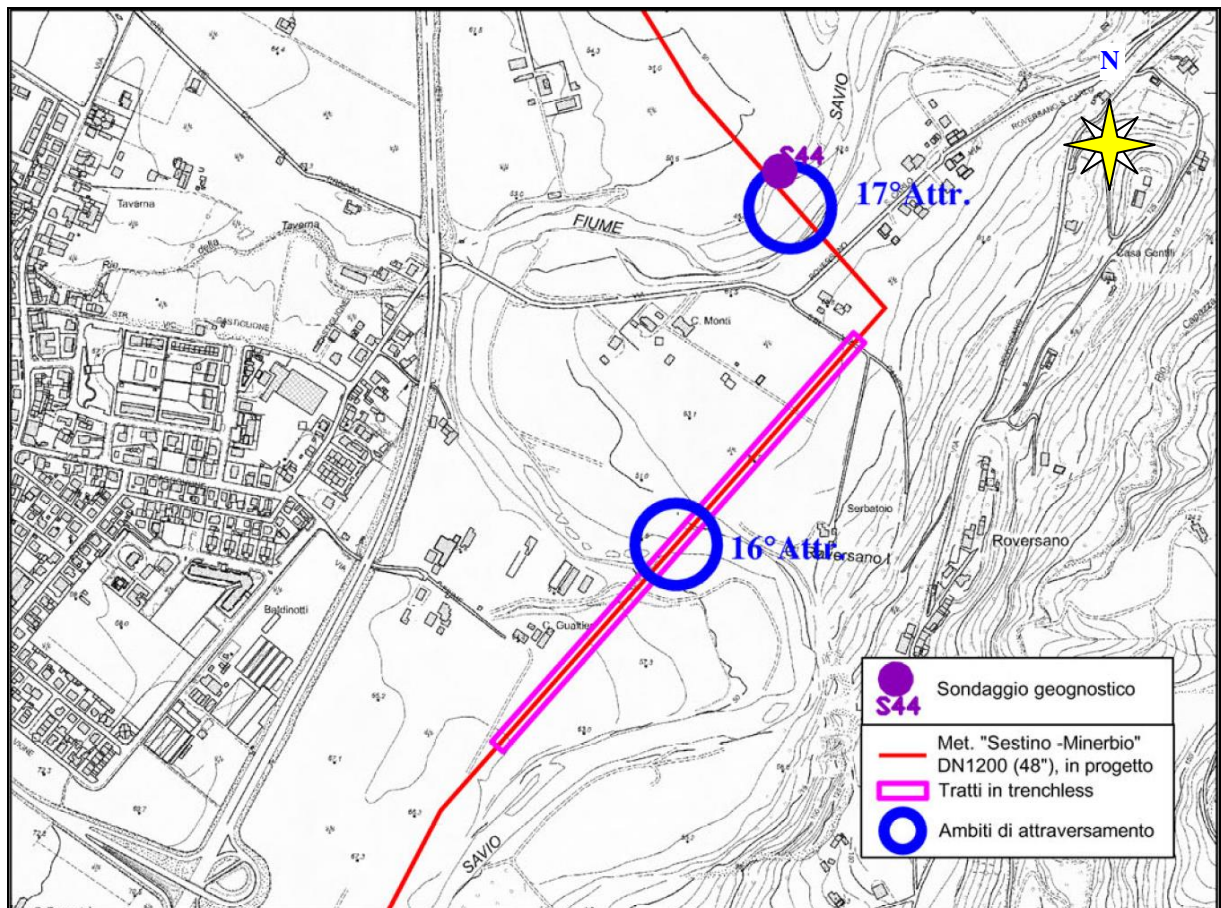





Fig.3.3/A: Planimetria in scala 1:10.000, con ubicazione del sondaggio di interesse

Per l'esame della colonna stratigrafica del sondaggio di riferimento, nonché delle foto delle cassette catalogatrici, si rimanda alla visione dell'Appendice 1.

Dall'analisi della stratigrafia del sondaggio (effettuato ad una quota di circa 4÷5m più in alto rispetto a quella di fondo alveo), emerge un primo livello costituito da 0.20 m di terreno vegetale e 1,20 m di terreno rimaneggiato limoso-sabbioso, da poco a moderatamente consistente, di colore nocciola, con calcinoduli. Da 1,40 a 2,80 m si ha un livello di sabbia ghiaiosa, da addensata a molto addensata, nocciola.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 16 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Da 2,80 a 5,30 m si ha un livello di ghiaia debolmente sabbiosa molto addensata. I clasti si presentano eterometrici, calcareo marnosi, da sub-angolari a sub-arrotondati. Dai 5,30 m a fondo foro si rinviene l'argilla marnosa, molto consistente, di colore grigio-chiaro.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 17 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

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, localizzati 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

Per le valutazioni idrologiche nell'ambito specifico in esame ci si riferisce esplicitamente ai risultati degli "studi ufficiali" effettuati sul corso d'acqua dall'ex Autorità dei Bacini Romagnoli e con particolare riferimento all'elaborato denominato "Relazione idrologica e idraulica", facente parte della documentazione redatta nell'ambito del "Progetto di Piano di Bacino - Stralcio Rischio Idrogeologico".

4.3 Sezione di studio e parametri morfometrici del bacino

Si assume come sezione idrologica di studio quella relativa al 17° attraversamento del metanodotto in progetto (ossia l'ambito di attraversamento di valle ricadente nel tratto in esame).

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dalle tavolette IGM, con la delimitazione del bacino sotteso dalla sezione di studio (in color magenta), con indicazione delle aste fluviali dei corsi d'acqua principali e/o significativi (in blu) e del reticolo idrografico minore (in celeste). Nella stessa figura il tracciato del metanodotto in progetto è indicato mediante una linea in colore rosso.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 18 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

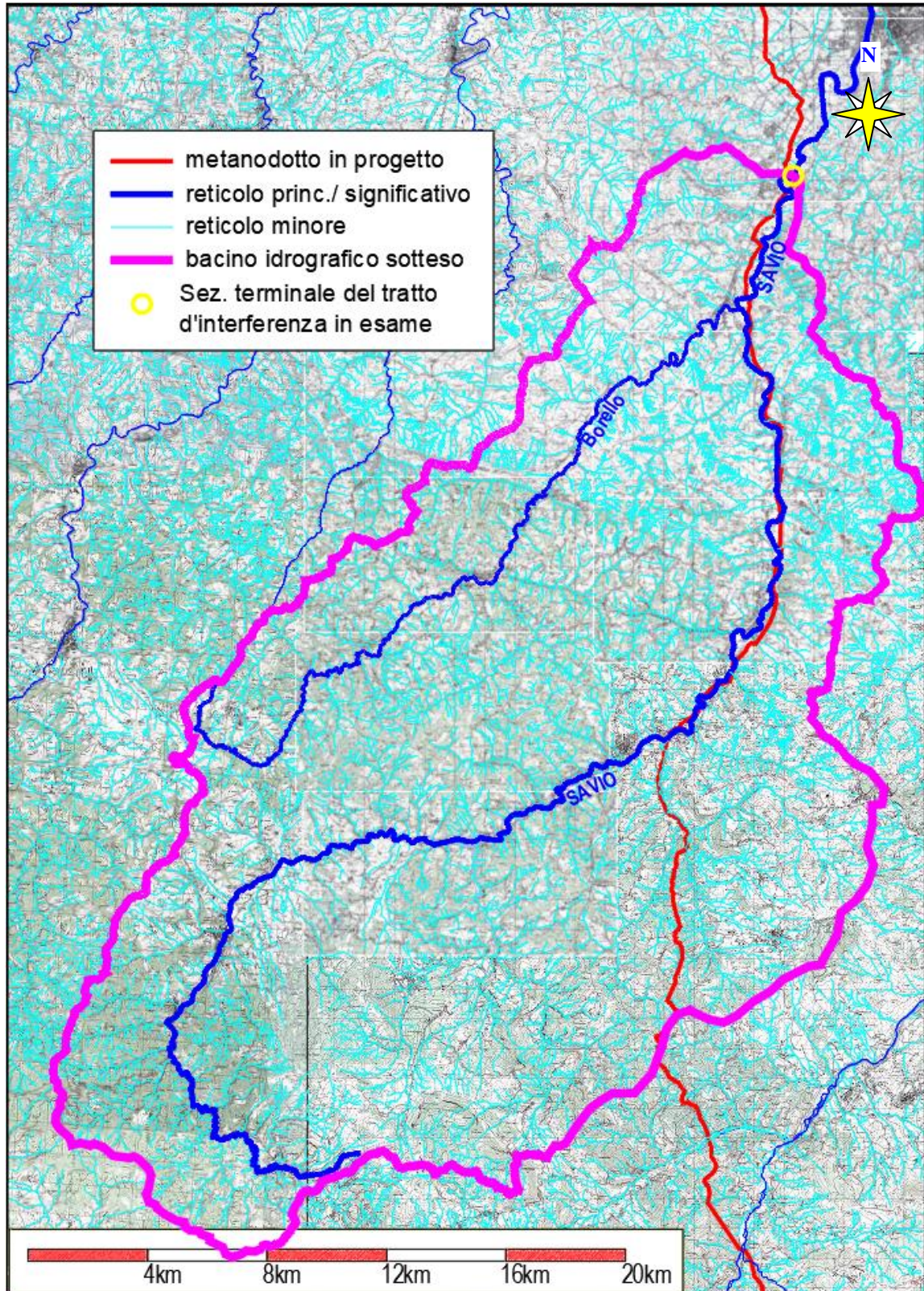


Fig.4.3/A: Bacino imbrifero sotteso dalla sezione di studio

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 19 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Nella tabella seguente si riportano alcuni dei parametri caratteristici del bacino sotteso dalla sezione di studio (valutati tramite un'analisi morfometrica del bacino).

Tab.4.3/A: Parametri di caratterizzazione del bacino

Corso d'acqua	Sez. di studio	Superficie Bacino (kmq)	Altitudine max del Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
Fiume Savio	17° Attravers. Met. in progetto	579	1361	43

4.4 Studi condotti dall'ex Autorità dei Bacini Romagnoli

4.4.1 Premessa

Per le valutazioni idrologiche nell'ambito specifico in esame ci si riferisce esplicitamente ai risultati degli "studi ufficiali" ricomprendenti il corso d'acqua in esame e redatti dall'ex Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli e con particolare riferimento all'elaborato denominato "Relazione idrologica e idraulica", facente parte della documentazione redatta nell'ambito del "Progetto di Piano di Bacino - Stralcio Rischio Idrogeologico" e scaricabile in rete da entrambi i link qui di seguito citati:

https://www.adbpo.it/PAI/PAI_Bacini_Romagnoli/Relazioni_tecniche_rischio_idraulico/

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacini-romagnoli/relazioni-tecniche-rischio-idraulico>

I corsi d'acqua del territorio dell'Autorità dei Bacini Romagnoli che sono stati oggetto dello studio sopra citato sono:

- fiume Lamone
- torrente Marzeno
- fiume Montone
- fiume Rabbi
- fiume Ronco-Bidente
- fiume Savio
- torrente Borello
- torrente Bevano
- torrente Pisciatello
- fiume Rubicone

Le valutazioni idrologiche sono state eseguite utilizzando l'approccio di regionalizzazione delle grandezze idrologiche proposto nell'ambito del progetto VA.PI. del CNR-GNDICI, avendo cura di effettuare calibrazioni e verifiche di livello locale.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 20 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

4.4.2 *Risultati di interesse*

Nello specifico, ci si riferisce ai dati di calcolo delle portate di progetto per alcuni punti significativi delle aste fluviali di collina e montagna, riportati nella tabella riepilogativa dell'allegato 2 dell'elaborato "Relazione idrologica e idraulica".

In particolare, per quanto concerne il fiume Savio, risultano particolarmente interessanti le valutazioni idrologiche effettuate nelle sezioni qui di seguito riportate, le quali ricomprendono l'intero ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto ed il corso d'acqua.

*Tab.4.4/A: F. Savio - Portate di piena in alcune sezioni rappresentative
(Fonte: all.2 della Relazione idrologica e idraulica)*

Sezione idrologica	Sup. Bacino (kmq)	Portata TR30 (mc/s)	Portata TR200 (mc/s)	Portata TR500 (mc/s)
1) Savio a "Sorbano"	316.1	666.6	983.2	1137.2
2) Savio a "Mercato Saraceno"	356.2	697.1	1028.1	1189.2
3) Savio a "Gualdo P.te Giorgi"	392.3	703.4	1037.3	1199.9
4) Savio a "Borrello"	557.5	876.6	1292.8	1495.4
5) Savio a "San Carlo"	579	860.9	1269.6	1468.6

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dalle tavolette IGM, con la delimitazione del bacino sotteso da ciascuna sezione idrologica indicata nella tabella precedente.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 21 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

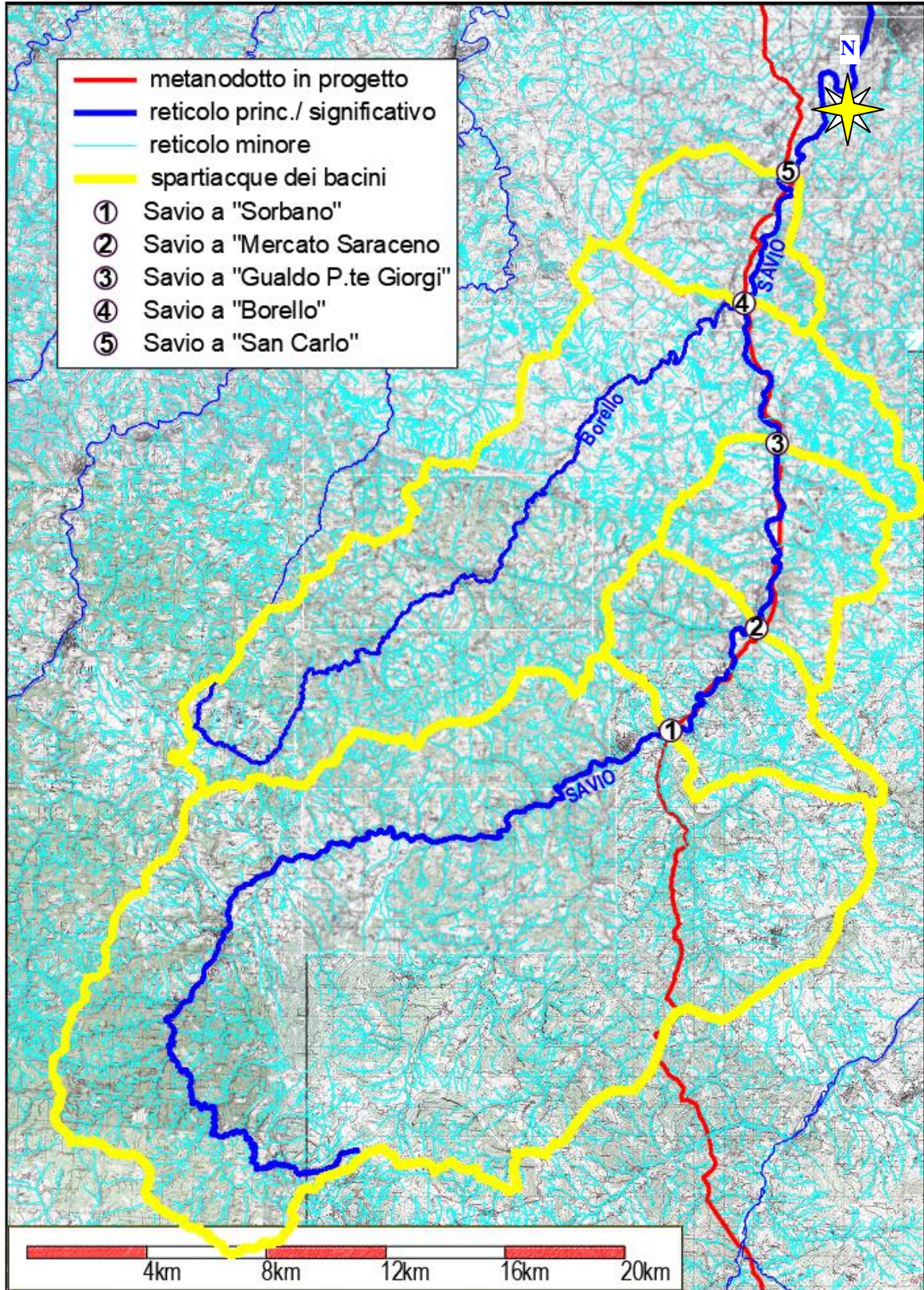






Fig.4.4/A: Bacini imbriferi sottesi dalle sezioni dello studio Autorità di Bacino

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 22 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

4.5 Valutazione idrologiche specifiche

Dall'analisi di raffronto della Fig.4.3/A con la Fig.4.4/A, si rileva che la sezione di studio nel presente elaborato risulta coincidente con la sezione idrologica "Savio a San Carlo" relativa allo studio dell'Autorità di Bacino.

Pertanto, per la sezione in esame si possono assumere i valori di portata riportati nella 5ª riga di cui alla Tab.4.4/A, ossia quelli riportati nella tabella seguente:

Tab.4.5/A: Sez. 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=200anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=500anni)
Fiume Savio/ 17° Attr, Metanodotto	579	860.9	1269.6	1468.8

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.

In riferimento a quanto riportato nella Tab.4.5/A, 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 Savio	Sez. 17° attrav. corso d'acqua	579	1269.6	2.19

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 23 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

5 STUDIO IDRAULICO

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 degli ambiti di attraversamento in esame.

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. 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 per assicurare la sussistenza di condizioni di stabilità per la condotta e l'assenza di eventuali interferenze tra questa ed i fenomeni associati al deflusso di piena.

Lo schema utilizzato nello studio per la determinazione dei profili idrici è quello di moto permanente monodimensionale (deflusso costante e geometria variabile), con corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture), variazioni di forma dell'alveo e di pendenza longitudinale del fondo compatibili con il modello. I limiti dello studio sono quelli intrinseci del modello di calcolo e che le valutazioni idrauliche sono condotte comunque in riferimento ad un tratto limitato del corso d'acqua.

I criteri ed i modelli di calcolo utilizzati per le verifiche idrauliche in moto permanente derivano dall'applicazione del software HEC-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 (*ante-operam*), che a quella di fine lavori (*post-operam*). Ciò in quanto, con i lavori di costruzione del metanodotto (infrastruttura lineare interrata) non verranno apportate al corso d'acqua alterazioni tali da modificarne le condizioni attuali di deflusso della corrente.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 24 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

5.2 Assetto geometrico e modellazione idraulica

5.2.1 Assetto geometrico di modellazione

Al fine di eseguire la modellazione idraulica nell'ambito di riferimento è stato considerato un tronco fluviale idraulicamente significativo a cavallo delle interferenze in esame da parte del metanodotto (nello specifico 16° e 17° attraversamento), per uno sviluppo complessivo di oltre 1.4 km.

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. Detto volo è stato eseguito nel Settembre 2022, in condizioni di assenza pressoché totale di acqua nel corso d'acqua e pertanto nella situazione ottimale per la corretta individuazione della configurazione d'alveo.

In aggiunta si pone in evidenza che, nel Giugno 2023 (dopo che si sono verificati gli eventi di piena del Maggio 2023 sui corsi d'acqua Romagnoli), è stato eseguito un ulteriore volo Lidar lungo il tracciato del metanodotto (per i primi 50 km di sviluppo). Dall'analisi di raffronto tra i risultati nei termini morfologici tra i 2 voli Lidar si è avuto modo di riscontare che nell'ambito fluviale in esame non si sono verificate delle evoluzioni significative. Inoltre il volo più recente (quello del 2023), essendo stato eseguito in presenza significativa di acqua in alveo, è stato ritenuto meno indicato per rappresentare adeguatamente la configurazione d'alveo.

Entrando nello specifico, nella figura seguente si riporta una planimetria con il Modello Digitale del Terreno, nella quale l'asta del corso d'acqua considerata nella modellazione idraulica è indicata in colore blu, le sezioni trasversali sono riportate in colore magenta e gli ambiti di attraversamento in esame sono schematicamente indicati con dei cerchi in celeste.

La RS1462 coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; invece, la sezione RS23 rappresenta quella di valle.

Inoltre il 16° attraversamento ricade tra le RS1234 e RS1052; mentre il 17° attraversamento ricade in prossimità della RS154.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 25 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

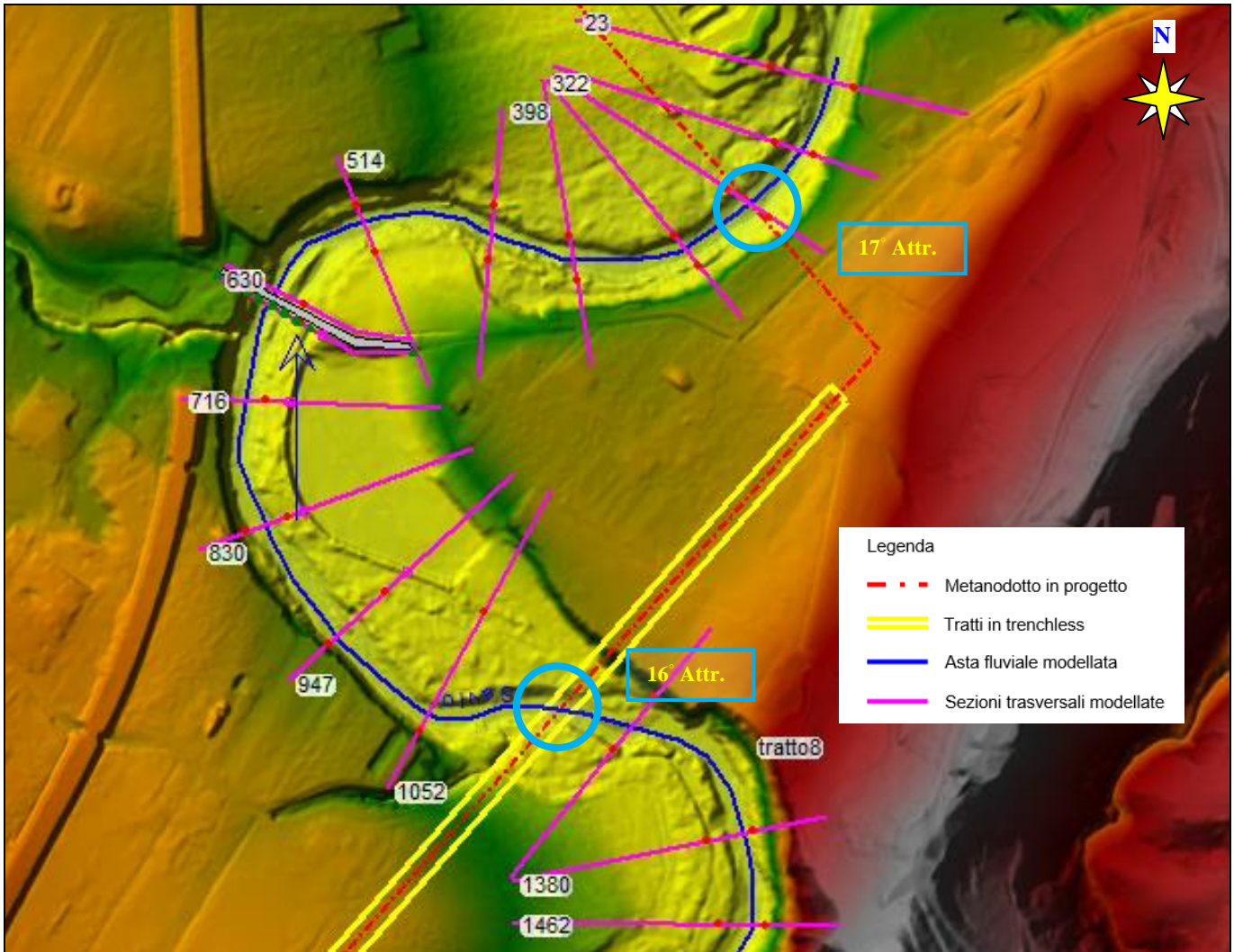


Fig.5.2/A: Schermata del DTM, con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione


5.2.2 Dati di Input e condizioni al contorno

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

- $Q_{200}=1269.6 \text{ m}^3/\text{s}$

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.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 26 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

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 fluviale in esame (corso d'acqua naturale, con andamento tortuoso e con presenza in alveo di ciottolame, blocchi lapidei ed affioramenti del substrato semilitoide). Ossia:

- 0,040 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,055 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 Chl (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
1462	1269.6	898.94	45.5	52.39	50.91	52.92	0.0021	3.68	484.01	137.13	41.00	5.95	119.13	0.48
1380	1269.6	846.78	45.16	52.24		52.73	0.0022	3.62	508.68	155.62	42.10	5.56	117.42	0.49
1234	1269.6	1059.70	44.57	52.08		52.45	0.0013	2.92	543.75	133.6	58.20	6.23	73.88	0.37
1052	1269.6	1169.13	44.53	52		52.21	0.0009	2.09	675.91	180.95	119.80	4.66	41.48	0.31
947	1269.6	796.93	44.24	51.95	49.29	52.11	0.0007	2.08	783.64	169.34	66.70	5.74	38.32	0.28
830	1269.6	574.56	43.62	51.89	49.78	52.03	0.0006	2.16	890.49	187.64	37.90	7.03	38.47	0.26
716	1269.6	636.56	43.6	51.74	49.84	51.95	0.0008	2.53	761.2	168.11	34.90	7.22	52.92	0.30
630	1269.6	1200.80	43.31	50.65	49.22	51.73	0.0034	4.71	286.63	71.37	42.90	5.94	194.46	0.62
620	Bridge													
616	1269.6	970.54	43.18	51		51.45	0.0014	3.33	533.99	142.07	42.70	6.83	92.71	0.41
514	1269.6	1142.95	42.6	50.38		51.21	0.0028	4.23	366.26	105.32	44.80	6.03	157.34	0.55
398	1269.6	1033.05	42.35	50.27		50.86	0.0022	3.7	439.59	117.91	47.50	5.88	120.44	0.49
322	1269.6	804.20	42.4	50.33		50.66	0.0012	3.03	625.58	162.91	39.50	6.72	77.54	0.37
223	1269.6	683.53	42.24	50.27		50.52	0.0010	2.82	722.18	190.96	35.10	6.89	66.72	0.34
154	1269.6	733.51	41.9	50.25		50.44	0.0007	2.38	829.53	217.22	45.00	6.84	47.51	0.29
90	1269.6	698.53	41.79	50.11		50.38	0.0011	2.91	715.81	203.67	35.00	6.85	71.2	0.36
23	1269.6	1259.15	41.56	49.6	47.45	50.24	0.0025	3.54	377.43	133.34	70.12	5.07	117.08	0.50

Nella tabella di “output”, i parametri riportati assumono i significati qui di seguito specificati.

River Station:	Numero identificativo della sezione;
Q Total:	Portata complessiva defluente nell'intera sezione trasversale;
Q Chan:	Portata defluente nel canale principale (alveo attivo)
Min. Ch Elev:	Quota minima di fondo alveo;
W.S. Elev:	Quota del pelo libero;
Crit W.S.:	Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della curva dell'energia);
E.G. Elev:	Quota della linea dell'energia per il profilo liquido calcolato;
E.G. Slope:	Pendenza della linea dell'energia;

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 27 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

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);

Nella figura seguente si riporta uno stralcio del Modello Digitale del Terreno, sul quale sono riportate le aree inondabili individuate nella modellazione idraulica.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 28 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

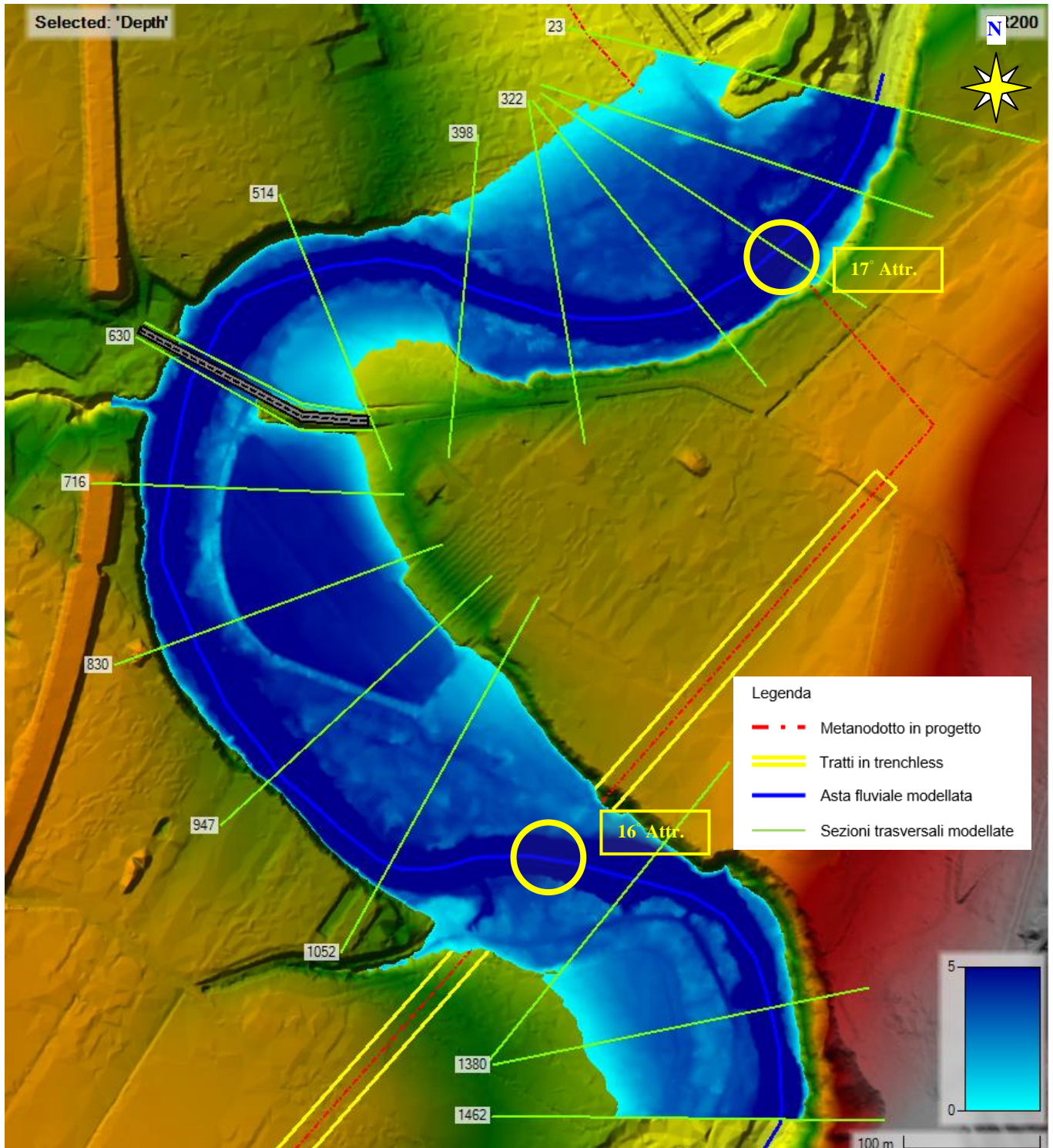


Fig.5.3/A: DTM, con individuazione delle aree inondabili (profondità in m)

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

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 29 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

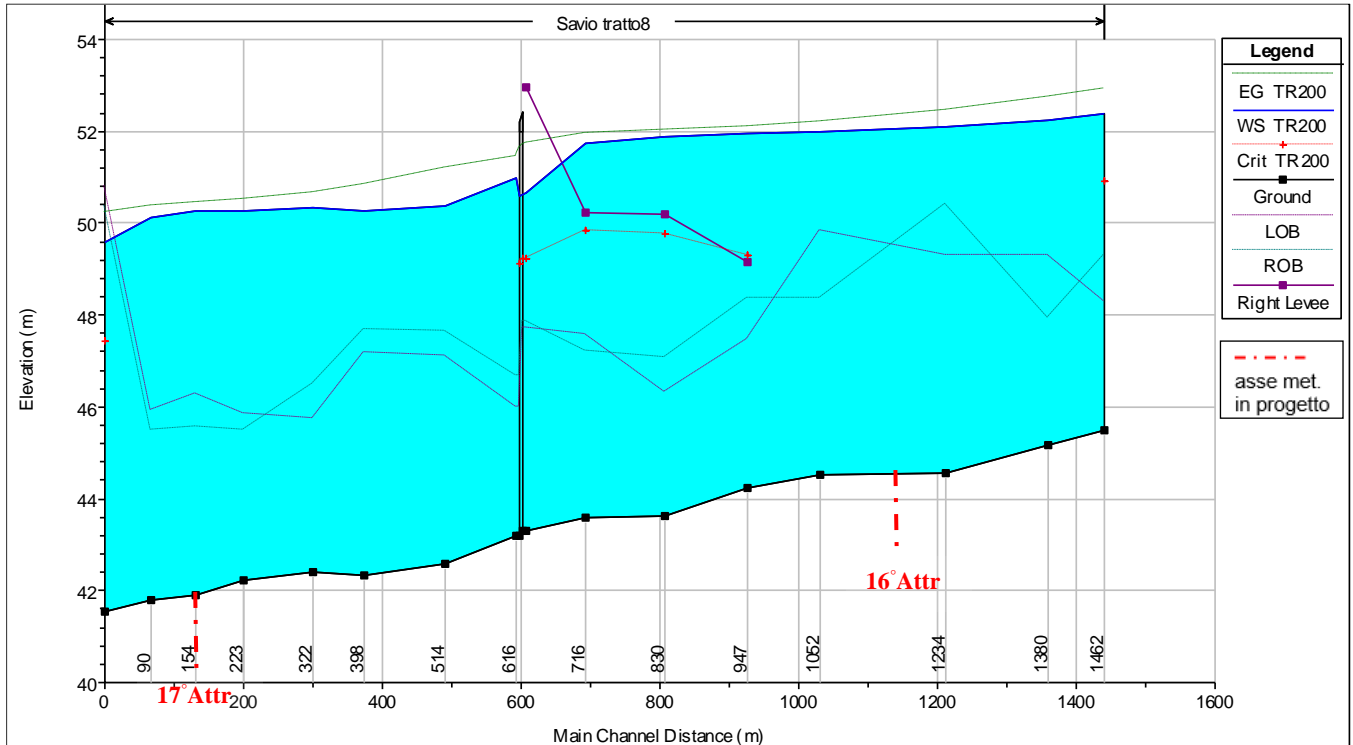
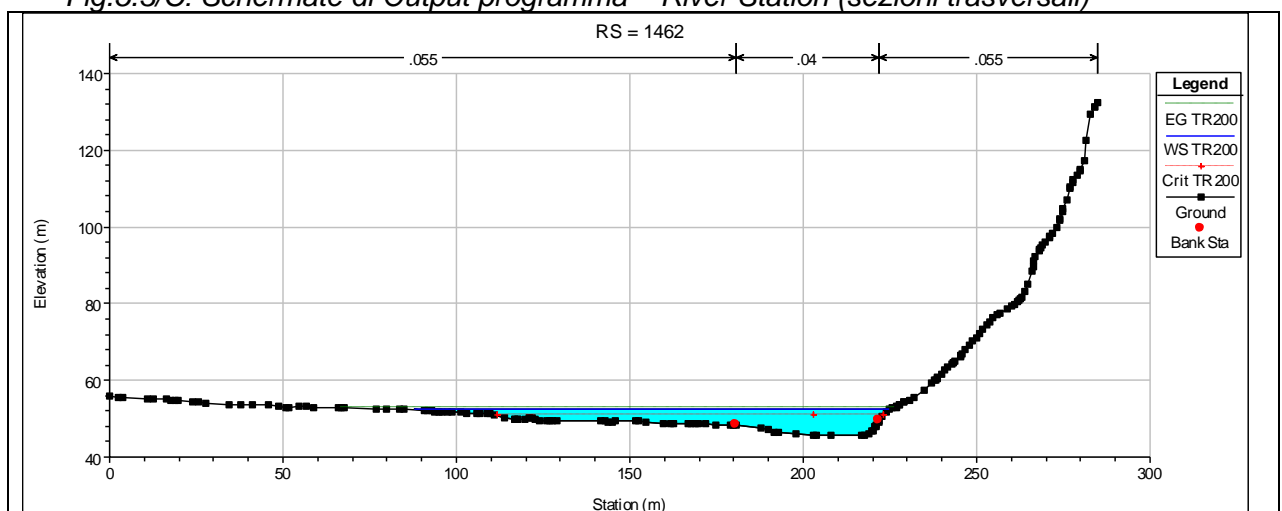



Fig.5.3/B: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale

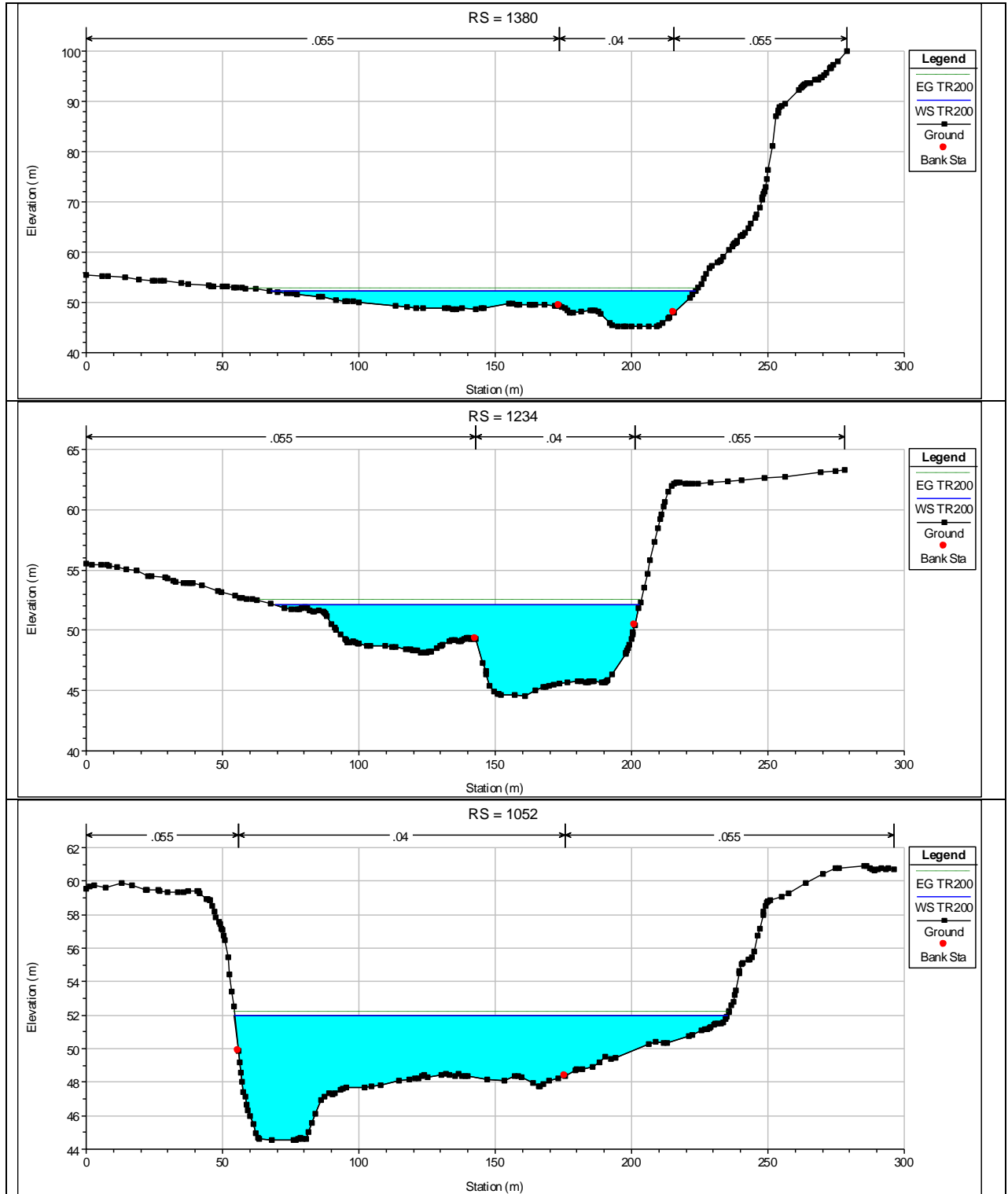
Infine nella figura seguente si riportano le schermate di output delle varie sezioni di calcolo (River Station) considerate nelle elaborazioni idrauliche (partendo dalla sezione di monte e procedendo sino a quella di valle).

Fig.5.3/C: Schermate di Output programma – River Station (sezioni trasversali)



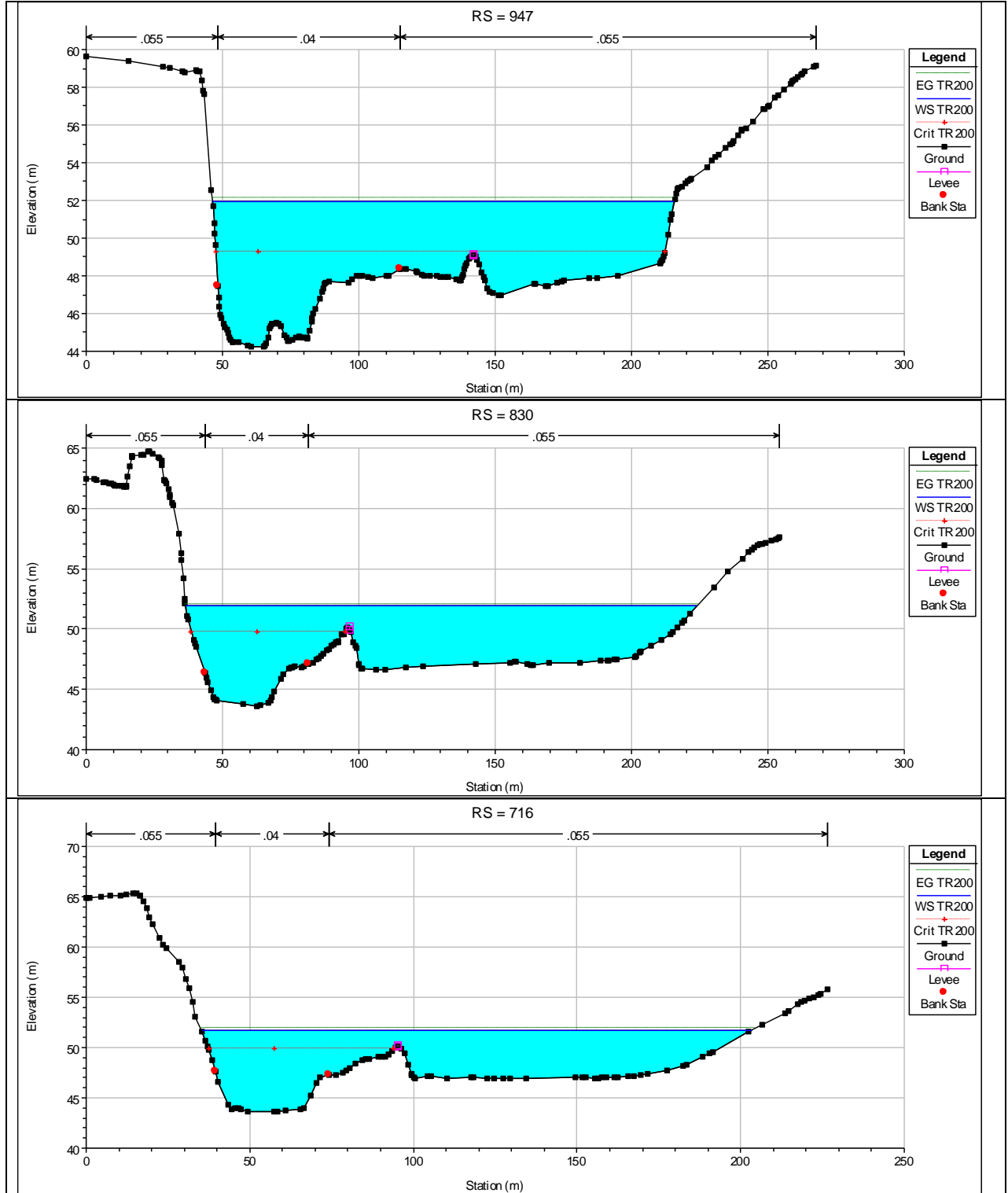
	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 30 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



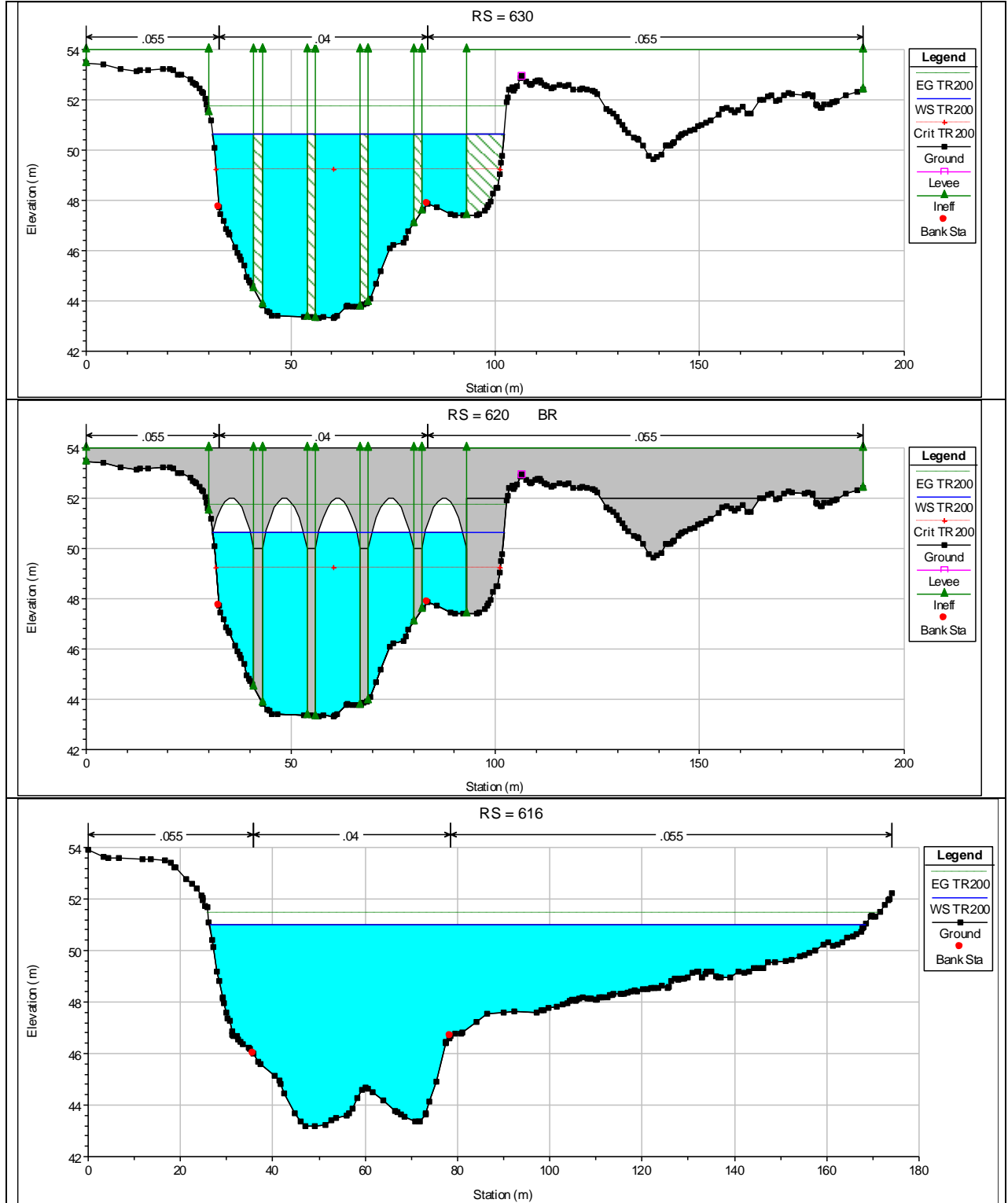
	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 31 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



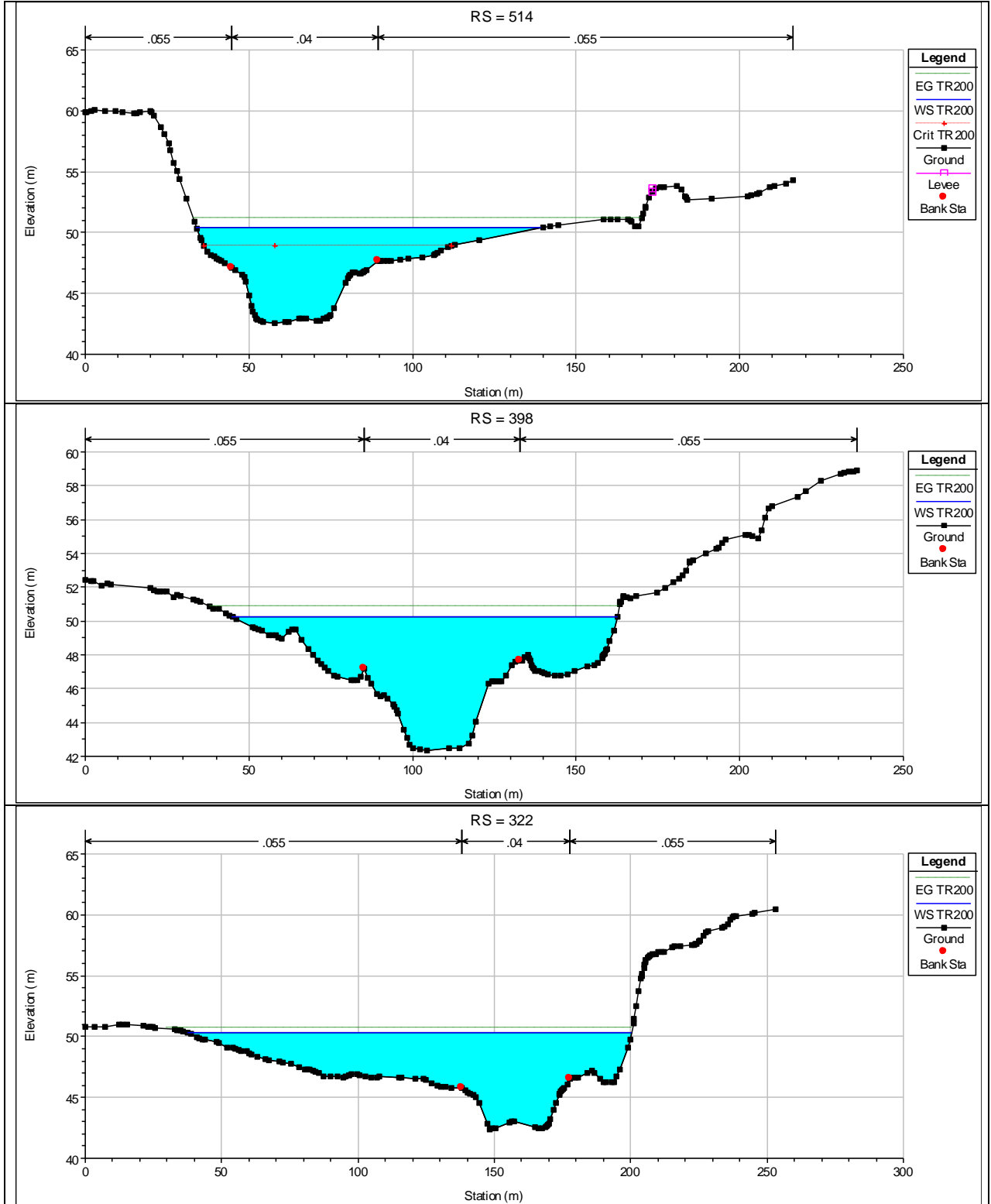
	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 32 di 77	Rev. 0


Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



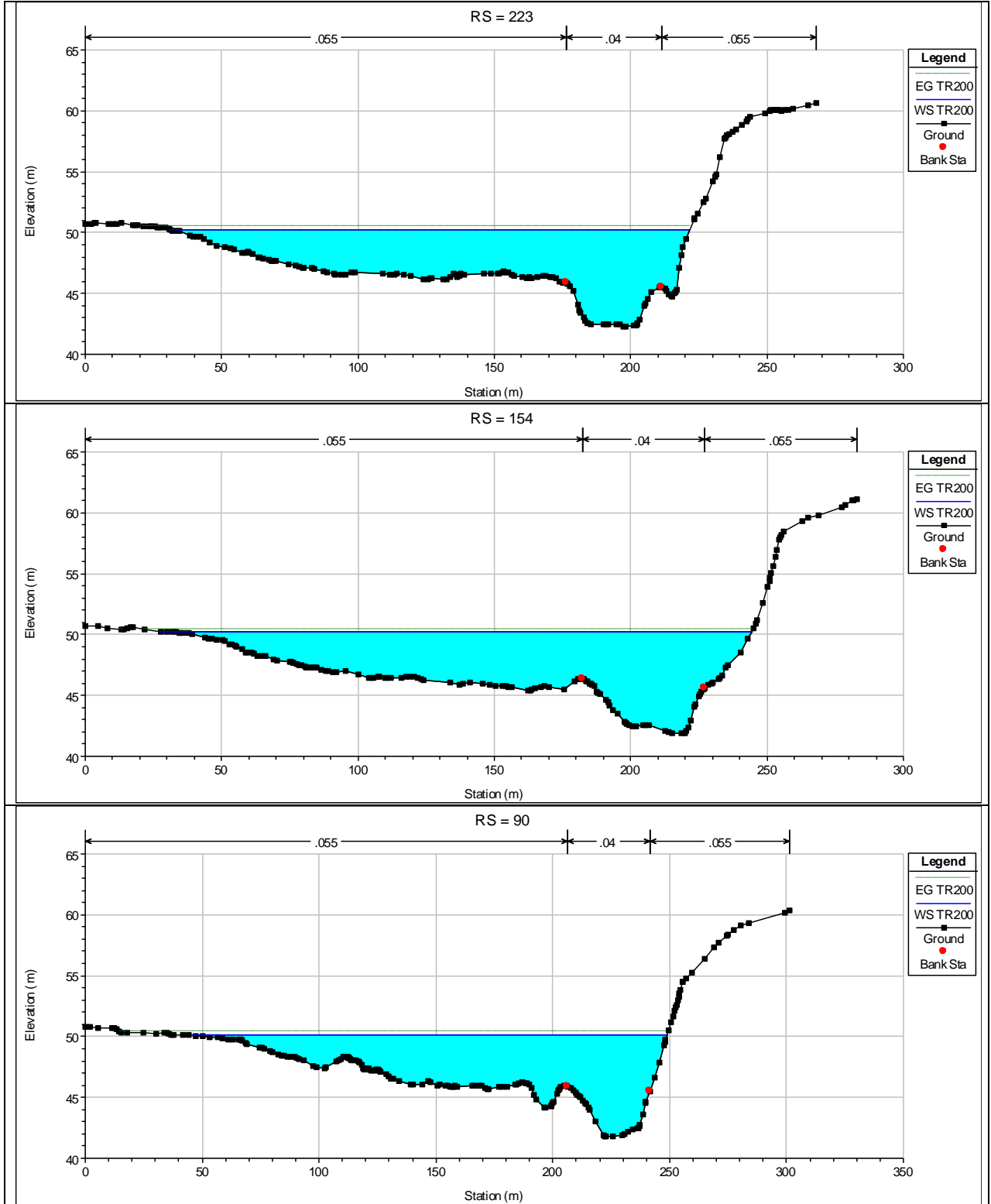
	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 33 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



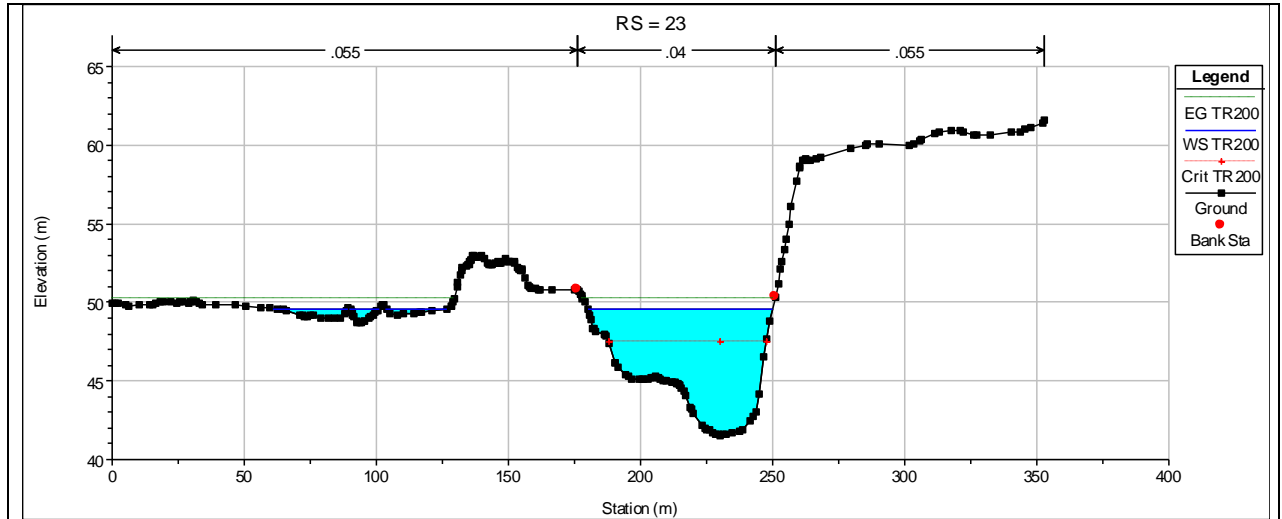
	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 34 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 35 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



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 rappresentative per illustrare i risultati delle elaborazioni.

Pertanto, dall'esame dei risultati della simulazione idraulica, si rileva che nel tronco idraulico analizzato, in occasione dell'evento di piena di progetto (portata duecentennale), oltre all'alveo ordinario (individuabile planimetricamente nella Fig.5.3/A con la colorazione "blu intenso"), viene inondata tutta la vallecola nell'intorno del corso d'acqua, confinata dai versanti e dalle scarpate laterali. In particolare nel tratto iniziale e finale del tronco d'alveo analizzato le esondazioni si rilevano nel lato in sinistra idrografica; per tutto il tratto intermedio, le esondazioni s'individuano nel lato in destra idrografica.

Le velocità di deflusso in alveo della corrente assumono in generale dei valori intorno ai 3÷4 m/s; con punte superiori ai 4 m/s nei pressi del ponte di San Carlo.

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 NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 36 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

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

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 37 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

valore che un eventuale approfondimento potrebbe raggiungere rispetto alla quota media iniziale del fondo, interessando quindi la quota di collocazione della condotta.

6.2 Criteri di calcolo

Approfondimenti localizzati

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

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

Fra i modelli più noti atti a determinare il valore dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota iniziale del fondo alveo durante la manifestazione di piene (Schoklitsh, Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsh¹ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici ed è quella maggiormente impiegata (con risultati soddisfacenti) per gli attraversamenti in subalveo di corsi d'acqua da parte delle condotte (soprattutto nel campo dei metanodotti).

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

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

dove:

- **S** è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- **H** = $h_o + v^2/2g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- **h_o** = 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.

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

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 38 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Nel primo caso si tratta della formazione di canali effimeri di fondo alveo sotto l'azione di vene particolarmente veloci.

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

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

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

dove

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

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 NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 39 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Considerazioni sui metodi di calcolo impiegati

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

Sulla base delle esperienze acquisite, ossia sulla base dei riscontri conseguiti nel tempo, i risultati sono assolutamente positivi. Infatti, dall'analisi storica, problematiche di erosioni in alveo che hanno determinato la scopertura di condotte si sono verificate solo in rarissimi casi correlabili a situazioni estremamente particolari e non previste 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, eventualmente unitamente all'individuazione di franchi di sicurezza (valutati anche in funzione delle condizioni peculiari rilevati nel contesto d'intervento), consentono di garantire all'infrastruttura lineare in progetto condizioni di sicurezza adeguate nei confronti dei processi erosivi di fondo alveo.

6.3 Stima dei massimi approfondimenti attesi in alveo




Premessa

In corrispondenza del tronco d'alveo che si sviluppa tra le RS398 e RS23 (all'interno del quale ricade l'ambito relativo al 17° attraversamento del corso d'acqua), s'individua la presenza del substrato semilitoide (costituito da marne, con strati di arenarie) affiorante o sub-affiorante. Infatti, in detto ambito di studio, si rileva ripetutamente il substrato in corrispondenza delle scarpate spondali e frequentemente s'individuano degli affioramenti anche direttamente sul fondo del corso d'acqua. Inoltre, anche nei brevi tratti di letto fluviale in cui s'individua "a vista" esclusivamente del materiale alluvionale, l'analisi del contesto nell'immediato intorno, fa ritenere che lo spessore della coltre di deposito sia molto ridotto (presumibilmente inferiore al metro).

In considerazione di quanto sopra esposto, risulta del tutto evidente che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento sopra citato, la valutazione degli approfondimenti in alveo con gli algoritmi esposti nel paragrafo precedente (in quanto riferiti a situazioni di corsi d'acqua con letto fluviale costituito da materiale sciolto) determina il conseguimento di risultati palesemente sovrabbondanti ed oggettivamente non realistici per il contesto in esame.

Ciononostante, in maniera prudenziale, per il 17° attraversamento si valuteranno comunque le erosioni in considerazione delle formule proposte nel par.6.2, tuttavia adottando un coefficiente riduttivo del 50% (appunto per tener conto della presenza del substrato ad una profondità esigua).

Si ritiene che i valori dei risultati derivanti da questa metodologia di calcolo siano da considerare conservativi nei confronti della situazione reale di erosione nel contesto fluviale in esame.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 40 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Per quanto concerne il tratto iniziale del tronco d'alveo analizzato nello studio (tra le RS1462 e RS947, all'interno del quale ricade il 16° attraversamento), dai sopralluoghi effettuati si è avuto modo di riscontrare la presenza di coltre di deposito di materiale alluvionale. In detto ambito le valutazioni delle erosioni in alveo verranno, dunque, eseguite in considerazione delle formule di cui al par.6.2 ed ovviamente senza l'impiego di alcun coefficiente riduttivo.

Valutazione degli approfondimenti in alveo

Le valutazioni dei fenomeni erosivi sono state eseguite in riferimento all'evento di piena di progetto 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 (ed in considerazione di un coefficiente riduttivo del 50%, per quanto concerne il tratto terminale entro cui ricade il 17° attraversamento). La nona e la decima colonna rappresentano rispettivamente i valori relativi agli approfondimenti localizzati e alle arature di fondo.

Le righe con campitura in grigio si riferiscono alle sezioni più prossime agli ambiti di attraversamento in esame nel presente elaborato.

Tab. 6.3/A: Erosioni nel fondo alveo

River Station	Q Total (m3/s)	Q Chan (m3/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)	Ambito di Interferenza
1462	1269.6	898.94	3.68	41.00	5.95	21.93	6.64	3.09	2.98	
1380	1269.6	846.78	3.62	42.10	5.56	20.11	6.23	2.91	2.78	16° Attr.to
1234	1269.6	1059.70	2.92	58.20	6.23	18.21	6.66	2.91	3.12	16° Attr.to
1052	1269.6	1169.13	2.09	119.80	4.66	9.76	4.88	2.07	2.33	16° Attr.to
947	1269.6	796.93	2.08	66.70	5.74	11.95	5.96	2.41	2.87	
830	1269.6	574.56	2.16	37.90	7.03	15.16	7.27	2.85	3.52	
716	1269.6	636.56	2.53	34.90	7.22	18.24	7.55	3.08	3.61	
630	1269.6	1200.80	4.71	42.90	5.94	27.99	7.07	3.44	2.97	
620	Bridge									
616	1269.6	970.54	3.33	42.70	6.83	22.73	7.40	3.28	3.42	
514	1269.6	1142.95	4.23	44.80	6.03	25.51	6.94	3.31	3.02	
398	1269.6	1033.05	3.7	47.50	5.88	21.75	6.58	1.53	1.47	
322	1269.6	804.20	3.03	39.50	6.72	20.36	7.19	1.56	1.68	
223	1269.6	683.53	2.82	35.10	6.89	19.47	7.30	1.55	1.72	17° Attr.to
154	1269.6	733.51	2.38	45.00	6.84	16.30	7.13	1.45	1.71	17° Attr.to
90	1269.6	698.53	2.91	35.00	6.85	19.96	7.28	1.56	1.71	17° Attr.to
23	1269.6	1259.15	3.54	70.12	5.07	17.96	5.71	1.35	1.27	

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 41 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

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.

Tab.6.3/B: Diametro limite dei clasti trasportabili

River Station	Shear Chan (N/m2)	Diametro limite clasti trasportati (m)
1462	119.13	0.14
1380	117.42	0.14
1234	73.88	0.09
1052	41.48	0.05
947	38.32	0.05
830	38.47	0.05
716	52.92	0.06
620	Bridge	
630	194.46	0.23
616	92.71	0.11
514	157.34	0.18
398	120.44	0.14
322	77.54	0.09
223	66.72	0.08
154	47.51	0.06
90	71.2	0.08
23	117.08	0.14

6.4 Analisi dei risultati e considerazioni progettuali

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente alle sezioni più prossime al 16° attraversamento del metanodotto in progetto, le massime erosioni attese al fondo alveo, in concomitanza dell'evento di piena di progetto, si attestano intorno a valori dell'ordine dei 3 m.

Invece dall'analisi dei risultati relativi alle sezioni più prossime al 17° attraversamento del metanodotto in progetto, le massime erosioni attese al fondo alveo, in concomitanza dell'evento di piena di progetto, si attestano intorno a valori dell'ordine dei 1,7 m.

La corrente, inoltre, risulta in alcuni tratti potenzialmente in grado di movimentare dei "clasti liberi" (ossia non inclusi in scogliere e/o rivestimenti d'alveo) del diametro equivalente di circa 0,15÷0,20 m.

In relazione ai valori di erosione individuati nel presente capitolo, nonché in considerazione dei riscontri diretti derivanti dalle analisi in campo si assegna, in maniera conservativa, come copertura minima di progetto per il 17° attraversamento del Savio (profondità della giacitura superiore della tubazione, nei confronti della quota minima di fondo alveo) il valore di 3,0m. Si ritiene che detto valore di copertura sia adeguatamente

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 42 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

cautelativo al fine di garantire la sicurezza all’infrastruttura lineare in progetto nei confronti dei processi erosivi di fondo alveo.

Invece, per quanto concerne il 16° attraversamento si assegna, in maniera conservativa, come copertura minima di progetto (profondità della giacitura superiore della tubazione, nei confronti della quota minima di fondo alveo) il valore di **10m**. Questo valore di copertura non deriva da valutazioni inerenti alle erosioni d’alveo, bensì da considerazioni geometriche connesse alla configurazione della trivellazione prevista in corrispondenza dell’ambito di attraversamento esame.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 43 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

7 16° ATTR.TO SAVIO - METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Metodologia costruttiva: Direct Pipe

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

In tal senso l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, ambientali, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'attraversamento in esame (16° attraversamento del Savio) ha condotto alla individuazione del sistema di attraversamento mediante trivellazione con la tecnica della "Direct Pipe", che consiste in una soluzione in sotterraneo che prevede la messa in opera del metanodotto contestualmente alla fresatura del terreno.

Tale sistema operativo è stato individuato nel caso specifico al fine di superare unitamente in trivellazione oltre all'alveo del Savio, anche lo strappo morfologico che si individua in destra idrografica del corso d'acqua.

Detta tecnica costruttiva consente, dunque, di evitare le interferenze con il regime idraulico del corso d'acqua (anche durante le fasi costruttive) e sostanzialmente di eliminare gli impatti sul territorio della regione fluviale.

7.2 Configurazioni geometriche di progetto

La definizione geometrica del tunnel (e quindi della condotta), viene effettuata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della messa in opera della condotta.

È necessario infatti, assicurare adeguate profondità della trivellazione al di sotto dell'alveo rispettando allo stesso tempo i raggi di curvatura minimi consentiti dalla tubazione di linea, sia in termini di sollecitazioni indotte nel terreno che nei riguardi delle operazioni di varo della condotta.

Geometria d'attraversamento

Il profilo di trivellazione è caratterizzato da una configurazione costituita da 1 arco di circonferenza nel tratto centrale e da 2 tratti rettilinei alle estremità.

Qui di seguito vengono descritte le caratteristiche geometriche del profilo di trivellazione.

- lunghezza dello sviluppo complessivo della trivellazione: di circa 726 metri (di cui 244m circa relativamente al tratto curvilineo e complessivamente circa 482m per i due tratti rettilinei di estremità);
- raggio di curvatura del tratto curvilineo pari a $R=1400m$;
- la copertura minima della generatrice superiore della condotta rispetto alle quote di fondo alveo del corso d'acqua risulta essere di circa 10 m;
- la postazione di partenza (pozzo di spinta) è posta nel lato in sinistra idrografica del corso d'acqua, ad una distanza (misurata lungo l'asse della trivellazione) di oltre 300m dalla sponda sinistra del corso d'acqua e presenta una profondità di circa 4m;
- la postazione di arrivo è invece posta nel lato in destra idrografica, ad una distanza di circa 350m dalla sponda destra del corso d'acqua;

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 44 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Tale configurazione di progetto consente di realizzare la trivellazione ad adeguate profondità nei confronti del fondo alveo; nonché di eseguire le postazioni di estremità con appropriati distacchi di sicurezza dall'alveo del corso d'acqua.

Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto (DIS. 10-LB-20E-81405).

7.3 Descrizione della tecnica della “Direct Pipe”

7.3.1 Generalità sul sistema costruttivo

Il sistema consiste nell'avanzamento progressivo di una testa di perforazione cilindrica posizionata direttamente in testa alla condotta.

L'intera stringa di condotta da posare (o parti di essa), viene assemblata prima dell'inizio delle operazioni di perforazione.

La forza di spinta necessaria all'avanzamento della testa fresante è applicata sulla superficie laterale della condotta (testa della stringa) attraverso un sistema idraulico di spinta chiamato “Pipe Thruster”.

Detto sistema idraulico, ubicato nella postazione di perforazione, trasmette la spinta alla condotta per mezzo di pinze “clamps”, di dimensioni adeguate, spingendo la stessa nel foro di alloggiamento mediante una “pista di varo” opportunamente inclinata.

La spinta fornita dai cilindri idraulici viene trasmessa per attrito attraverso una porzione il più ampia possibile della superficie laterale della condotta in modo che il rivestimento di protezione della tubazione non venga danneggiato. Il “Pipe Thruster” viene saldamente ancorato al terreno per mezzo di un'appropriata piastra di fondazione.

L'approvvigionamento energetico necessario alla testa fresante è garantito da linee di collegamento flessibili, alloggiato all'interno della condotta prima dell'inizio delle operazioni di avanzamento. Dette linee, inoltre, consentono i collegamenti con la cabina di manovra (container comandi) per il controllo della direzionalità del foro nonché il trasporto dei fanghi sporchi “slurry” (dal fronte scavo all'impianto di separazione) e dei fanghi puliti di perforazione (verso la testata di perforazione) (cfr. Fig. 7.3/A).

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 45 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



Fig.7.3/A: Schema illustrativo della postazione di trivellazione all'inizio della perforazione [Herrenknecht AG]

Come accennato in precedenza, il “Pipe Thruster” spinge, attraverso il tubo di processo, la testa fresante nel terreno secondo un determinato angolo di inclinazione. In analogia con quanto avviene nel caso di tecnologia microtunnelling, la direzione può essere prefissata o variata, all’occorrenza, contestualmente alle operazioni di avanzamento. Il monitoraggio in tempo reale della posizione e della direzionalità della testa di perforazione sono effettuati per mezzo di un sistema giroscopico che assicura una precisione di poco superiore ad un centimetro in direzione verticale e di pochi centimetri in direzione orizzontale.

Così come avviene nel caso del microtunnelling, le caratteristiche della testata di trivellazione vengono scelte sulla base delle condizioni geotecniche del terreno.

L’allontanamento del terreno di scavo è effettuato in sospensione all’interno di una miscela di bentonite erogata per mezzo di un tubo di alimentazione (in mandata) e pompata, attraverso un tubo convogliatore, verso la stazione di separazione dove il terreno viene separato dalla miscela bentonitica che può quindi essere riutilizzata per l’esecuzione dello scavo.

La testa di perforazione ha un diametro maggiore rispetto alla condotta da posare; tale “overcut” che si viene a determinare tra la superficie esterna della tubazione e la parete del foro, riempito con il fluido di perforazione, è necessario per prevenire il collasso del foro stesso e per diminuire sensibilmente le forze di attrito che si oppongono all’avanzamento della perforazione.

Utilizzando la tecnologia “Direct Pipe”, la dimensione del “overcut” risulta essere estremamente contenuta ed approssimativamente pari a 5 cm.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 46 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Una volta completata la perforazione, verranno dapprima scollegati dalla condotta e successivamente rimossi, sia la testa di perforazione che il “Pipe Thrust”, agendo attraverso le postazioni di recupero e di perforazione.

Potranno quindi essere recuperati, dall’interno della condotta, i tubi di collegamento ed, infine, si potrà procedere alla realizzazione dei collegamenti tra la condotta posata tramite “Direct Pipe” ed il resto della linea al fine di conferire continuità dell’infrastruttura lineare di trasporto (cfr. Fig. 7.3/B).



Fig.7.3/B: Rimozione della testa di perforazione dopo la posa della condotta [Herrenknect AG]

7.3.2 Principali caratteristiche della Direct Pipe

Vengono elencate di seguito le caratteristiche principali della metodologia Direct Pipe:

- La tubazione è direttamente e definitivamente alloggiata all’interno del foro scavato;
- La testa fresante può essere dotata delle adeguate strumentazioni per far fronte alle più disparate condizioni geotecniche del terreno di scavo;
- L’ampio raggio di curvatura evita eventuali stress al metanodotto;
- Il volume di slurry è ridotto ed anche la quantità di terreno scavato è ridotto al minimo;
- Grazie alla continuità di lavoro del “Pipe Thrust”, gli effettivi tempi di perforazione sono contenuti.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 47 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

7.3.3 Componenti principali del sistema Direct Pipe

I principali componenti per la metodologia esecutiva del Direct Pipe sono i seguenti:

- Testa fresante;
- tubi di collegamento tra testa fresante e condotta;
- equipaggiamenti installati all'interno della condotta, tubi di alimentazione, equipaggiamenti di sicurezza;
- unità per la direzionalità della testa fresante;
- unità di spinta "Pipe Thruster";
- anello di tenuta;
- unità di miscelazione e separazione dei fanghi di perforazione;
- tratto di condotta da posare;

Testa fresante

Il terreno sul fronte scavo viene tagliato da "cutters" di cui è dotata la testa fresante di caratteristiche adeguate alle caratteristiche geotecniche attese per il terreno di scavo.

Il fronte scavo è sostenuto per mezzo di una miscela di acqua e bentonite e la direzionalità della testa fresante può essere effettuata sia in presenza di terreni molto resistenti, conglomerati e rocce, che terreni incoerenti (sabbie e ghiaie).

Sul fronte scavo viene applicata una pressione alla miscela di perforazione (con la possibilità di disporre di valori più elevati) con lo scopo di evitare l'adesione del fronte scavo sulla testa di perforazione, consentire la rimozione diretta del terreno allentato dall'azione tagliente ed evitare l'infiltrazione di terreno nell'"overcut" della condotta.

In questo modo lo "slurry" (terreno di scavo in sospensione con la miscela bentonitica) viene incanalato sul retro e all'interno della testa fresante con una pressione di 7-9 bar e una portata di 200-500 litri/min.

L'impatto e la turbolenza cui è sottoposto il materiale, assicurano la rimozione ottimale dello "slurry".

La figura seguente illustra come il terreno viene rotto/allontanato dai cutters sul fronte di scavo della testa fresante, quindi viene frantumato all'interno del cono di frantumazione e pompato, in sospensione nella miscela acqua-bentonite, dal retro della fresa all'esterno della condotta, verso l'unità di trattamento, attraverso una condotta "di rimozione dello slurry"

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 48 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

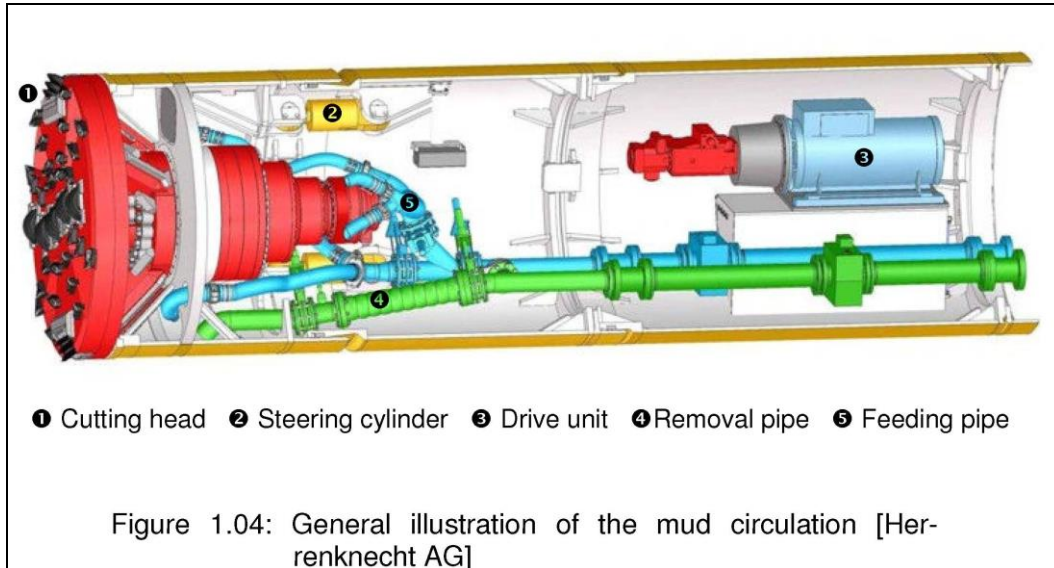


Fig.7.3/C: Schema della circolazione dei fanghi di perforazione (1 testa fresante, 2 cilindro per la guida dello scudo, 3 unità per il controllo direzionale, 4 Condotta per la rimozione dello slurry, 5 Condotta di alimentazione del fango di perforazione)

Il momento torcente viene trasmesso dalla testa fresante al terreno per attrito. Al fine di poter evitare la trasmissione di tensioni torsionali lungo l'asse longitudinale, dalla TBM alla tubazione e viceversa, la TBM è collegata alla pipeline per mezzo di un giunto cardanico girevole.

Segmenti di collegamento tra testa fresante e condotta

Fino a tre segmenti di tubi di collegamento possono essere installati, tra la testa fresante e la condotta, al fine di migliorare la manovrabilità della testa fresante rispetto alle resistenze causate dalla presenza della pipeline retrostante.

Connessioni specifiche tra i tubi di collegamento garantiscono la trasmissione degli sforzi di compressione e di trazione rendendo allo stesso tempo possibili curvature sia sul piano orizzontale che su quello verticale.

La disponibilità di cilindri di “guida dello scudo” e la presenza di un “giunto attivo” incrementano ulteriormente l'ampiezza della “sterzata” della testa fresante.

Equipaggiamenti installati all'interno della pipeline, tubi di alimentazione, equipaggiamenti di sicurezza.

Tutti i tubi e i cavi di collegamento tra la testa fresante e la postazione di trivellazione sono installati all'interno della pipeline per mezzo di speciali selle disposte su carrelli in modo da consentire il loro scorrimento evitando il contatto diretto con la superficie interna della condotta al fine di prevenire qualsiasi danneggiamento del rivestimento interno della stessa.

Inoltre, la presenza delle selle su rulli fa sì che i tubi e i cavi possano all'occorrenza essere facilmente rimossi e smontati utilizzando un cavo trainato per mezzo di un argano.

Una batteria di veicoli guidati e su ruote è montata all'interno della condotta in modo che sia possibile il trasporto sicuro di persone e materiali all'interno della stessa. A fronte

	PROGETTISTA  	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 49 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

degli spazi angusti disponibili, in accordo ai criteri di sicurezza e alle sperimentazioni delle autorità tedesche BG e TÜV, il personale può accedere in condizioni di sicurezza alla testa fresante, attraverso la condotta.

Unità per la gestione della testa fresante

L'unità per la gestione remota della fresa (container comandi), nel caso di “Direct Pipe”, si differenzia da quella corrispondente utilizzata nell’ambito della realizzazione di microtunnel. Specificatamente, viene utilizzata, di base, un’unità AVN per microtunnel, integrata con speciali componenti per la direzionalità, la navigazione e il monitoraggio. In particolare è prevista la gestione del “Pipe Thrust”, il giunto “attivo” e il flusso di miscela bentonitica.

Tutte le principali operazioni connesse al controllo della fresa vengono effettuate in modalità remota all’interno del container comandi: potranno così essere azionati, in qualsiasi momento, i pistoni idraulici, le pompe ed i motori mentre movimenti, pesi, distanze, inclinazioni e posizioni potranno essere regolati, misurati e registrati.

Tutti i compiti di controllo e di gestione del sistema sono svolti da un operatore esperto ed il relativo processo viene eseguito da uno o più pistoni idraulici sulla base di dati ottenuti per mezzo di un sistema elettronico combinato con un sistema a giroscopio.

Sulla base dei dati rilevati con questi due dispositivi, la posizione tridimensionale della macchina è determinata e visualizzata in relazione al profilo di progetto predefinito.

Per mezzo di questa strumentazione è possibile ottenere un’estrema precisione per effettuare la modifica direzionale con una curvatura elastica ammissibile e per puntare il target di uscita della trivellazione.

Unità di spinta e di tiro (Pipe Thruster)

Il “Pipe Thruster” è in grado di trasferire le forze di trazione e/o di spinta per mezzo delle forze di attrito esercitate da “clamps” sulla superficie laterale della condotta (in grado di movimentarlo sia in avanti che indietro). Modificando la geometria delle “clamps”, il “Pipe Thruster” è in grado di movimentare la condotta da 20” a 60” di diametro.

I due martinetti idraulici laterali sono in grado di fornire un avanzamento della pipeline di 5 m /min, con un’escursione massima dei pistoni di 5 m ed una capacità di sforzo assiale da 5000 kN a 7500kN a seconda del tipo di unità.

La “clamp” e i martinetti idraulici sono impernati in modo da consentire sia piccole che elevate inclinazioni sull’orizzontale.

Il peso complessivo del “Pipe Thrust” varia da 45 a 60 ton a seconda del tipo ed è smontabile in moduli per un facile trasporto.

Il “Pipe Thruster” deve essere saldamente connesso al basamento di fondazione in modo da consentire la precisione direzionale e trasferire in fondazione gli sforzi di costruzione.

La fondazione consisterà in una piastra in c.a. connessa ad opere di fondazione profonde (pali trivellati o micropali) e dovrà presentare caratteristiche di resistenza tali che non si possano verificare cedimenti o deformazioni sia nella struttura che nel terreno di fondazione, tali da inficiare la necessaria precisione direzionale richiesta al sistema.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 50 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



Fig.7.3/D: Pipe Thruster, presentata Hannover nel 2006 [Herrenknecht]

Sostegno del sovra-scavo anulare

Al fine di ridurre gli sforzi assiali per l'avanzamento (causati dall'attrito tra la tubazione e il terreno) è necessario creare uno strato lubrificante. Detto strato si crea utilizzando una fresa avente diametro leggermente superiore alla tubazione da mettere in opera e riempiendo il sovra-scavo anulare con liquidi lubrificanti.

La creazione del gap anulare è indispensabile per facilitare le operazioni di infilaggio della condotta, pertanto, la testa fresante e gli elementi tubolari retrostanti sono a geometria conica con una progressiva riduzione di diametro.

Direttamente dietro la testa di taglio, ad esempio, una miscela di acqua e bentonite viene immessa in pressione come lubrificante nel gap anulare.

Nella zona di transizione tra il tubo adattatore e la pipeline, l'overcut" anulare è completamente essere riempito con lubrificante (bentonite in sospensione di acqua).

Per evitare un'incontrollata penetrazione di lubrificanti nel suolo o il collasso del foro anulare durante l'avanzamento, la miscela bentonitica viene mantenuta costantemente ad una prestabilita pressione idrostatica collegando il foro riempito ad un serbatoio esterno a livello controllato. La pressione viene mantenuta nel foro grazie ad un anello di tenuta presente sulla sezione iniziale della trivellazione.

Unità di ricircolo

L'unità di ricircolo, disposta all'interno di container prefabbricati, è usata da una parte, per produrre la miscela bentonitica che, pompata attraverso pompe d'alimentazione, serve, in funzione delle diverse condizioni geologico – geotecniche, a sostenere il fronte di scavo ed il sovrascavo anulare; dall'altra è usata per separare lo slurry in modo tale che il terreno possa essere separato e la miscela bentonitica riutilizzata. La miscela da riutilizzare verrà verificata in ordine alla sua composizione ed eventualmente addizionata con ulteriore bentonite o ad altre sostanze ambientalmente compatibili.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 51 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

7.3.4 Attività terminali (collaudo condotta e ripristini)

Collaudo idraulico della condotta

Il tratto di condotta interessato dall'attraversamento sarà sottoposto ad una prova idraulica in opera con una pressione pari ad 1,3 volte la pressione massima di esercizio (MOP = 75 bar).

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

Ripristini

Al termine delle operazioni di collegamento dalla condotta varata con i tratti già posati a monte e a valle dell'attraversamento, si procederà allo sgombero delle aree di lavoro e al loro ripristino per la restituzione delle aree alle normali attività agricole.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 52 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

8 17° ATTR.TO SAVIO – METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

8.1 Premessa

La definizione del progetto dell'attraversamento in esame (17° e ultimo attraversamento del Savio) 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, sono state definite le scelte progettuali inerenti agli aspetti qui di seguito elencati:

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

8.2 Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto

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

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 tubazione mediante la metodologia degli "scavi a cielo aperto".

Infatti, in attraversamenti come quello in esame, che non necessitano dell'applicazione di differenti metodologie (per la 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, eventuali ostacoli incontrati nelle fasi di scavo, o variazioni di progetto in corso d'opera, generalmente non costituiscono delle problematiche tali da inficiarne la fattibilità o la corretta esecuzione.

Generalità sul sistema costruttivo

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 di eventuali opere di protezione idraulica.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo di esecuzione, alle portate di deflusso attese nel corso delle operazioni esecutive ed alla

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 53 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

durata delle attività, l'organizzazione operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- *Lavori in continuità con quelli di linea.* Nell'attraversamento di corsi d'acqua "non particolarmente significativi" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia del territorio ed a rischi di tipo operativo), o di corsi d'acqua, seppur significativi, tuttavia caratterizzati da significativi periodi magra o di "secca". In tali condizioni, i lavori di scavo, di posa e di 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 di cantiere.
- *Lavori di attraversamento con cantierizzazione specifica.* Nell'attraversamento di corsi d'acqua importanti, invece, si procede con l'istituzione di uno specifico cantiere, svincolato dalla cantierizzazione generale del metanodotto. In questi attraversamenti fluviali, al fine di rendere le lavorazioni più agevoli, sicure e rapide possibili, vengono stabiliti tempi specifici d'intervento ricadenti nei periodi di magra del corso d'acqua o comunque nei periodi in cui le portate medie attese non sono particolarmente significative.

Le sequenze operative da adottare per lo svolgimento delle attività devono essere, comunque, adattate alle caratteristiche peculiari del corso d'acqua da attraversare (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia del territorio d'intervento ed a rischi di tipo operativo).

In generale, per l'attraversamento di corsi d'acqua di rilevante e/o di media importanza (che normalmente presentano delle ampiezze d'alveo, comunque, significative), le attività verranno eseguite per tratti successivi ed in considerazione di fasi chiuse (ossia completando le lavorazioni di scavo, di posa della condotta e di rinterro per ogni singolo tratto, prima dell'inizio delle stesse relativamente al tratto successivo), adottando degli interventi temporanei di deviazione del flusso, che verranno adattati nel corso dei lavori, con lo scopo di operare sempre nelle condizioni favorevoli.

Ossia, preliminarmente dell'inizio della fase di scavo, si procede ad effettuare una parzializzazione dell'alveo (per un'ampiezza non superiore alla semi-larghezza del letto fluviale), realizzando dei by-pass costituiti da dei tomboni e/o degli argini, delle ture, ecc., in modo da deviare il flusso e consentire il normale deflusso delle acque in una porzione d'alveo.

Nella restante porzione d'alveo (dove risulta possibile operare nelle condizioni pseudo-asciutte) si eseguono i lavori di scavo, di posa e di rinterro della condotta, nonché si realizzano tutte le eventuali opere di presidio idraulico previste in progetto nel contesto specifico.

Quindi, ultimate le lavorazioni nel 1° tratto d'intervento, si provvederà ad adattare le conformazioni dei by pass, in modo da orientare le acque di deflusso proprio nel tratto in cui si è già intervenuto e dunque poter procedere operativamente nel tratto successivo (avendo esclusivamente la cura di lasciare gli spazi tecnici per eseguite le operazioni di saldatura con il tratto di condotta già posata).

Il numero dei tratti d'intervento (in cui procedere per fasi chiuse), per i corsi d'acqua particolarmente ampi potrebbero essere anche maggiori di 2 e verrà stabilito, dunque, in relazione alla specificità del contesto fluviale d'intervento.

In taluni casi, invece, si ha la necessità di dover attraversare dei piccoli corsi d'acqua, nonché caratterizzati da un assetto morfologico molto inciso e da un'ampiezza d'alveo alquanto ristretta. In questo caso l'elemento principale di criticità per lo svolgimento delle

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 54 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

lavorazioni è rappresentato dalla scarsa disponibilità di spazi, che non consentono l'esecuzione di interventi di deviazione del flusso idraulico.

In questi casi si procede normalmente con la preparazione “fuori opera” del cosiddetto “cavallo”, che consiste nell'assemblare e saldare le barre e le curve stampate della tubazione secondo la configurazione geometrica di progetto.

Poi viene realizzata la trincea di scavo nelle scarpate laterali e nel fondo alveo (eventualmente anche in presenza d'acqua), con la conformazione idonea alla posa della condotta. Quindi, mediante l'ausilio di mezzi idonei, viene posizionata la condotta all'interno della trincea, e vengono eseguite le operazioni di rinterro e di realizzazione dei presidi spondali previsti in progetto.

A volte, nonostante trattasi in generale di corsi d'acqua minori, si può rilevare comunque la presenza di un deflusso idraulico di una certa significatività. In tal senso, per eseguire correttamente le lavorazioni, può risultare opportuno effettuare, preliminarmente alle lavorazioni di scavo, il convogliamento del deflusso idraulico in un tombone da collocare longitudinalmente al corso d'acqua. In detti casi si rileva la complicazione di dover eseguire gli scavi e le operazioni di posa del cavallo con la presenza del tombone.

Per quanto detto e/o in considerazione che si possono individuare anche delle situazioni sopra espressamente non contemplate, si ribadisce che risulta molto importante adattare le sequenze alle caratteristiche peculiari del corso d'acqua da attraversare. In tal senso, si pone in evidenza che, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa esecutrice, preso atto del contesto d'intervento ed in relazione alle attrezzature ed i macchinari disponibili, deve presentare (per approvazione) alla Direzione dei Lavori una specifica relazione con la descrizione dettagliata delle “procedure operative” che intende adottare.

Risulta onere dell'impresa, anche la presentazione del POS (Piano operativo di Sicurezza), il quale dovrà essere conforme in considerazione delle misure di prevenzione, dei sistemi di preallertamento, e delle disposizioni operative (soprattutto nel caso di manifestazione di un evento di piena) previsti nel PSC (Piano di sicurezza e di coordinamento). Il POS dovrà essere formalmente accettato ed approvato dal CEL (Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori).

In ogni caso, a prescindere dal contesto fluviale in cui si ricade e dalle procedure operative previste, si precisa che durante le fasi operative i mezzi ed il personale presenti in alveo dovranno essere quelli strettamente necessari per l'esecuzione dei lavori, con deposito di attrezzature e macchinari 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.

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

Infine si precisa che, 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.

Pertanto, a 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 (posa della condotta, con ripristino dell'assetto morfologico preesistente), non si prevede alcuna variazione significativa delle condizioni

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 55 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

di scabrezza 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 ininfluenza sulle condizioni di deflusso delle portate del corso d'acqua.

8.3 Scelte Progettuali

8.3.1 Copertura in subalveo di progetto

Relativamente al profilo di posa della condotta in progetto in subalveo in corrispondenza dell'attraversamento in esame, in considerazione dei risultati conseguiti negli studi idraulici precedentemente riportati e delle condizioni peculiari rilevate nel contesto d'intervento e delle opere di presidio idraulico previste, è stato previsto di posizionare la condotta in progetto con una copertura minima in alveo di circa 3 m (riferita alla profondità della generatrice superiore del tubo nei confronti della quota minima di fondo alveo).

Detta profondità di posa della condotta assicura una adeguata sicurezza dell'infrastruttura lineare per tutto il periodo d'esercizio nei confronti dei potenziali processi erosivi di fondo alveo.

8.3.2 Interventi di ripristino

Le opere di difesa idraulica previste nell'ambito fluviale in esame sono:

- n.1 scogliera in massi ciclopici naturali, a protezione della sponda destra del corso d'acqua (da realizzare per tutta la fascia interessata dai lavori).

Per quanto concerne, invece, la sponda sinistra, essendo molto svasata, si è scelto di prolungare fuori dall'alveo il tratto di condotta con posa al livello di copertura d'alveo e poi prevedere il ripristino della configurazione morfologica preesistente (senza dunque la necessità di realizzare alcun intervento di presidio spondale).

Detti interventi assicureranno, dunque, il ripristino della configurazione morfologica d'alveo preesistente ed un'efficace funzione di stabilizzazione locale della sponda destra del corso d'acqua 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 interessata dai lavori. 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. 10-LB-35E-81416).

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 56 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

9 VERIFICA STABILITÀ OPERE IN MASSI NEI CONFRONTI DEL TRASCINAMENTO (della corrente)

9.1 Premessa

Nel capitolo precedente è stato evidenziato che, al termine dei lavori di posa della condotta, in corrispondenza dell'ambito relativo al 17° attraversamento del Savio, è stata prevista la realizzazione di un'opera di presidio idraulico in massi, costituita da una scogliera per la protezione della sponda destra del corso d'acqua.

In tal senso, nel presente capitolo, si vuole procedere ad eseguire le verifiche di stabilità dell'opera in massi prevista in progetto, nei confronti delle azioni di trascinamento indotte dalla corrente idraulica (per il contesto in esame) in considerazione dell'evento di piena di progetto (piena 200-ennale).

A tal proposito, nei paragrafi seguenti si riportano, inizialmente, le descrizioni delle modalità di calcolo considerate per le verifiche di stabilità dei massi nei confronti delle azioni idrodinamiche della corrente agenti al fondo alveo e nei paramenti inclinati delle sponde.

Successivamente, vengono riportati i risultati delle verifiche a trascinamento inerenti all'opera in massi prevista nell'ambito del 17° attraversamento del Savio.

9.2 Metodologia di analisi

9.2.1 Verifica trascinamento al fondo alveo

In letteratura sono disponibili varie formule per la stima della stabilità dei materiali di assegnata granulometria sottoposti all'azione di trascinamento della corrente.

Questi metodi si basano sulla determinazione dei valori critici della velocità o delle tensioni tangenziali (intesi come valori che corrispondono alle condizioni di moto incipiente per il materiale considerato) e sul confronto con i valori reali di tali grandezze.

Sono senza dubbio preferibili le analisi basate sul confronto delle tensioni tangenziali di trascinamento esercitate dalla corrente sul materiale costituente il letto fluviale con i valori critici.

Tale criterio di verifica delle condizioni di stabilità sul letto fluviale, consiste dunque nel controllare che sia verificata la condizione qui di seguito riportata:

$$\tau_{cr} \geq \tau_0 \quad [9.1]$$

dove:

τ_{cr} la tensione tangenziale critica [kg/m²];

τ_0 la tensione tangenziale esercitata dalla corrente sul materiale costituente il letto fluviale [kg/m²];

La tensione tangenziale esercitata dalla corrente τ_0 viene valutata tramite la seguente espressione:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot i \quad [9.2]$$

dove:

γ peso specifico dell'acqua [kg/m³];

R raggio idraulico della sezione in esame [m];

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 57 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

i pendenza della linea dell'energia (o del fondo alveo) a cavallo della sezione in esame [m/m];

Il valore critico τ_{cr} che mobilita un masso di diametro d con peso specifico γ_s in assenza di coesione ed in regime turbolento può essere determinato mediante l'espressione riferita alla teoria della tensione tangenziale critica (Shields, 1936). Ossia la valutazione della forza che determina il moto incipiente dei granuli è esprimibile in termini generali con la seguente relazione che esprime una condizione di equilibrio:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = \Theta(\text{Re}^*)$$

ovvero:

$$\tau_{cr} = \Theta(\text{Re}^*) \cdot (\gamma_s - \gamma) \cdot d \quad [9.3]$$

dove:

$\Theta(\text{Re}^*)$ parametro adimensionale (di Shields) dipendente dalle caratteristiche dei granuli e del letto fluviale e dal numero di Reynolds (Re^*) relativo alla velocità di attrito ($u^* = \sqrt{\tau_{cr}/\rho}$).

γ_s peso specifico del masso [kg/m^3];

γ peso specifico dell'acqua [kg/m^3];

d diametro del granulo (diametro equivalente del masso) [m];

La suddetta condizione di equilibrio è stata tradotta in termini empirici da osservazioni sperimentali, ciascuna caratterizzata da limiti e campi di applicabilità specifici che ne condizionano l'utilizzo.

In particolare, alcuni autori hanno individuato valori empirici specifici del parametro adimensionale di Shields:

$\Theta = 0.060$ nella espressione originale di Shields per $\text{Re}^* > 400$;

$\Theta = 0.116$ nella espressione di Kalinske. In sostanza l'autore modifica il parametro adimensionale di Shields in considerazione di un fattore di compattezza del materiale rappresentante l'effetto di mutuo incastro delle particelle (dei massi);

In aggiunta, molto interessante risulta la formulazione proposta da Armanini (1990), la quale è applicabile quando la dimensione del materiale è dello stesso ordine di grandezza del tirante idrico (si parla di sommergezza relativa bassa).

L'autore ha osservato che in questo caso la mobilità dei grani si riduce sensibilmente e pertanto ha modificato l'espressione [9.3] della formulazione originale di Shields, introducendo un termine che implementa il valore del τ_{cr} .

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma)d} = 0,06 \left[1 + 0,67 \left(\frac{d}{h} \right)^{0,5} \right] \quad [9.4]$$

(h = profondità)

Pertanto, in riferimento alle espressioni sopra riportate, risulta possibile verificare le condizioni di stabilità del materiale di fondo del letto fluviale.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 58 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

9.2.2 Verifica trascinamento sulle sponde

Per la verifica nei confronti dell'azione di trascinamento degli elementi lapidei costituenti i presidi spondali, si eseguono valutazioni analoghe a quanto riportate nel paragrafo precedente. In questo caso la verifica delle condizioni di stabilità degli elementi nelle sponde, consiste nel controllare che sia verificata la condizione qui di seguito riportata:

$$\tau_{cr,s} \geq \tau_{0,s} \quad [9.5]$$

dove:

$\tau_{0,s}$ la tensione tangenziale esercitata dalla corrente sul materiale costituente le sponde del corso d'acqua [kg/m²]. Sulla base di valutazioni sperimentali (Lane et alii) eseguite sulla distribuzione delle tensioni tangenziali nell'ambito di una generica sezione a forma trapezoidale, si è osservato che la tensione tangenziale agente sulle sponde può essere assunta pari al 75% di quella agente sul fondo alveo (di cui al paragrafo precedente).

$\tau_{cr,s}$ la tensione tangenziale critica sulle sponde [kg/m²];

Per il calcolo della tensione tangenziale critica relativa alle sponde $\tau_{cr,s}$ viene utilizzata l'espressione di seguito riportata (Lane 1953), che consente di correlare la $\tau_{cr,s}$ al τ_{cr} (di fondo alveo), in funzione di α (inclinazione della sponda) e di φ (angolo di attrito del materiale di sponda).

$$\tau_{cr,s} = \tau_{cr}(0) \cdot \eta = \tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}(0) \left[\cos\alpha \sqrt{1 - \frac{\text{tg}^2\alpha}{\text{tg}^2\varphi}} \right] \quad [9.6]$$

dove:

$\tau_{cr,s} = \tau_{cr}(\alpha)$: la tensione tangenziale critica sulle sponde [kg/m²];

$\tau_{cr} = \tau_{cr}(0)$: la tensione tangenziale critica al fondo alveo [kg/m²];

η : coefficiente riduttivo (<1) di τ_{cr} , al fine di valutare di $\tau_{cr,s}$;

α : pendenza della sponda;

φ : angolo di attrito dei massi costituenti la sponda;

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 59 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

9.3 Risultati delle verifiche a trascinamento

9.3.1 Considerazioni preliminari

Le verifiche, i cui i risultati sono stati riportati nel prospetto di cui al paragrafo seguente, sono state eseguite in considerazione dei presupposti di calcolo qui di seguito esplicitati.

- Relativamente alla tensione tangenziale esercitata dalla corrente τ_0 (di cui alla formula [9.2]), il programma di calcolo utilizzato per la modellazione idraulica del tronco fluviale in esame (HEC RAS), consente di valutare direttamente questo parametro (Shear Channel). Pertanto, questo valore è stato estrapolato direttamente dal prospetto riepilogativo dei risultati delle elaborazioni idrauliche (cfr. Tab.5.3/A), avendo esclusivamente la cura di uniformare le unità di misura di riferimento;
- per la valutazione tensione tangenziale critica al fondo τ_{cr} è stata utilizzata l'espressione proposta da Shields (di cui alla formula [9.3]). Le modalità costruttive previste per la realizzazione delle opere di presidio idraulico in esame (che prevedono la posa di ciascun elemento con la massima cura al fine di garantire il reciproco incastro con i massi adiacenti già collocati, in modo da creare un manufatto solidale e compatto), consentono di tenere conto del mutuo incastro tra massi costituenti l'opera stessa e pertanto risulta opportuno considerare il paramento adimensionale Θ proposto da Kalinske. Tuttavia, a livello conservativo, nei calcoli di verifica è stato considerato un paramento adimensionale Θ valutato come media tra il valore proposto da Shields (per elementi liberi) e quello proposto da Kalinske (per elementi con mutuo incastro reciproco), ossia è stato considerato $\Theta = (0.06+0.116) / 2 = 0.088$;
- per la valutazione della tensione tangenziale critica al fondo τ_{cr} , a livello conservativo, non è stato considerato il discorso della “sommersione relativa bassa” (di cui alla formula di Armanini [9.4]);
- le opere di presidio idraulico presi in esame nel presente elaborato sono costituite da massi ciclopici di pezzatura media non inferiore a 0.7 m^3 , a cui corrisponde un diametro della sfera equivalente pari a 1,1 m. Pertanto, i calcoli di verifica di seguito riportati sono stati eseguiti in considerazione di questa pezzatura dei massi;
- per quanto concerne l'angolo di attrito delle scogliere in massi, la valutazione è stata eseguita sulla base delle esperienze dirette, ossia in considerazione dei numerosi riscontri in opere di questa tipologia già effettuate per la posa dei metanodotti Snam. Infatti, si è osservato che in svariate scogliere realizzate con paramento sub-verticale (ossia con inclinazione $\geq 75^\circ$ dall'orizzontale) non si sono riscontrate problematiche di dislocamento degli elementi, anche successivamente il verificarsi di eventi sismici e/o fenomeni di piena significativi dei corsi d'acqua. In tal senso si ritiene che l'angolo di attrito delle scogliere (previste in considerazione dei tipologici Snam e dunque con la tipologia di massi e con le metodologie costruttive sopra indicate), intenso come l'angolo di massimo declivio del paramento in massi in condizioni statiche (senza azioni esterne), possa essere assunto, in maniera prudenziale, pari ad almeno 65° ;

Per quanto concerne gli altri parametri impiegati per i calcoli di verifica, si rimanda alla visione del prospetto di calcolo riportato nel paragrafo seguente.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 60 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

9.3.2 17° Attr.to Savio – Risultati verifiche a trascinamento

Qui di seguito si riporta il prospetto di calcolo di verifica a trascinamento dei massi relativamente all'ambito di attraversamento in esame. In particolare per quanto concerne il valore assunto per lo Shear Channel (ossia per la tensione tangenziale agente) è stato considerato il valore massimo tra quelli relativi alle RS223, RS154 e RS90 (di cui alla Tab.5.3/A), che sono le sezioni posizionate in corrispondenza e/o in prossimità dell'ambito di attraversamento in esame.

Corso d'acqua:		Fiume Savio
Sezione di studio:		17° Attr.to Met. DN1200
τ_{θ}	Tensione tangenziale agente al fondo [kg/m2]	
	tensione tangenziale esercitata agente al fondo (da HEC RAS) [N/m2]	71.2
	tensione tangenziale esercitata agente al fondo [kg/m2]	7.26
τ_{cr}	Tensione tangenziale critica al fondo [kg/m2]	
γ_s	peso specifico del masso [kg/m3]	2500
γ_w	peso specifico dell'acqua [kg/m3]	1000
d	diametro equivalente medio dei massi [m]	1.1
Θ	parametro adimensionale - Media tra i valori proposti da Shields e da Kalinske [-]	0.088
	tensione tangenziale critica al fondo [kg/m2] (formula [9.3])	145.20
VERIFICA TRASCINAMENTO AL FONDO		
τ_{cr}	$\geq \tau_{\theta}$? : SI - VERIFICA SODDISFATTA	
τ_{θ_s}	Tensione tangenziale agente sulle sponde [kg/m2]	
	pari al 75% della tensione agente al fondo alveo	5.45
τ_{cr_s}	Tensione tangenziale critica sulle sponde [kg/m2]	
α	pendenza della sponda [°]	45
α	pendenza della sponda [rad]	0.7854
ϕ	angolo d'attrito interno dell'opera in massi [°]	65
ϕ	angolo d'attrito interno dell'opera in massi [rad]	1.1344
η	fattore riduttivo nei confronti del valore critico al fondo	0.626
	Tensione tangenziale critica sulle sponde [kg/m2] (formula [9.6])	90.83
VERIFICA TRASCINAMENTO SULLE SPONDE		
τ_{cr_s}	$\geq \tau_{\theta_s}$? : SI - VERIFICA SODDISFATTA	

La verifica al trascinamento al fondo (riferita alla fondazione del presidio spondale) è soddisfatta.

La verifica al trascinamento lungo le sponde (riferita al presidio spondale – paramento in elevazione) è soddisfatta.

Pertanto, non si rilevano problematiche connesse al trascinamento dei massi da parte della corrente nell'ambito fluviale in esame.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 61 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

10 VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA

10.1 Premessa

L'ambito fluviale specificatamente in esame nel presente elaborato è collocato all'interno del territorio dell'ex Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, la quale è stata soppressa (ai sensi del DM 25/10/2016 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - MATTM), ed è attualmente confluita (con trasferimento delle competenze), come Unit of Management (UoM ITR081 - Unità di Gestione, ambito territoriale di riferimento), nell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po.

10.2 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.

10.2.1 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.

10.2.2 Strumenti di "Pianificazione territoriale"

Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

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.

Per quanto concerne alle aree potenzialmente inondabili per effetto dell'esondazione dei corsi d'acqua naturali ricadenti nel territorio della UoM "Regionali Romagnoli" e per l'individuazione delle azioni finalizzate alla riduzione della pericolosità e del valore e della vulnerabilità degli elementi esposti a rischio, nel PGRA vengono recepiti gli elaborati del PAI (redatto dell'ex Autorità di Bacino), in considerazione delle modalità illustrate nella "Relazione per la Variante di coordinamento tra il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni e il Piano Stralcio per il Rischio". Pertanto gli elaborati del PAI continuano ad applicarsi, sia come norme, che come perimetrazioni.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 62 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dei Bacini Regionali Romagnoli

Il "Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dei Bacini Regionali Romagnoli", che affronta in maniera organica per tutto il territorio di competenza le tematiche del rischio idraulico (Titolo II) e del dissesto dei versanti (Titolo III), è stato adottato in forma di progetto fin dal 27 aprile del 2001 ed approvato dalla Giunta Regionale il 17 marzo 2003 (DGR 350/2003).

La "Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico", ha completato il quadro della pianificazione, è stata approvata dal Comitato Istituzionale il 20 ottobre 2003.

Tale piano è stato oggetto di successive varianti, soprattutto di carattere locale ma in qualche caso anche di carattere generale. Per quanto riguarda l'assetto della rete idrografica, fra queste ultime varianti spicca, per importanza, la "Variante cartografica e normativa al Titolo II: Assetto della rete idrografica", approvata dalla Giunta Regionale il 19 dicembre 2011 (DGR 1877/2011).

Infine, si segnala che il Piano, con delibera 2/2 del 7/11/2016, è stato oggetto di Variante cartografica e normativa di "Coordinamento PAI-PGRA" tra il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni e il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico. La Variante è stata approvata con Delibera Giunta Regionale n. 2112 del 05 dicembre 2016.

Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Forlì - Cesena e di Ravenna

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Forlì – Cesena è stato approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.68886/146 del 14/09/2006.

La variante integrativa al piano provinciale è stata adottata con delibera di Consiglio Provinciale n. 29974/42 del 30/03/2009 ed approvata con delibera del Consiglio Provinciale n. 70346/146 del 19/07/2010, entrata in vigore il giorno 4/08/2010.

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna è redatto secondo le disposizioni della L.R. 20/2000 e ss. mm. e ii.

Con deliberazione del Consiglio Provinciale n. 24 del 22 marzo 2011 è stata approvata la variante al PTCP in attuazione del Piano di Tutela delle Acque (approvato dalla Regione Emilia-Romagna con delibera dell'Assemblea Legislativa Regionale 21/12/05 n. 40).

10.2.3 Disposizioni e Misure di salvaguardia in ambiti a pericolosità idraulica

Disciplina del Piano di Gestione Rischio Alluvioni PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po

La Disciplina del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, stabilisce che per gli ambiti censiti a pericolosità da alluvioni nel PGRA vengano considerate le misure di salvaguardia previste nelle N.A. dei PAI).

I Decreti del Segretario Generale 291 e 292 del 10 Settembre del 2020 dispongono che per le aree che potrebbero essere interessate da alluvioni oggetto di nuova individuazione nell'aggiornamento delle "Mappe della pericolosità e del rischio alluvioni" del Distretto idrografico del fiume Po, si applicano le disposizioni di cui al Titolo V delle NA del PAI del Po, di cui alla Parte Terza delle NA del PAI Delta, e di cui alle NA dei PAI dei Bacini Reno, Romagnoli e Conca Marecchia nonché alle successive "Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di bacino".

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 63 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Norme di Piano PAI - Sintesi dei contenuti

La tematica del rischio idraulico nel territorio di competenza è regolamentata nell'ambito del Titolo II della Normativa del "Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico" dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli (testo coordinato con gli adeguamenti introdotti dalla "Variante di coordinamento PAI-PGRA" - DGR 2112/2016).

Nell'ambito delle definizioni riportate nell'art.2 della Normativa, si riportano alcune di quelle maggiormente significative per gli argomenti in esame (definizioni integrate con le informazioni desunte dalla Relazione di Variante di coordinamento PAI-PGRA):

-) Alveo (Art.2 ter): quale ambito territoriale di maggiore tutela. Spazio di terreno nel quale defluisce la piena ordinaria; è costituito da una porzione incisa, interessata dalle portate più modeste, da aree di espansione, esterne all'alveo inciso, inondabili con piene ordinarie e da porzioni di territorio, morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, potenzialmente riattivabili o interessabili dalle sue naturali divagazioni; per i corpi idrici arginati costituiscono parte integrante dell'alveo anche le arginature fino al loro piede esterno;

-) Aree ad elevata probabilità di esondazione (Art.3): spazio di terreno interessabile dalla piena di progetto con tempo di ritorno (TR) non superiore a 30 anni, valutato convenzionalmente con le procedure di analisi adottate dall'Autorità di Bacino.

-) Aree a moderata probabilità di esondazione (Art.4): spazio di terreno interessabile esclusivamente dalla piena di progetto con tempo di ritorno (TR) non superiore a 200 anni, valutato convenzionalmente con le procedure di analisi adottate dall'Autorità di Bacino.

-) Aree di potenziale allagamento (Art.6): aree interessabili da allagamenti per insufficienza del reticolo dei corsi d'acqua minori e di bonifica; nelle aree di potenziale allagamento sono comprese anche le aree nelle quali si possono verificare allagamenti per fuoriuscita delle piene dei corsi d'acqua principali di pianura, in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore ai 200 anni, a seguito del sormonto degli argini, al di fuori della fascia interessata da effetti dinamici connessi al collasso di arginature;

Nell'ambito dell'art 2ter vengono disciplinati gli interventi consentiti all'interno degli alvei. In particolare nel comma 1 viene stabilito che all'interno degli alvei vigono le prescrizioni stabilite nei art. 18 delle norme dei PTCP delle Province di Forlì-Cesena e Ravenna.

Inoltre l'art 2ter, comma 2 cita che: Tutti gli interventi attuati all'interno dell'alveo e delle aree di espansione inondabili, che provochino una modifica della morfologia dello stesso od occupazione di spazio interessabile dalle acque, devono essere sottoposti ad adeguate verifiche idrauliche preliminari, da compiersi in base alle norme tecniche di cui al comma 4 del successivo articolo 7

Nell'ambito dell'art 3 vengono disciplinati gli interventi consentiti all'interno delle Aree ad elevata probabilità di esondazione.

In particolare nel comma 3 viene stabilito che è consentito in detti ambiti la realizzazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico (e dei relativi manufatti di servizio) riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, a condizione che essi non aumentino sensibilmente il livello di rischio comportando significativo ostacolo al deflusso o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse e non precludano la possibilità di eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio.

I progetti relativi ai suddetti interventi dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità idraulica che dovrà ottenere l'approvazione dell'autorità idraulica competente. I

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 64 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

criteri per la redazione degli studi di compatibilità idraulica sono stabiliti dall'Autorità di Bacino con apposite norme tecniche ai sensi del comma 4 del successivo articolo 7.

Nell'ambito dell'art 4 vengono regolamentate le Aree a moderata probabilità di esondazione. In particolare nel comma 2 viene stabilito che l'uso delle aree a moderata probabilità di inondazione andrà regolamentato in sede di revisione degli strumenti urbanistici dai Comuni tenendo conto, compatibilmente con la presenza di centri abitati, di salvaguardare ed eventualmente ampliare le aree di naturale espansione al fine:

-) di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica del corso d'acqua in relazione alla capacità di invaso e laminazione delle piene delle aree predette anche in rapporto agli effetti sulla condizione di deflusso della rete idrografica di valle;
-) di mantenere e migliorare le caratteristiche naturali e ambientali dei siti.

Nell'ambito dell'art 6 vengono regolamentate le Aree di potenziale allagamento. In particolare nei commi 2, 3, 4 e 5 viene stabilito quanto di seguito riportato.

2. Al fine di ridurre il rischio nelle aree di potenziale allagamento la realizzazione di nuovi manufatti edilizi, opere infrastrutturali, reti tecnologiche, impiantistiche e di trasporto di energia sono subordinate all'adozione di misure in termini di protezione dall'evento e/o di riduzione della vulnerabilità.

3. I Comuni il cui territorio ricade nelle aree di potenziale allagamento provvedono a definire e ad applicare tali misure in sede di revisione degli strumenti urbanistici comunali vigenti, e nel caso di adozione di nuove varianti agli stessi.

4. L'Autorità di Bacino definisce, con la "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 e s. m. e i., i tiranti idrici di riferimento e fornisce indicazioni riguardo agli accorgimenti tecnico-costruttivi e ai diversi gradi di cautela da adottare in funzione dei tiranti idrici di riferimento.

5. Le previsioni degli strumenti urbanistici vigenti vengono attuate tenendo conto delle indicazioni di cui al presente articolo. In particolare, in sede di approvazione dei progetti e di autorizzazione degli interventi i Comuni, prescrivono l'adozione di tutti gli accorgimenti tecnico-progettuali di cui ai commi 3 e 4, necessari a evitare o limitare l'esposizione dei beni e delle persone a rischi connessi all'esondazione.

Nell'ambito dell'art 7 vengono regolamentati gli attraversamenti dell'alveo e delle pertinenze fluviali dei corsi d'acqua. In particolare nei commi 1, 3, 4 e 5 viene stabilito, rispettivamente, quanto di seguito riportato.

1. In riferimento alle analisi idrologiche predisposte per la redazione del piano, l'Autorità di Bacino prescrive le portate minime di riferimento per la progettazione degli attraversamenti. Salvo diverso avviso, da motivarsi in relazione a specifiche condizioni locali, la portata di riferimento di progetto per tutti i nuovi attraversamenti è quella con tempo di ritorno 200 anni, e viene valutata per i corsi d'acqua maggiori con il metodo di regionalizzazione di cui all'allegato 2 della Relazione Tecnica - Rischio Idraulico, e per i corsi d'acqua minori (bacino drenato inferiore ai 10 kmq) con la formula razionale di cui all'allegato 2 della Relazione Tecnica - Rischio Idraulico del Piano Stralcio Rischio Idrogeologico, impiegando le curve di possibilità climatica di cui all'allegato 1. Le Autorità idrauliche competenti verificano il rispetto della portata di riferimento nel progetto degli attraversamenti e subordinano l'autorizzazione a tale verifica.

3. I nuovi attraversamenti realizzati devono essere compatibili con la piena di riferimento definita dall'Autorità di Bacino come detto.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 65 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

4. Nella "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 sono specificate le norme tecniche a cui devono attenersi i progettisti degli attraversamenti.

5. Nuovi attraversamenti di qualunque tipo interessanti il tratto arginato non devono avere comunque la quota di sottotrave al di sotto della quota di sommità arginale ed altresì devono prevedere, in maniera commisurata al tipo di attraversamento, opere atte a massimizzare il grado di sicurezza di un significativo tratto del corso d'acqua indicato dall'Autorità idraulica competente.

Nell'art.10 delle Norme vengono trattate le "distanze di rispetto dai corpi idrici". Ossia:

1. I Comuni del territorio di pianura attraversato da corpi idrici arginati, in sede di revisione dei propri strumenti urbanistici, devono localizzare le previsioni insediative ad una distanza minima dal piede esterno delle arginature dei corsi d'acqua principali di pianura, come definiti nell'art. 2, tale per cui risultino esterni alla zona di rischio per effetto dinamico del crollo arginale, definita dall'allegato 7 alla "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 e s.m. e i.; tale zona è riportata cartograficamente nelle tavole del Piano; eventuali deroghe, subordinate alla verifica delle arginature secondo modalità da concordare di concerto fra il Comune e l'Autorità idraulica competente, potranno essere concesse in sede di approvazione del Piano Strutturale Comunale ai sensi dell'art. 32 della L.R. 20 del 24 marzo 2000.

2. Per una distanza dal piede esterno degli argini dei corsi d'acqua principali di pianura, come definiti nell'art. 2, pari a metri 30, è comunque vietata ogni nuova costruzione. In tale fascia di rispetto sono consentiti unicamente gli interventi di cui al 2° comma dell'art. 3 delle presenti norme.

3. Per i canali di bonifica si applicano le distanze definite dal R.D. 8 maggio 1904, n.368, come specificate dai vigenti regolamenti consorziali di polizia idraulica.

Norme di Attuazione PTCP Provincia Forlì Cesena - Sintesi dei contenuti

Nell'art.18 delle Norme del PTCP vengono individuate le misure di salvaguardia per "Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua". Ovvero:

1. Nelle tavole contrassegnate dal numero 2 del presente Piano, sono individuati e perimetrati gli invasi ed alvei di laghi, bacini e corpi idrici superficiali che presentano caratteri di significativa rilevanza idraulica, morfologica e paesistica, intesi come sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso corrente, ovvero costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena comprendenti:

a) la fascia di deflusso della piena dei fiumi individuati dal precedente art. 17;

b) i corsi d'acqua artificiali della pianura;

c) gli altri corsi d'acqua naturali classificati torrenti e rii dalla CTR, individuati anche ai sensi del terzo comma dell'art. 34 delle Norme del P.T.P.R.;

d) gli invasi ed alvei di laghi e bacini, individuati nelle tavole suddette.

2. Per le aree ricadenti nelle zone di cui al primo comma si applicano le prescrizioni di cui al terzo, quarto, quinto e settimo comma, gli indirizzi di cui al sesto comma.

3. Negli invasi ed alvei di cui al comma 1 lettera a) sono comunque vietate:

a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, sotto l'aspetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio che non siano strettamente connesse alle finalità di cui al successivo comma quarto, e/o coerenti con le disposizioni del presente articolo;

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 66 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

b) l'apertura di discariche pubbliche e private, il deposito di sostanze pericolose e di materiali a cielo aperto (edilizio, rottami, autovetture e altro), nonché di impianti di smaltimento dei rifiuti, compresi gli stoccaggi provvisori, con l'esclusione di quelli temporanei conseguenti ad attività estrattive autorizzate.

4. Negli invasi ed alvei di cui al primo comma sono ammessi esclusivamente interventi finalizzati a:

a) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

b) le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena.

5. Negli ambiti di cui al primo comma sono ammesse esclusivamente, nel rispetto di ogni altra disposizione di legge o regolamentare in materia, e comunque previo parere favorevole dell'ente od ufficio preposto alla tutela idraulica:

a) la realizzazione delle opere connesse alle infrastrutture ed attrezzature di cui ai commi settimo, ottavo, nono (lettere d) ed e)) e tredicesimo comma, del precedente articolo 17, fermo restando che per le infrastrutture lineari e gli impianti, non completamente interrati, può prevedersi esclusivamente l'attraversamento in trasversale;

b) omesso

c) omesso

d) l'effettuazione di opere idrauliche, sulla base di piani, programmi e progetti disposti dalle autorità preposte.

6. Gli interventi finalizzati alla difesa idraulica, alla manutenzione di invasi ed alvei e comunque ammessi dal presente Piano dovranno in ogni caso attenersi a criteri di basso impatto ambientale e ricorrere, ogni qualvolta possibile, all'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica, ai sensi della Direttiva Regionale assunta con deliberazione di Giunta Regionale n. 3939 del 6 novembre 1994.

7. Le estrazioni di materiali litoidi negli invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua sono disciplinate dall'art. 2 della Legge Regionale 18 luglio 1991, n. 17. Sono fatti salvi gli interventi necessari al mantenimento delle condizioni di sicurezza idraulica ed a garantire la funzionalità delle opere pubbliche di bonifica e di irrigazione. L'autorità preposta può disporre che gli inerti eventualmente rimossi, vengano resi disponibili per i diversi usi produttivi, unicamente in attuazione di piani, programmi e progetti finalizzati al mantenimento delle condizioni di sicurezza idraulica conformi al criterio della massima rinaturalizzazione del sistema delle acque superficiali, anche attraverso la regolarizzazione plano-altimetrica degli alvei, l'esecuzione di invasi golenali, la rimozione di accumuli di inerti in zone sovralluvionate, ove non ne sia previsto l'utilizzo per opere idrauliche e sia esclusa ogni utilità di movimentazione in alveo lungo l'intera asta fluviale.

Norme di Attuazione PTCP Provincia Ravenna - Sintesi dei contenuti

Nell'art.3.18 delle Norme del PTCP vengono individuate le misure di salvaguardia per "Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua". Ovvero:

1(P) Gli invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua sono individuati nelle tavole contrassegnate dal numero 2 del presente Piano. Qualora, successivamente all'entrata in vigore delle presenti norme, entri in vigore un atto di pianificazione dell'Autorità di bacino competente per territorio

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 67 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

che contenga una nuova e più precisa individuazione delle aree da considerarsi “alveo”, le prescrizioni del presente articolo si applicano a tale individuazione. In considerazione del fatto che a norma dell’art.11, comma 2 della L.R. n.20/2000 le previsioni del PAI prevalgono sulle disposizioni incompatibili contenute nei vigenti PTCP, al fine di agevolare la conoscibilità della disciplina del Piano provinciale effettivamente vigente, favorendone il rispetto e l’attuazione, con atto dirigenziale può essere predisposto un elaborato tecnico che opera il coordinamento del PTCP con le suddette modifiche derivanti dall’approvazione del PAI o suoi stralci, fermo restando che, mantenendosi l’esclusivo valore giuridico proprio dei piani approvati, non è comunque consentita la trasformazione delle aree vincolate del PTCP fino all’adeguamento dello stesso.

2.(P) Negli invasi ed alvei di cui al primo comma, comunque nel rispetto degli strumenti di pianificazione dell’Autorità di bacino, sono ammessi esclusivamente interventi finalizzati alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica; eventuali occupazioni temporanee che non riducano la capacità di portata dell’alveo, debbono essere realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena.

3.(P) Nelle aree di cui al primo comma sono ammesse esclusivamente, nel rispetto di ogni altra disposizione di legge o regolamentare in materia e degli strumenti di pianificazione dell’Autorità di bacino, e comunque previo parere favorevole dell’ente od ufficio preposto alla tutela idraulica:

a) la realizzazione delle opere connesse alle infrastrutture ed attrezzature di cui ai commi quinto, sesto e settimo nonché alle lettere c), e) ed f) dell’ottavo comma del precedente articolo 3.17, fermo restando che per le infrastrutture lineari e gli impianti, non completamente interrati, può prevedersi esclusivamente l’attraversamento in trasversale;

b) omesso

c) omesso

d) l’effettuazione di opere idrauliche, sulla base di piani, programmi e progetti disposti dalle autorità preposte.

4.(P) Si veda art.18 punto 6 del PTCP di Forlì- Cesena (contenuto analogo)

5.(P) Si veda art.18 punto 7 del PTCP di Forlì- Cesena (contenuto analogo)

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 68 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

10.3 Interferenze con aree censite a pericolosità idraulica

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000, dal quale, relativamente al tratto in esame, si possono individuare gli ambiti d'interferenza tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso) con l'alveo del corso d'acqua e più in generale con le aree censite nel PAI (riportate mediante delle campiture semi-trasparenti con varie tonalità di colori). Il tratto di metanodotto la cui posa è prevista in trivellazione di subalveo è riportato schematicamente mediante una sagoma rettangolare in magenta.

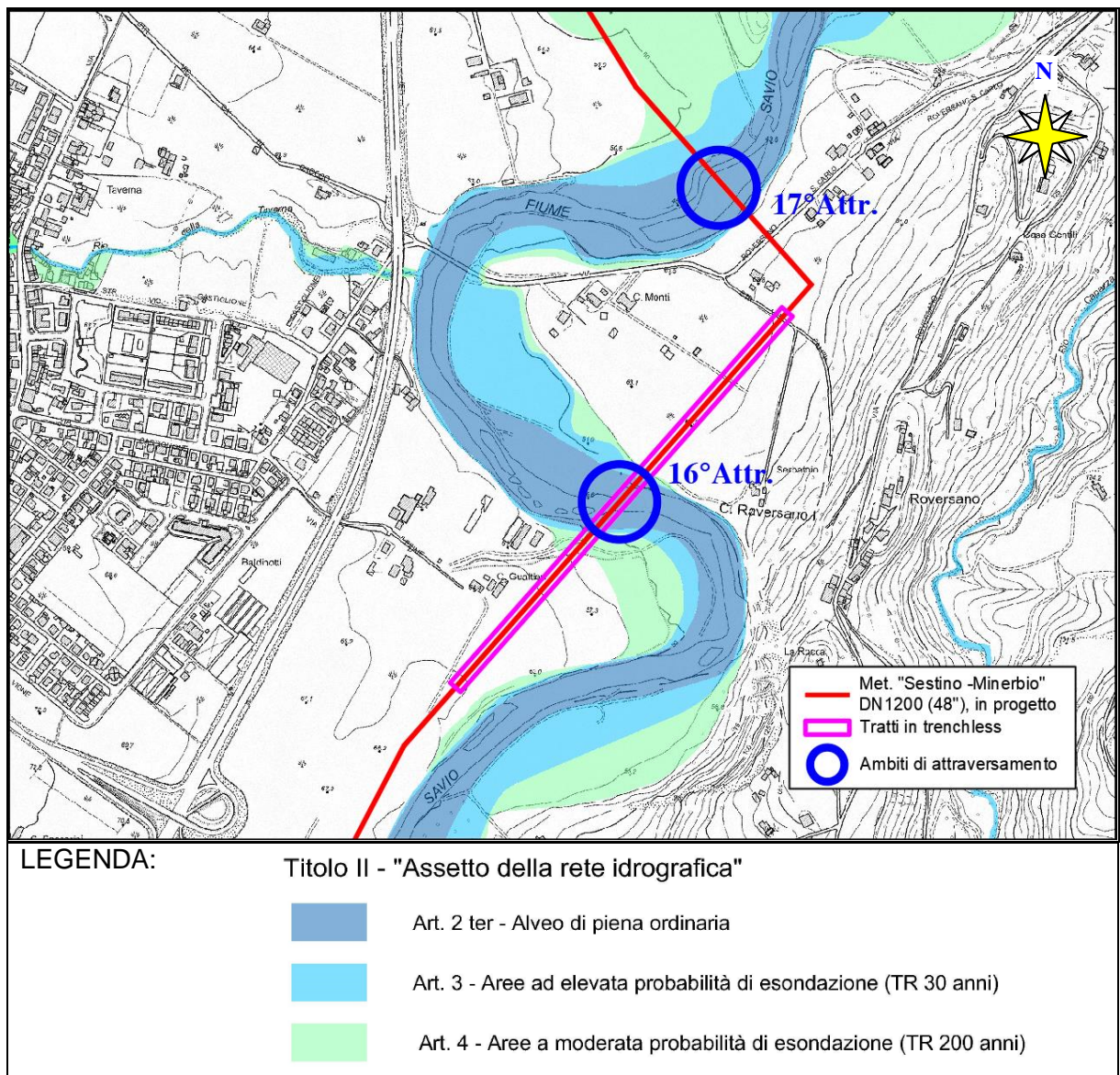


Fig.10.3/A: Interferenze metanodotto in progetto con le aree censite a pericolosità idraulica

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 69 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

Dall'analisi della figura precedente si rileva che:

- In corrispondenza del 16° attraversamento sia l'alveo del corso d'acqua (Art.2 ter), che gli ambiti inondabili censiti ad elevata ed a moderata probabilità di esondazione (Art 3 e Art.4), verranno superati in subalveo in trenchless (ad elevate profondità di posa);
- In corrispondenza del 17° attraversamento sia l'alveo del corso d'acqua (Art.2 ter), che gli ambiti inondabili censiti ad elevata ed a moderata probabilità di esondazione (Art 3 e Art.4), localizzati in sinistra idrografica dell'ambito di attraversamento, verranno superati in sotterraneo mediante la tradizionale tecnica degli scavi a “cielo aperto”.

10.4 Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica

10.4.1 Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare (di interesse pubblico) di trasporto del gas che, essendo riferita a servizi essenziali non altrimenti localizzabile, 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.

Le interferenze specifiche con l'alveo del corso d'acqua e con le aree censite a pericolosità idraulica sono state determinate da considerazioni a più ampia scala che riguardano l'intera direttrice di tracciato dell'opera, per la quale sono state attentamente valutate varie alternative di progetto.

In particolare, per quanto concerne il Savio, oltre a quelle specificatamente in esame nel presente documento, si rilevano numerose altre interferenze tra il metanodotto in progetto con l'alveo e le aree inondabili dal corso d'acqua (trattate in altre relazioni). Ciò, in quanto la valle del Savio è stata individuata come il corridoio ottimale per il raggiungimento della piana romagnola, a partire dalla zona collinare dell'entroterra.

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 della infrastruttura lineare inoltre non determina alcuna forma di trasformazione del territorio. Inoltre 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 determina alcun mutamento significativo sulle condizioni idrologiche ed idrauliche dell'ambito fluviale interessato dall'interferenza.

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

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 70 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

10.4.2 Considerazioni specifiche inerenti al 16° attraversamento (in trenchless)

In precedenza è stato evidenziato che sia l'alveo del corso d'acqua, che le aree inondabili poste nell'intorno dello specifico ambito d'interferenza, verranno superate in trivellazione ad elevate profondità di posa. Pertanto alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali, si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di 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 d'alveo verrà mantenuta inalterata nei confronti della situazione originaria. Essendo i lavori previsti in trivellazione non si prevedono lavori in superficie nell'ambito dell'alveo del corso d'acqua;
- La tecnica costruttiva di posa della condotta (in trivellazione), unitamente alla geometria in progetto (elevate coperture in subalveo), consentono inoltre in generale di escludere interferenze con il regime idraulico del corso d'acqua anche nella fase costruttiva dell'opera;
- La configurazione geometrica della linea nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è stata stabilita anche in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua e sono tali da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, ecc.).

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

1. *Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena*
Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata, con posa in trivellazione), non sarà determinato dalla costruzione della condotta nessun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
2. *Riduzione della capacità di laminazione e/o di invaso dell'alveo*
La linea in progetto, essendo completamente interrata, non crea alcun ostacolo al corretto deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esondazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.
3. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo*
L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento.
4. *Interazioni in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua*
Il sistema operativo previsto ha consentito di prevedere il posizionamento della condotta ad elevata profondità di subalveo, quindi ben oltre ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento. La configurazione in subalveo a "corda molle" (con risalite a coperture ordinarie a distanze molto elevate dall'alveo attivo) consente peraltro di essere abbondantemente in sicurezza anche nei confronti di eventuali fenomeni di divagazione laterale dell'alveo attivo del corso d'acqua.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 71 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*
 Essendo l'opera del tutto interrata, nonché essendo prevista la metodologia costruttiva in trivellazione, non saranno introdotte alterazioni al contesto naturale della regione fluviale.

10.4.3 Considerazioni specifiche inerenti a 17° attraversamento d'alveo (a cielo aperto)

Entrando in maggior dettaglio in merito agli aspetti connessi alla specifica interferenza idraulica in corrispondenza dell'alveo del corso d'acqua, nella quale 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 adeguata garanzia nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene eccezionali, cosicché è da escludere qualsiasi interferenza tra 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 attraversamento (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 involuppo 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'involuppo 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'esondazione 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

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 72 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

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.

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.

10.4.4 Considerazioni specifiche inerenti ai tratti di linea (in aree inondabili)

Infine, relativamente ai tratti del tracciato di progetto ricadenti nell'intorno del 17° attraversamento dell'alveo del corso d'acqua, ma comunque collocati all'interno di aree inondabili dalle piene (censite nei PAI, ai sensi degli Artt. 3 e 4) e nei quali è previsto che il metanodotto venga posato mediante "scavi a cielo aperto", si evidenzia quanto segue. Queste interferenze riguardano delle porzioni di territorio che rappresentano delle aree di laminazione e/o di invaso, le quali vengono inondate in occasione di piene eccezionali (o comunque significative) del corso d'acqua.

A tal proposito si mette in evidenza che il metanodotto, essendo un'opera completamente interrata e costituita da tubazioni in acciaio saldate rivestite in polietilene, non presenta alcun problema operativo e di sicurezza in caso di allagamento del territorio interessato dalla posa.

L'intervento prevede, dunque, il completo interrimento della tubazione in considerazione di "coperture maggiorate" nei tratti di percorrenza di ambiti prossimi all'alveo del corso d'acqua e di "coperture ordinarie" (di 1,5 m nei confronti del piano campagna) nei tratti di percorrenza di aree inondabili localizzate a distanze significative dall'alveo del corso d'acqua. L'intervento di posa della condotta si completa con l'integrale ripristino morfologico e vegetazionale delle aree interessate dai lavori.

In detti ambiti di sviluppo nelle aree inondabili del corso d'acqua 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. 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.

10.5 **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 in ciascun ambito fluviale 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 al 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;

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 73 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

- 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 perfluviali;
- 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 aggravamenti 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.

Pertanto si ritiene che l'opera in progetto risulti, nei contesti fluviali in esame, **COMPATIBILE** in considerazione delle disposizioni previste nelle Norme vigenti.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 74 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

11 CONCLUSIONI

La società Snam S.p.A. intende realizzare un metanodotto denominato "Metanodotto Sestino – Minerbio, DN1200 (48") DP 75 bar", che si sviluppa per una lunghezza di circa 140,7 km nei territori della Toscana e dell'Emilia Romagna.

Il tracciato di progetto del suddetto metanodotto in progetto (che trae origine dall'Alto Montefeltro) percorre per circa 23 km la valle del fiume Savio, a partire dalla località "Sorbano" (al confine tra i territori di S. Agata Feltria e quello di Sarsina) e sino alla località "San Carlo" (nel territorio di Cesena).

Nell'ambito della percorrenza della valle del Savio, il tracciato di progetto interseca per ben 19 volte l'alveo del corso d'acqua (di cui n.17 attraversamenti e n.2 percorrenze d'alveo).

In tal senso ed al fine di analizzare le varie interferenze con il corso d'acqua, sono stati individuati n.8 tratti d'interferenza tra il metanodotto in progetto ed il corso d'acqua stesso. In particolare nel presente elaborato è stato analizzato l'8° e ultimo tratto d'interferenza con il fiume SAVIO (quello di valle), nell'ambito del quale ricadono il 16° e il 17° attraversamento del corso d'acqua, ubicati nel territorio comunale di Cesena.

Con lo scopo di individuare le soluzioni tecnico-operative più idonee per gli attraversamenti in esame (metodologie costruttive, profili di posa in subalveo della condotta, eventuali opere di ripristino) sono state eseguite specifiche valutazioni di tipo geomorfologico, idrologico ed idraulico ed analizzate le peculiarità di ciascun dell'ambito fluviale.

Alla luce dei risultati delle valutazioni, sono state eseguite delle scelte differenti inerenti alle metodologie costruttive previste per la realizzazione degli attraversamenti in esame.

In particolare per quanto concerne il 16° attraversamento d'alveo, è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento in trenchless, mediante la metodologia esecutiva della *Direct pipe* (in prosecuzione del tunnel previsto per il superamento del rilievo morfologico presente in destra idrografica del corso d'acqua), che consiste in una soluzione in sotterraneo che prevede la messa in opera del metanodotto contestualmente alla fresatura del terreno.

Detta soluzione operativa consentirà, dunque, di evitare interferenze tra i lavori di posa del metanodotto con il deflusso naturale del corso d'acqua.

La geometria curvilinea della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua, che quello costruttivo della condotta, assicurando elevate profondità al di sotto dell'alveo (copertura minima: di circa 10m) e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi consentiti alla tubazione ed alla trivellazione stessa.

Invece per il superamento in subalveo del corso d'acqua in corrispondenza del 17° attraversamento del Savio, è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento mediante "scavi a cielo aperto", con posizionamento della condotta in progetto con copertura di sicurezza minima di 3m nei confronti della quota minima di fondo alveo, adeguatamente cautelativa nei confronti dei potenziali processi erosivi del letto fluviale (soprattutto se si considera che in prossimità dell'ambito di attraversamento in esame s'individua la presenza in alveo del substrato semilitoide affiorante o sub-affiorante).

In aggiunta, sono state previste delle opere di protezione idraulica delle sponde del corso d'acqua (scogliere in massi naturali), con lo scopo di ripristinare la configurazione d'alveo esistente prima dell'inizio dei lavori. Gli interventi di progetto assicurano il

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 75 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

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 strumenti di pianificazione territoriali vigenti, si è rilevato che, in ciascun ambito di attraversamento esaminato, s'individuano delle interferenze con delle aree censite a pericolosità idraulica. In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che, in ciascun ambito fluviale, l'intervento in progetto non introduce alterazioni significative alle condizioni attuali di deflusso del corso d'acqua e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione e più in generale non determina alcuna modifica significativa e/o trasformazione dello stato dei luoghi nei territori interessati dai lavori. Non determina alcun aggravio delle condizioni di pericolosità e/o di rischio idraulico nell'area (non è previsto l'incremento del carico insediativo), né tantomeno in ambiti esterni. Inoltre non introduce elementi di impedimento per l'eventuale realizzazione di interventi di attenuazione e/o di eliminazione delle condizioni di pericolosità e di rischio eventualmente presenti nell'ambito fluviale in esame.

Pertanto si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali effettuate in ciascun ambito fluviale esaminato nel presente elaborato possano essere ritenute congruenti con i requisiti, le finalità e con le misure di protezione e di salvaguardia stabilite nelle Norme vigenti. Di conseguenza, si ritiene che l'opera in progetto risulti, nei contesti fluviali in esame, **COMPATIBILE** in considerazione delle disposizioni previste nelle Norme vigenti.

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75bar	Fg. 76 di 77	Rev. 0

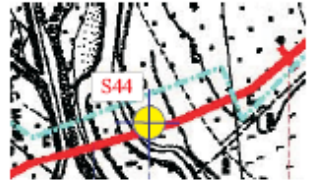
Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053

APPENDICE 1: COLONNA STRATIGRAFICA DEL SONDAGGIO

PROGETTO: Indagini geognostiche e geotecniche Metanodotto: Sulmona-Minerbio
 Tratto Sestino-Minerbio DN 1200 (48”) P 75 bar

Sondaggio S44

Comune: Cesena (FC)
Località: Attraversamento F. Savio
Committente: Technip Italy S.p.A.


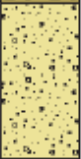

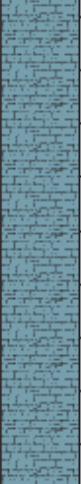




Sondaggi, prove geotecniche e soluzioni speciali
 Via Tevere, 4 - 00100 ROMA
 Tel. 06 49 00 49 - Fax 06 49 73 02 4

GECONSOL S.R.L.

Prof.: 10,00 m dal p.c.; n° Cass.: 2
Perforazione: a carotaggio continuo con sonda CMV MK 420; inizio 28/11/2007; fine 28/11/2007
Uso rivestimento fino a 10,00 m dal p.c.; **Uso doppio carotiere** da 6,00 a 10,00 m dal p.c.
Uso corona diamantata-terreni duri da 2,80 a 5,30 m dal p.c.

Prof. dal p.c. (m)	Quota s.l.m.	Spessore (m)	Descrizione della litologia	Colonna stratigrafica	Fonda (m) (s.l.m.)	Campioni	Standard Penetration Test				Cassette		
							Prof.(m)	Colpi	N	Qualità			
0,5		1,40	Livello costituito da terreno vegetale nei primi 20 cm e terreno rimaneggiato limoso-sabbioso, da poco a moderatamente consistente, umido, color nocciola con rari calcinoduli fino a 1,40 m.										
1													
1,5		1,40	Sabbia da fine a media, ghiaiosa, da addensata a molto addensata, umida, di colore nocciola.										
2													
2,5													
3		2,50	Ghiaia eterometrica molto addensata, da umida a quasi satura, con forma da sub-angolare a sub-arrotondata, con ciottoli calcareo-marnosi. La matrice sabbiosa va da scarsa ad assente. Il colore è avana-biancastro.										
3,5													
4													
4,5													
5													
5,5		4,70	Argilla marnosa molto consistente, da asciutta a debolmente umida, di colore grigio chiaro.										
6													
6,5													
7													
7,5													
8													
8,5													
9		10,00											
9,5													
10													

	PROGETTISTA   	COMMESSA NQ/R22358	UNITA'
	LOCALITA' REGIONI TOSCANA - EMILIA ROMAGNA	10-LA-E-86023	
	PROGETTO METANODOTTO SESTINO – MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75bar	Fg. 77 di 77	Rev. 0

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-053



Postazione sondaggio S44



Cassetta S44C2 (5,00 - 10,00 m dal p.c.)



Cassetta S44C1 (0,00 - 5,00 m dal p.c.)