

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO " "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 1 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

**RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI"
 TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26"), DP 75 bar
 ED OPERE CONNESSE**

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

**APPROFONDIMENTI TEMATICI RELATIVI ALLA RICHIESTA MATTM
 PROT. DVA N. 025243 DEL 09.11.2018**

**Approfondimenti tematici
 Nota CTVA del 19/10/2018**

**ANNESSO A2
 Tubo portacavi DN150 (6") - Attraversamento in subalveo del
FIUME SAVIO**

**VALUTAZIONI IDROLOGICHE - IDRAULICHE E
 RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**



0	Emissione	M.VITELLI	M.FORNAROLI	V. FORLIVESI G. GIOVANNINI	15/05/2019
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 2 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

INDICE

1	GENERALITA'	4
	1.1 Premessa	4
	1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato	4
	1.3 Disegno di Attraversamento	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3	CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME	8
	3.1 Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	8
	3.2 Descrizione dell'area d'intervento	9
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	11
	4.1 Generalità	11
	4.2 Considerazioni specifiche preliminari	11
	4.3 Sezione Idrologica di riferimento - Parametri morfometrici	11
	4.4 Studio Prof. Brath - Febb.2018	13
	4.5 Portate al colmo di piena nell'ambito di attraversamento	16
5	VALUTAZIONI DI CARATTERE IDRAULICO	17
	5.1 Generalità	17
	5.2 Considerazioni specifiche	17
	5.3 Studio Prof. Brath - Febb.2018	18
	5.4 PAI - Sintesi dei risultati riferiti al contesto	20
6	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	23
	6.1 Metodologia costruttiva: TOC	23
	6.2 Configurazioni di progetto del tubo portacavi	23
	6.3 Considerazioni inerenti alla geometria di trivellazione	24
	6.4 Descrizione del sistema operativo della TOC	25

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 3 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

7	ANALISI DELLA PROBLEMATICA DEL SIFONAMENTO	29
7.1	Generalità	29
7.2	Metodologia di calcolo	29
7.3	Verifica di tipo speditivo	31
7.4	Metodo di Bligh - Lane	32
7.5	Considerazioni sui risultati	34
8	VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA	35
8.1	Premessa	35
8.2	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	37
8.3	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	39
9	CONCLUSIONI	41

ANNESSO:

- Disegno DIS-AT-030 Attraversamento: TOC Cavo**
Telecomando Fiume Savio

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 4 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

1 GENERALITA'

1.1 Premessa

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto denominato "Rifacimento metanodotto Ravenna - Chieti, tratto Ravenna - Jesi ed opere connesse, DN 650 (26") - DP 75bar", intende realizzare un metanodotto che si sviluppa nell'ambito dei territori dell'Emilia Romagna e delle Marche, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del fiume Savio in un ambito di confine tra i territori di Ravenna e di Cervia (Ra), nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua.

Si precisa che in detto ambito fluviale, l'attraversamento da parte del metanodotto è stato già eseguito di recente; pertanto nello specifico il progetto prevede esclusivamente l'attraversamento in subalveo del corso d'acqua da parte del tubo portacavi. Il tubo portacavi, nell'ambito dell'attraversamento fluviale, è costituito da una condotta in acciaio di piccolo diametro DN150 (6"), all'interno del quale viene posizionato il cavo telecomando che consente la possibilità di gestire da remoto le valvole di intercettazione posizionate lungo la linea del metanodotto.

Il fiume in esame, ricadente nella competenza "dell'ex Autorità dei Bacini Romagnoli", rappresenta uno dei corsi d'acqua di principale importanza individuati nell'ambito del Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico (P.A.I.).

Nello specifico, in corrispondenza dell'ambito di attraversamento fluviale in esame, si rilevano delle interferenze tra il tracciato di progetto del tubo portacavi con l'alveo del corso d'acqua, individuato ai sensi del PAI vigente.

1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

Lo scopo del presente elaborato è dunque analizzare le condizioni di compatibilità idraulica per la posa del tubo portacavi nell'ambito specifico d'interferenza con le aree di pericolosità idraulica.

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

Le scelte sono state effettuate, in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico ed idraulico, con lo scopo di assicurare la compatibilità dell'intervento in progetto 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 dell'area d'attraversamento in modo da consentire di individuare in maniera univoca il tratto del corso d'acqua interessato dall'interferenza con l'infrastruttura lineare in progetto;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 5 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

- Caratterizzazione idrografica del corso d'acqua e descrizione dell'ambito di attraversamento;
- Valutazioni idrologiche al fine di valutare le portate al colmo di piena in corrispondenza della sezione di studio (coincidente con quella di attraversamento);
- Valutazioni idrauliche, volte ad individuare i parametri caratteristici del deflusso idraulico in corrispondenza dell'ambito di attraversamento;
- Descrizione delle scelte progettuali inerenti la metodologia costruttiva, la geometria del tubo portacavi in subalveo e le eventuali opere di presidio idraulico;
- Valutazioni inerenti la compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento, in riferimento ai criteri stabiliti nelle Norme di Attuazione del Piano per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti di pericolosità idraulica ai sensi del PAI.

1.3 Disegno di Attraversamento

Il progetto dell'attraversamento del corso d'acqua da parte del tubo portacavi, comprendente le caratteristiche geometriche e strutturali della tubazione, il profilo di posa della stessa, nonché le caratteristiche tipologiche e dimensionali delle eventuali opere di sistemazione, è stato sviluppato in uno specifico elaborato grafico riportato in annesso alla presente:

- DIS. AT-030
Attraversamento: Fiume Savio - TOC Cavo Telecomando

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 6 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'interferenza tra la linea in progetto con il fiume Savio ricade in un ambito di confine tra i territori di Ravenna e di Cervia (Ra), nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 9 km dalla foce in mare.

Più esattamente l'ambito d'interferenza ricade a circa 500m a monte del ponte della strada statale SS.16 e circa 1 km ad ovest del nucleo abitato della frazione Savio di Cervia.

Si precisa che in detto ambito fluviale, l'attraversamento da parte della condotta è stato già eseguito di recente; pertanto nello specifico il progetto prevede esclusivamente l'attraversamento in subalveo del corso d'acqua da parte del tubo portacavi DN150 (6").

Al fine di consentire un inquadramento territoriale dell'ambito di attraversamento, qui di seguito 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;
- il metanodotto in fase di dismissione è indicato tramite una linea in verde;
- il tratto di linea dove è prevista la posa del solo tubo portacavi è indicato tramite un segmento in color magenta;
- l'area di attraversamento in esame è evidenziata mediante un cerchio in colore blu.

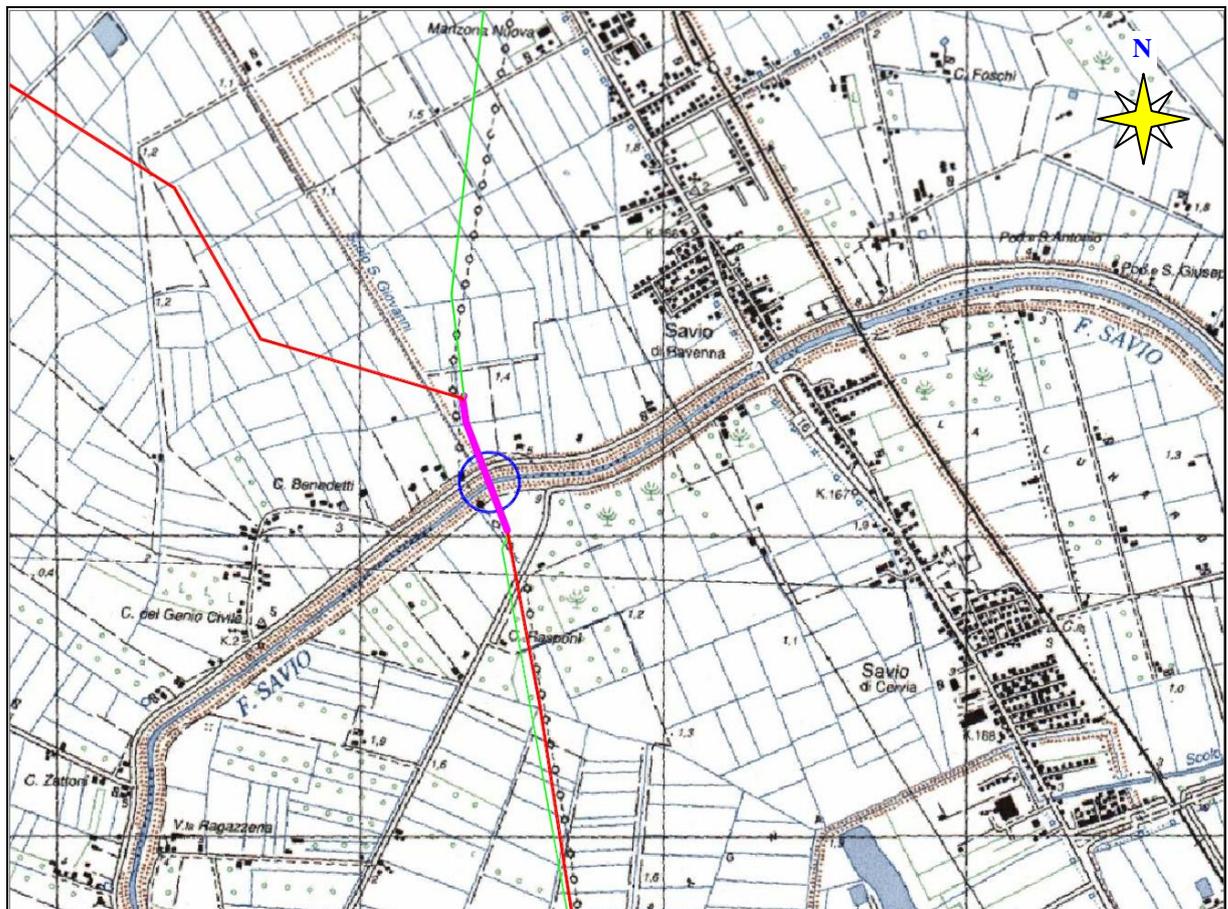


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 7 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Le coordinate piane dell'ambito di attraversamento del corso d'acqua (da parte del tubo portacavi) sono riportate nella tabella seguente:

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

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua		
Coordinate Piane WGS84 - Fuso 33: Est /Nord	283359 m E	4908989 m N

Nella figura seguente è inoltre riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (CTR in scala 1:10.000), dal quale si può individuare il tracciato del metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso), il metanodotto in fase di dismissione (riportato tramite una linea in colore verde), il tratto dove è prevista la posa del solo tubo portacavi (indicato con un tratto in magenta) e l'area di attraversamento del corso d'acqua in esame (evidenziata mediante un cerchio in colore blu). Si pone in evidenza che la posa del tubo portacavi, relativamente a tutto il tratto di attraversamento fluviale, verrà eseguito in trenchless, come meglio specificato nel seguito.

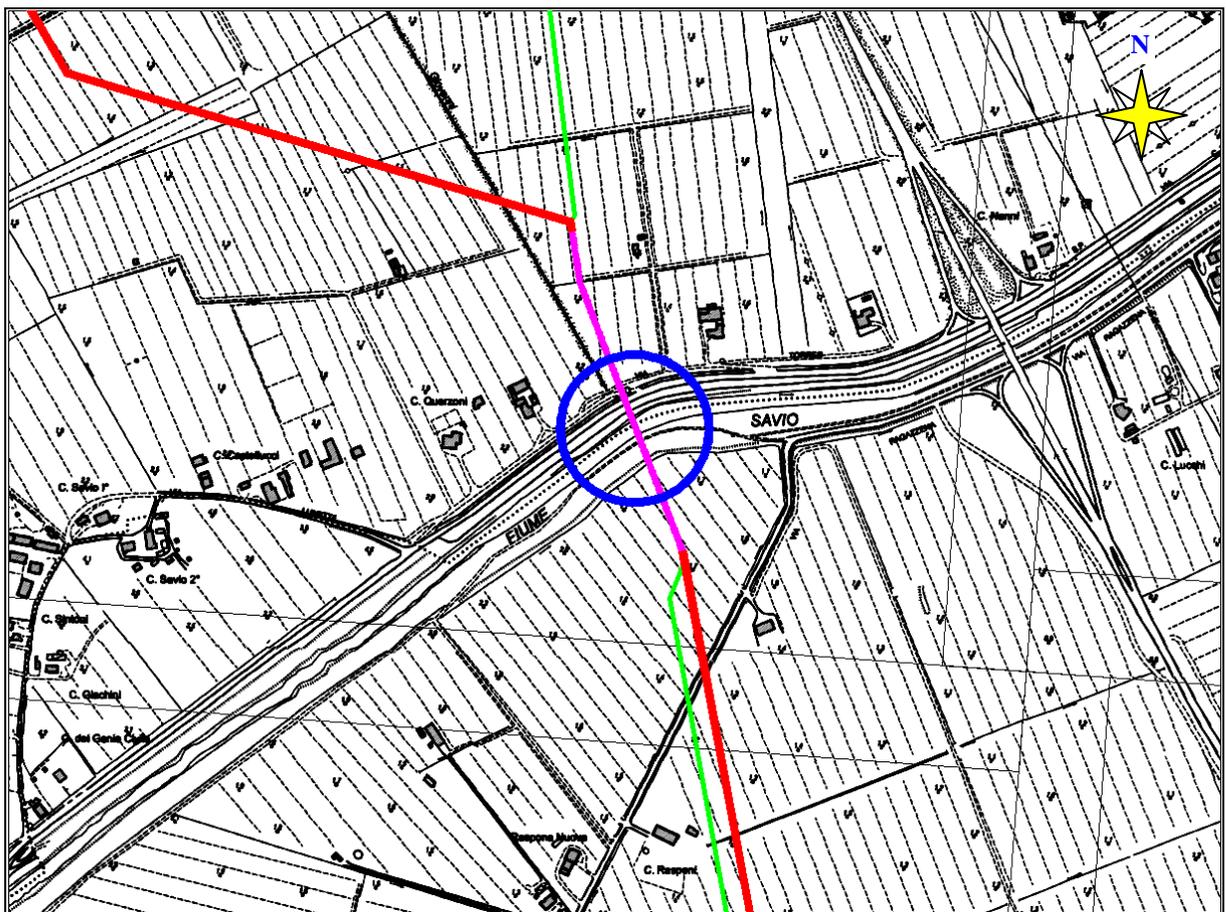


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 8 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO 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 Castelvechio (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.

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.

Qui di seguito si riportano le portate medie mensili registrate nella stazione idrometrica di Savio a San Vittore (sup. Bacino 597 kmq).

Mese	Portata (m ³ /s)
Gennaio	15,80
Febbraio	18,83
Marzo	17,66
Aprile	13,58
Maggio	8,90
Giugno	5,11
Luglio	1,85
Agosto	1,73
Settembre	2,58
Ottobre	5,27
Novembre	6,79
Dicembre	15,23

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 9 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

3.2 Descrizione dell'area d'intervento

L'attraversamento da parte della linea in progetto ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 9 km dalla foce nel mare Adriatico.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua assume un andamento longitudinale sub-rettilineo a tratti. L'alveo di magra del corso d'acqua presenta una larghezza di circa 30m; poi si individuano delle strette fasce golenali (larghe circa 15 metri per lato) interessate da una rigogliosa vegetazione arbustiva (prevalentemente canneti) e delimitate da imponenti rilevati arginali che si elevano di circa 6-7m dal piano campagna circostante. Non si individuano segni rilevanti di erosioni spondali e/o di divagazione d'alveo.

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito in esame, nella figura seguente è riportata una foto aerea (estratta da Google Earth) dell'ambito d'interferenza tra la linea in progetto (nello specifico il solo tubo portacavi, indicato in magenta) ed il corso d'acqua; dove l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu.



Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da google earth)

In riferimento alla precedente Fig.3.2/A l'ellisse in arancione rappresenta il tratto in cui la posa del tubo portacavi è prevista in trivellazione (così come meglio specificato nel seguito). Mentre fuori dall'ambito di trivellazione, il tubo portacavi verrà posizionato mediante la tradizionale tecnica degli scavi a cielo aperto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 10 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Infine nella figura seguente è riportata una foto relativa all'ambito d'attraversamento in esame del corso d'acqua (foto scattata in sinistra idrografica).

La linea indicata in rosso rappresenta la posizione del tracciato del tubo portacavi. La stessa linea è stata riportata tratteggiata per indicare che l'attraversamento fluviale verrà realizzato in trivellazione.



Fig.3.2/B: Foto ambito di attraversamento del corso d'acqua

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 11 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

4.1 Generalità

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

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

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

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

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

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

4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Nello specifico per le valutazioni idrologiche ci si riferisce esplicitamente a degli "studi ufficiali" eseguiti per l'ambito fluviale in esame e con particolare riferimento allo studio denominato "*Valutazione delle conseguenze prodotte sulla spiaggia e sulle località balneari limitrofe, dalla massima piena dei fiumi Savio, Uniti, Lamone e torrente Bevano, mediante anche la valutazione del rischio idraulico nei tratti oggetto di studio*", commissionato dal comune di Ravenna (a scopo conoscitivo per la redazione del Piano Comunale di emergenza per il rischio idraulico per protezione civile) e redatto dal Prof. Ing. Armando Brath (Ordinario Costruzioni Idrauliche, Università di Bologna) nel Febbraio 2018.

Si pone inoltre in evidenza che il sopracitato studio è stato redatto coerentemente con le informazioni idrologiche (alle stime delle onde di piena) adottate nell'esistente pianificazione di bacino (ossia nel vigente PAI - PGRA, Piano per l'Assetto Idrogeologico - Piano Gestione Rischio Alluvioni).

4.3 Sezione Idrologica di riferimento - Parametri morfometrici

Si assume come sezione di studio quella di attraversamento da parte della linea in progetto, la quale ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua (a circa 9 km dalla foce nel Mar Adriatico).

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, riportato su un DTM a 25m, con la delimitazione in magenta del bacino sotteso dalla sezione di studio e con l'indicazione dell'asta principale del corso d'acqua e del reticolo idrografico.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 12 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

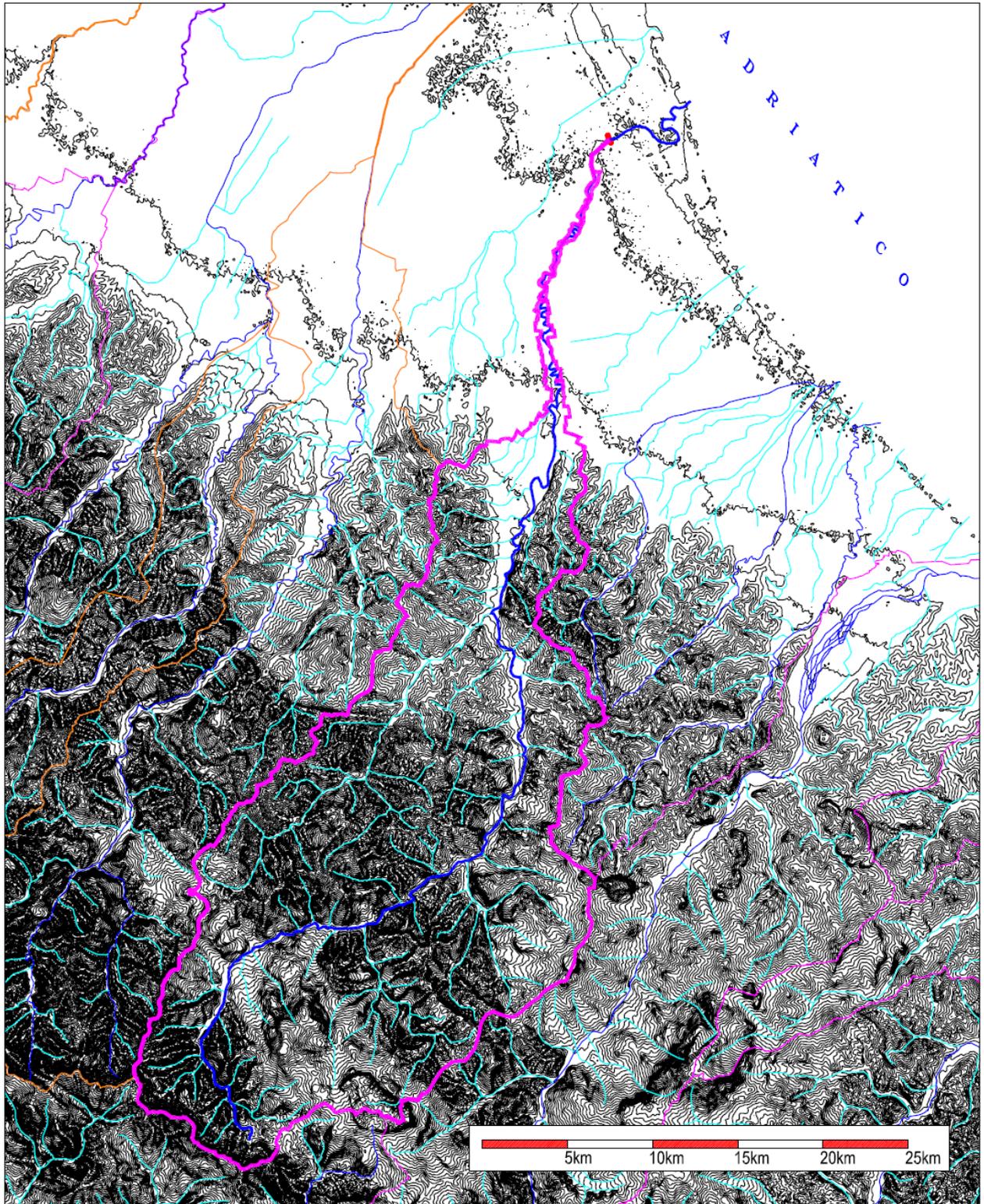


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 13 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

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

Tab.4.3/A: Parametri morfometrici

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Lungh. asta principale (km)	Altitudine max Bacino (m)	Altitudine media Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
F. Savio Sez. di studio	653	102.5	1361	482	0

4.4 Studio Prof. Brath - Febb.2018

Premessa ed informazioni generali sullo studio

Lo studio denominato "*Valutazione delle conseguenze prodotte sulla spiaggia e sulle località balneari limitrofe, dalla massima piena dei fiumi Savio, Uniti, Lamone e torrente Bevano, mediante anche la valutazione del rischio idraulico nei tratti oggetto di studio*", è stato commissionato dal comune di Ravenna (a scopo conoscitivo per la redazione del Piano Comunale di emergenza per il rischio idraulico per protezione civile) ed è stato redatto dal Prof. Ing. Armando Brath (Ordinario Costruzioni Idrauliche, Università di Bologna), nel Febbraio 2018.

La relazione dello studio e gli elaborati cartografici prodotti sono disponibile on line presso il link <http://bit.ly/studio-brath>

Nell'ambito dello studio è stato eseguito la modellazione delle onde di piena con tempi di ritorno di 100, 150 e 200 anni per i corsi d'acqua fiumi Savio, Uniti (formato dall'unione dei fiumi Ronco e Montone), Lamone e torrente Bevano a partire dalla via Emilia (SS.9) fino al mare, tenendo conto delle esondazioni che si verificano nei tratti a monte.

Per definire tale sollecitazione idrologica, coerentemente con quanto stabilito nel capitolato dell'incarico, si è fatto riferimento alle stime delle onde di piena adottate nell'esistente pianificazione di bacino (ossia nel vigente PAI - PGRA , Piano per l'assetto idrogeologico - Piano gestione rischio alluvioni). Di conseguenza, per caratterizzare le onde di piena dei vari corsi d'acqua in corrispondenza dei rispettivi attraversamenti della via Emilia, si è fatto riferimento alle stime delle onde desumibili dagli studi idrologici condotti in passato dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli.

Il metodo di regionalizzazione, impiegato dall'Autorità di bacino per la stima della portata al colmo di assegnato tempo di ritorno, è stato quello della portata indice. Che consiste nel valutare delle portate indice nelle sezioni di interesse, che viene moltiplicato per un fattore di crescita variabile in funzione del tempo di ritorno (e della regione idrologica di riferimento).

Per la definizione della forma dell'onda di piena, sempre negli studi condotti dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, è stato utilizzato l'approccio delle cosiddette curve di riduzione delle massime portate medie in assegnata durata.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 14 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Analisi specifiche per il corso d'acqua in esame

Lo studio per il corso d'acqua in esame (fiume Savio) è stato condotto partendo dalla sollecitazioni idrologiche (per T=200 e 100 ani) in corrispondenza della via Emilia, a loro volta valutate dall'onda in ingresso a San Vittore e considerando nello specifico un rapporto di laminazione di 0.988.

La modellazione idrologica - idraulica è stata effettuata in considerazione di n.2 possibili scenari:

- scenario "ad esondazioni libere": tenendo conto delle esondazioni nel caso possa verificarsi insufficienza idraulica dei tratti fluviali in Comune di Ravenna interessati da esondazione per sormonto arginale";
- scenario "ad esondazioni impedito": non tenendo in conto dei sormonti (e quindi delle relative laminazioni) per sormonto arginale;

Nello studio è stato inoltre evidenziato che il 2° scenario (ad esondazioni impedito), risulta quello migliore per inquadrare l'assetto del rischio idraulico del territorio.

Ciò in quanto, negli studi sulla sicurezza idraulica, è consuetudine fare riferimento allo schema ad esondazioni impedito; ciò non solo in quanto più cautelativo ma anche per almeno altri due ordini di fattori. Il primo fattore è che la descrizione matematica del meccanismo di fuoriuscita dei volumi dall'alveo fluviale verso campagna, ovvero della dinamica di esondazione, è caratterizzata, con i modelli monodimensionali usualmente impiegati, da significativa incertezza. In primo luogo, infatti, come già accennato in precedenza, in occasione di un sormonto è molto verosimile che, a meno che i tiranti idrici di sommergenza non siano molto modesti, si determini una rotta arginale, la cui presenza altera profondamente la distribuzione dei volumi di esondazione, rispetto all'ipotesi di argini inderodabili. In secondo luogo, la capacità della fascia periferiale posta a campagna di recepire volumi di esondazione è assunta illimitata, mentre nella realtà il crearsi di un battente d'acqua a campagna può prima o poi ostacolare la fuoriuscita del deflusso e, in certe condizioni, può addirittura determinare l'inversione del senso di flusso. In terzo luogo, non può essere escluso che la realizzazione di opere di rialzo del sistema arginale a monte, anche eseguite nel tempo reale (esempio sovralsi con sovrassogli o sacchettature di sabbia, eseguiti in emergenza) possa comportare la veicolazione a valle di portate maggiori di quelle stimabili adottando una schematizzazione a esondazioni libere.

In ragione di quanto evidenziato qui di seguito si riportano le curve di piena del corso d'acqua, in riferimento esclusivamente allo scenario "ad esondazioni impedito".

Fiume Savio - Scenario "ad esondazioni impedito"

Nelle Figure seguenti vengono riportati gli andamenti delle onde di piena per T=200 anni (Fig. 35) e 100 anni (Fig.36) in alcune del corso d'acqua, dall'attraversamento della via Emilia verso la foce, sempre nello scenario ad esondazioni impedito.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fig. 15 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

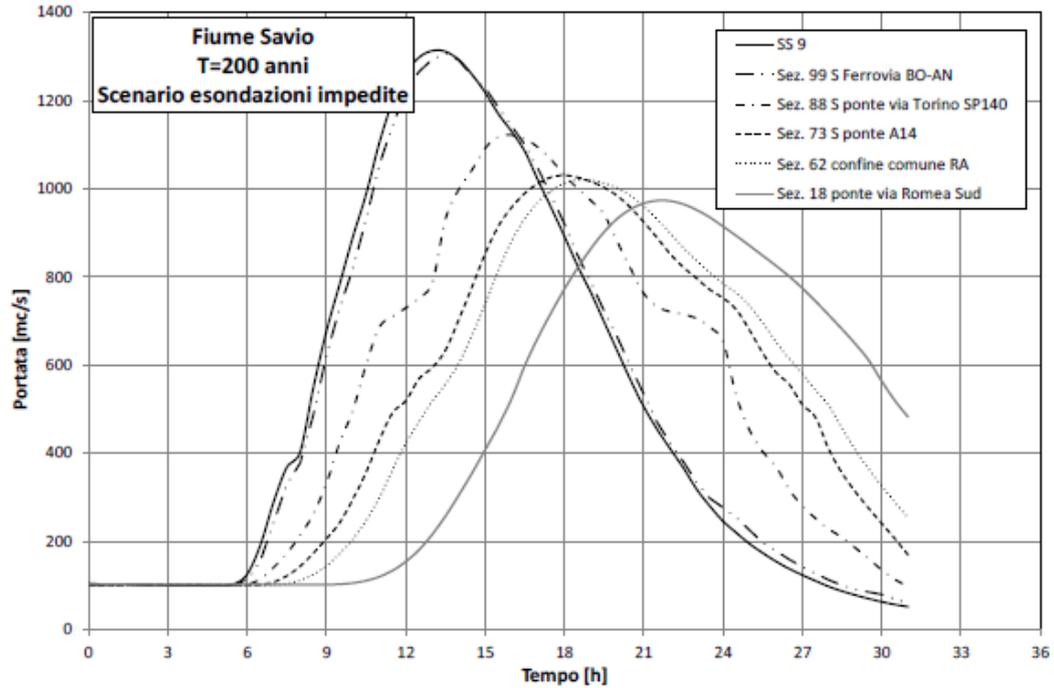


Figura 35 - Onde di piena 200-ennali del fiume Savio in varie sezioni nello scenario ad esondazioni impedito.

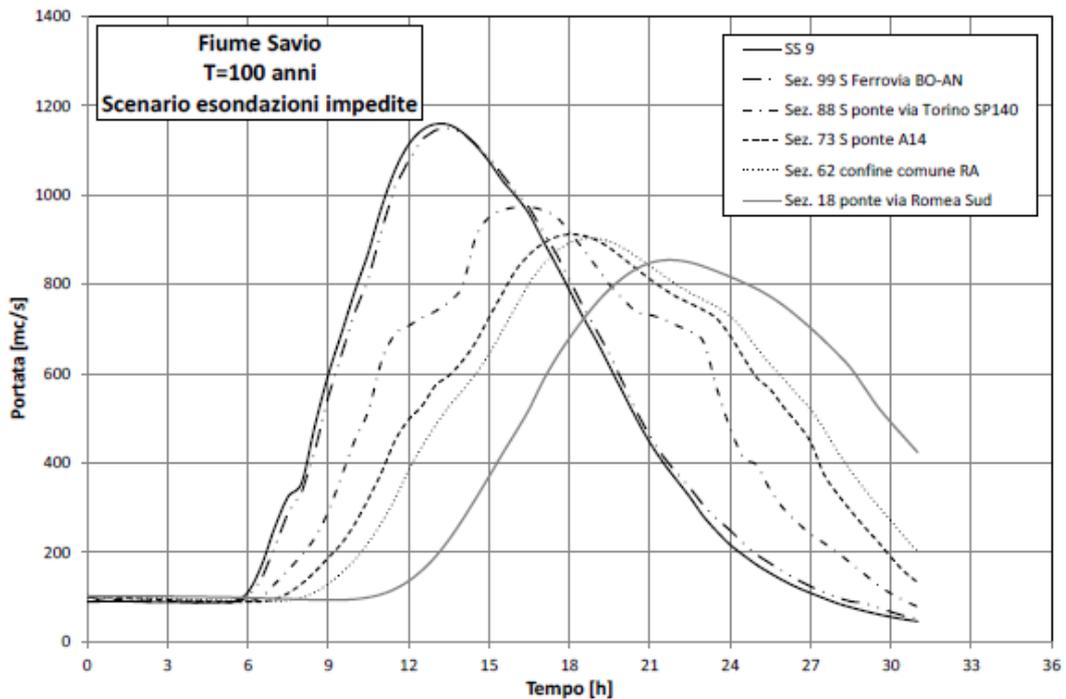


Figura 36 - Onde di piena 100-ennali del fiume Savio in varie sezioni nello scenario ad esondazioni impedito.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 16 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Dalla Figura 35 e dalla Figura 36 si nota chiaramente l'effetto di laminazione prodotto dalle aree di espansione laterali.

Dalla Figura 35, che si riferisce al caso T=200 anni, si nota come l'onda iniziale alla via Emilia (a Cesena), avente colmo pari a 1313 mc/s, si lamini molto poco fino alla Sez.97S (ponte via Ugo La Malfa) e poi si lamini in maniera molto più accentuata nel tratto a valle fino all'attraversamento della A14; infatti, il colmo si riduce a 1122 mc/s nella sezione 88 S (ponte SP140) e poi a 1031 mc/s nella sezione 73 S (attraversamento A14), con una laminazione complessiva, rispetto all'onda iniziale e alla SS9, di circa 280 mc/s, pari al 22%; la laminazione procede poi ad un ritmo molto più modesto nel tratto più a valle, fino all'ingresso nel Comune di Ravenna (Sez. 62), ove il colmo ammonta a 1020 mc/s, riducendosi di soli 11 mc/s rispetto a quello che si ha in corrispondenza della autostrada A14; infine, la laminazione prosegue con ritmi analoghi, ma un po' più accentuati, fino alla Sez.18 (ponte via Romea Sud), ove il colmo ammonta a 973 mc/s.

Analoghe considerazioni si possono desumere dall'analisi della Figura 36, che si riferisce al caso T=100 anni. Anche in tal caso, l'onda iniziale alla via Emilia, che ha colmo pari a 1168 mc/s, si lamina molto poco fino alla Sez.97S (ponte via Ugo La Malfa, portata massima 1150 mc/s); più a valle, il colmo si riduce in maniera molto più accentuata, abbattendosi a 973 mc/s nella sezione 88 S (ponte SP140) e poi a 912 mc/s nella sezione 73 S (attraversamento A14), con una laminazione complessiva, rispetto all'onda iniziale (alla SS9), di 247 mc/s, pari al 21%. Ancora più a valle il ritmo di laminazione si riduce; nella Sez.62, all'ingresso nel Comune di Ravenna, il colmo ammonta a 903 mc/s, ed è quindi inferiore di soli 9 mc/s rispetto a quello che si ha alla A14; infine, il tratto più a valle evidenzia un ritmo di laminazione un po' più accentuato, con il colmo che si riduce a 854 mc/s nella Sez.18 (ponte via Romea Sud).

4.5 Portate al colmo di piena nell'ambito di attraversamento

Facendo seguito ai risultati dello studio del Prof. Brath relativamente al corso d'acqua in esame, si evidenzia che l'ambito d'attraversamento da parte della linea in progetto (sezione di idrologica di riferimento nel presente elaborato), ricade poco a monte (a circa 1 km) del ponte della Romea

Pertanto possono essere considerate rappresentative per l'ambito d'attraversamento in esame le portate valutate sul corso d'acqua in prossimità del ponte della Romea e qui di seguito riportate in tabella.

Tab.4.5/A: Portate di riferimento nella Sezione di Studio

		Q100	Q200	q200
		(mc/s)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
Superficie Bacino				
Sezione Idrologica				
Fiume Savio	- Sez. Attraversamento	854	973	1.49

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 17 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

5 VALUTAZIONI DI CARATTERE IDRAULICO

5.1 Generalità

Lo studio idraulico è finalizzato alla valutazione dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso (velocità media della corrente, battente d'acqua, numero di Froude, carico totale e cinetico, ecc.) in considerazione di una generica portata o idrogramma di piena in uno o più ambiti di studio del corso d'acqua.

In generale le finalità ultime degli studi idraulici sono rappresentate dalla valutazione dei battenti idraulici in un tronco d'alveo 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, le verifiche idrauliche sono invece finalizzate all'individuazione dei parametri idraulici di deflusso necessari per la valutazione delle erosioni in alveo nell'ambito d'attraversamento. Ciò con lo scopo di determinare i valori di copertura in alveo della linea che assicurino gli adeguati margini di sicurezza nei confronti dei processi erosivi del letto fluviale, relativamente a tutta la vita utile dell'opera.

5.2 Considerazioni specifiche

Nel caso specifico l'interferenza idraulica in esame nel presente elaborato riguarda l'attraversamento in subalveo del corso d'acqua non del metanodotto (il quale è stato realizzato di recente), ma bensì del solo tubo portacavi DN150", il quale verrà realizzato mediante la posa del tubo mediante una tecnica in trenchless in considerazione di profondità di posa molto elevate nei confronti del fondo alveo del fiume.

Infatti la trivellazione per la posa del tubo portacavi verrà eseguita con postazioni di estremità posizionate a distanza ragguardevoli nei confronti dell'alveo e dei rilevati arginali del corso d'acqua, con una configurazione in subalveo curvilinea che assicura profondità di posa molto elevate nei confronti delle quote di fondo del letto fluviale (di circa 10 m). A tal proposito si rimanda a quanto meglio specificato nei capitoli seguenti.

In ragione di quanto sopra evidenziato risulta del tutto evidente che, nel caso specifico, il tubo portacavi verrà posizionato in assoluta sicurezza nei confronti dei processi erosivi del fondo alveo e pertanto non si è ravvisata la necessità di sviluppare degli specifici studi idraulici finalizzati alla valutazione di detti fenomeni di approfondimento d'alveo, in quanto ritenuti superflui.

Detto ciò, a titolo prettamente conoscitivo in merito alla specifica argomentazione, nel presente capitolo ci si limita esclusivamente a riferire dei risultati di altri studi idraulici (di carattere ufficiale) eseguiti nell'ambito fluviale in esame (con particolare riferimento allo studio del Prof. Brath, già analizzato dal punto di vista idrologico nel capitolo precedente) e ad illustrare i risultati degli studi idraulici sviluppati nel corso della redazione del PAI, i quali sono stati sintetizzati nella cartografia tematica prodotta nell'ambito degli elaborati di piano.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 18 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

5.3 Studio Prof. Brath - Febb.2018

Premessa

Facendo seguito a quanto già illustrato nel capitolo 4.4 lo studio sul corso d'acqua in esame è stato commissionato dal comune di Ravenna, per verificare le eventuali problematiche di esondazioni per sormonto arginale, ed è stato redatto dal Prof. Ing. Armando Brath, nel Febbraio 2018.

Le valutazioni idrauliche su corso d'acqua hanno considerato il tronco d'alveo a partire dal ponte della via Emilia sino alla foce in mare, in considerazione di eventi piena con tempi di ritorno di 100 e 200 anni.

La modellazione idrologica - idraulica è stata effettuata in considerazione di n.2 possibili scenari:

- scenario "ad esondazioni libere": tenendo conto delle esondazioni nel caso possa verificarsi insufficienza idraulica dei tratti fluviali in Comune di Ravenna interessati da esondazione per sormonto arginale";
- scenario "ad esondazioni impedito": non tenendo in conto dei sormonti (e quindi delle relative laminazioni) per sormonto arginale;

Per l'illustrazione dei criteri di elaborazione utilizzati per la modellazione idraulica si rimanda alla visione degli elaborati di report disponibili on line presso il link <http://bit.ly/studio-brath>

Risultati della modellazione

I risultati della modellazione idraulica per il corso d'acqua sono sintetizzati nella Tavola 5 dello studio denominato "TAV. 5 - Profili del pelo libero del fiume Savio per gli eventi di piena di tempo di ritorno $T=100$ e 200 anni, nelle condizioni di esondazioni impedito e di esondazioni libere", nel quale sono riportati i profili del pelo libero al transito del colmo della piena 100-ennale e di quella 200-ennale, a partire dal ponte della via Emilia (SS9) verso valle.

A tal proposito nella figura seguente (Fig.5.3/A) si riporta uno stralcio della sopracitata Tavola 5, in considerazione del tratto dove ricade l'attraversamento da parte della linea in progetto (indicato mediante una freccia in rosso).

Dall'analisi della figura seguente si rileva, che in considerazione dello scenario "ad esondazioni impedito", nel tratto di attraversamento la portata 200-ennale non risulta contenuta dai rilevati arginali e peraltro si rilevano dei tiranti di sommergezza piuttosto significativi.

Contrariamente in considerazione dello scenario "ad esondazioni libere", l'onda di piena (sia 100-ennale, che 200-ennale) risulta adeguatamente contenuta dai rilevati arginali, relativamente al tratto di attraversamento in esame.

Nello studio, relativamente a questo scenario, evidenzia una sostanziale differenza nei confronti degli studi dell'Autorità di bacino (il quale evidenziava per tutto il tratto esondazioni significativa), in considerazione di una migliore valutazione dei parametri morfologici dell'alveo.



PROGETTISTA TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

RE-CIV-002

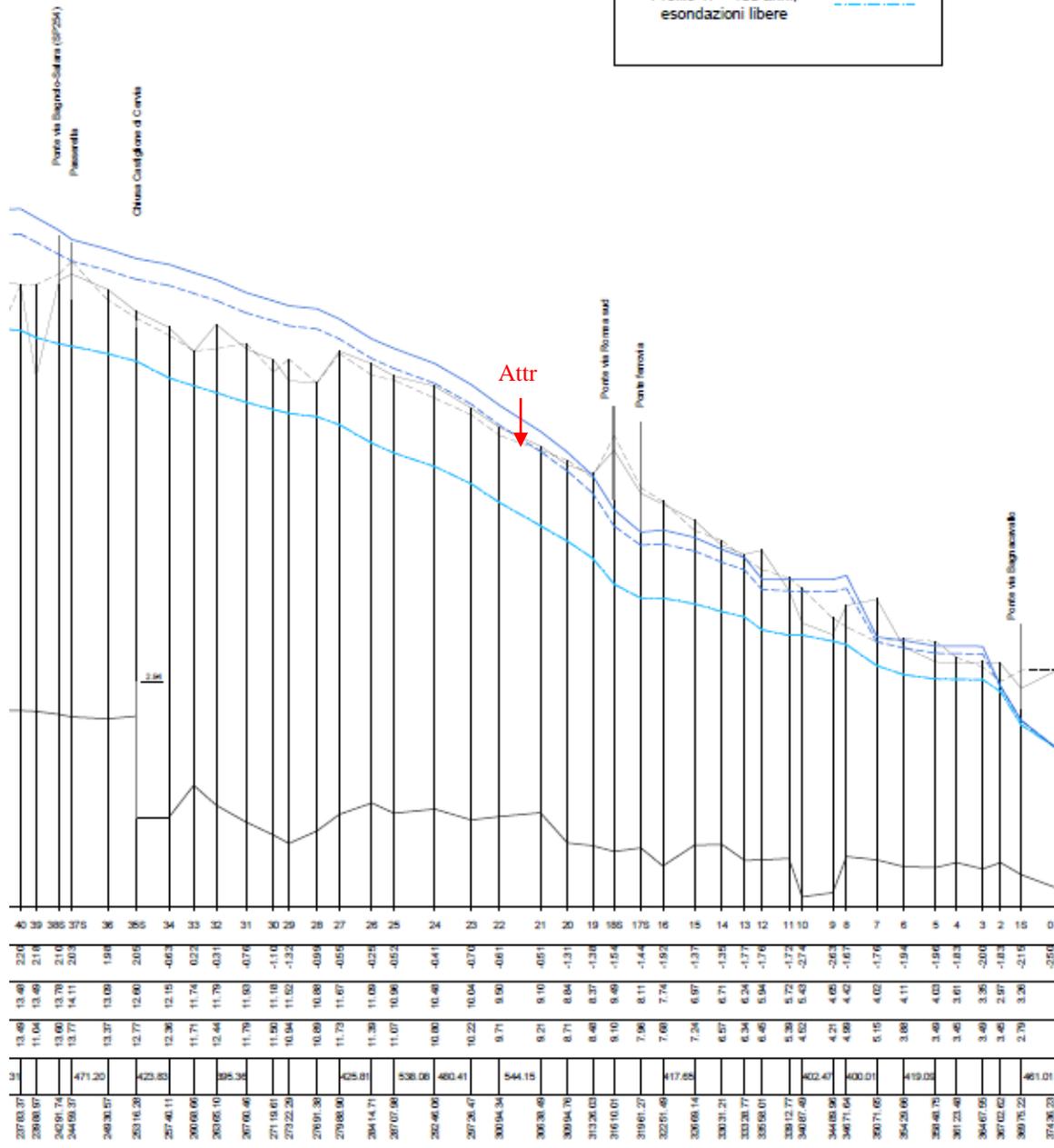
PROGETTO
RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE

Fg. 19 di 42

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

LEGENDA	
Profilo Tr = 200 anni, esondazioni impedito	
Profilo Tr = 100 anni, esondazioni impedito	
Profilo Tr = 200 anni, esondazioni libere	
Profilo Tr = 100 anni, esondazioni libere	



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 20 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Fig.5.3/A: Stralcio della Tav.5 - Studio prof. Brath (Feb.2018)

5.4 PAI - Sintesi dei risultati riferiti al contesto

Nel presente paragrafo si è provveduto ad illustrare i risultati degli studi idraulici sviluppati nel corso della redazione del PAI, i quali sono stati sintetizzati nella cartografia tematica prodotta nell'ambito degli elaborati di piano.

In particolare nella seguente figura (Fig. 5.4/A) si riporta uno stralcio della Tav. 240e, in scala 1:25.000, della Perimetrazione Aree a Rischio Idrogeologico del PAI, nel quale:

-) *Alveo* (Art.2 ter): 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 nelle quali si riconosce la possibilità di allagamenti a seguito di piene del reticolo minore e di bonifica, nonché di sormonto degli argini da parte di piene dei corsi d'acqua principali di pianura, in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore ai 200 anni, senza apprezzabili effetti dinamici.

-) *Distanza di rispetto dai corpi arginali* (Art.10): distanza minima (riferita al piede esterno delle arginature dei corsi d'acqua principali di pianura) a cui tenere la localizzazione delle previsioni insediative in termini di pianificazione urbanistica da parte dei comuni territorialmente competente.

Nella tavola sono state inoltre inserite le informazioni relative all'intervento in progetto ed al metanodotto in esercizio. In particolare:

- la linea in rosso: rappresenta il tracciato di progetto del metanodotto in progetto;
- la linea in verde: rappresenta il metanodotto in esercizio (da dismettere, successivamente la messa in gas del metanodotto attualmente in progetto);
- il spezzata in magenta: rappresenta il breve tratto dove è progettualmente prevista la posa del solo tubo portacavi;
- cerchio in blu: rappresenta l'ambito fluviale dove è previsto l'attraversamento da parte dell'intervento in progetto con l'alveo del corso d'acqua in esame.



PROGETTISTA TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

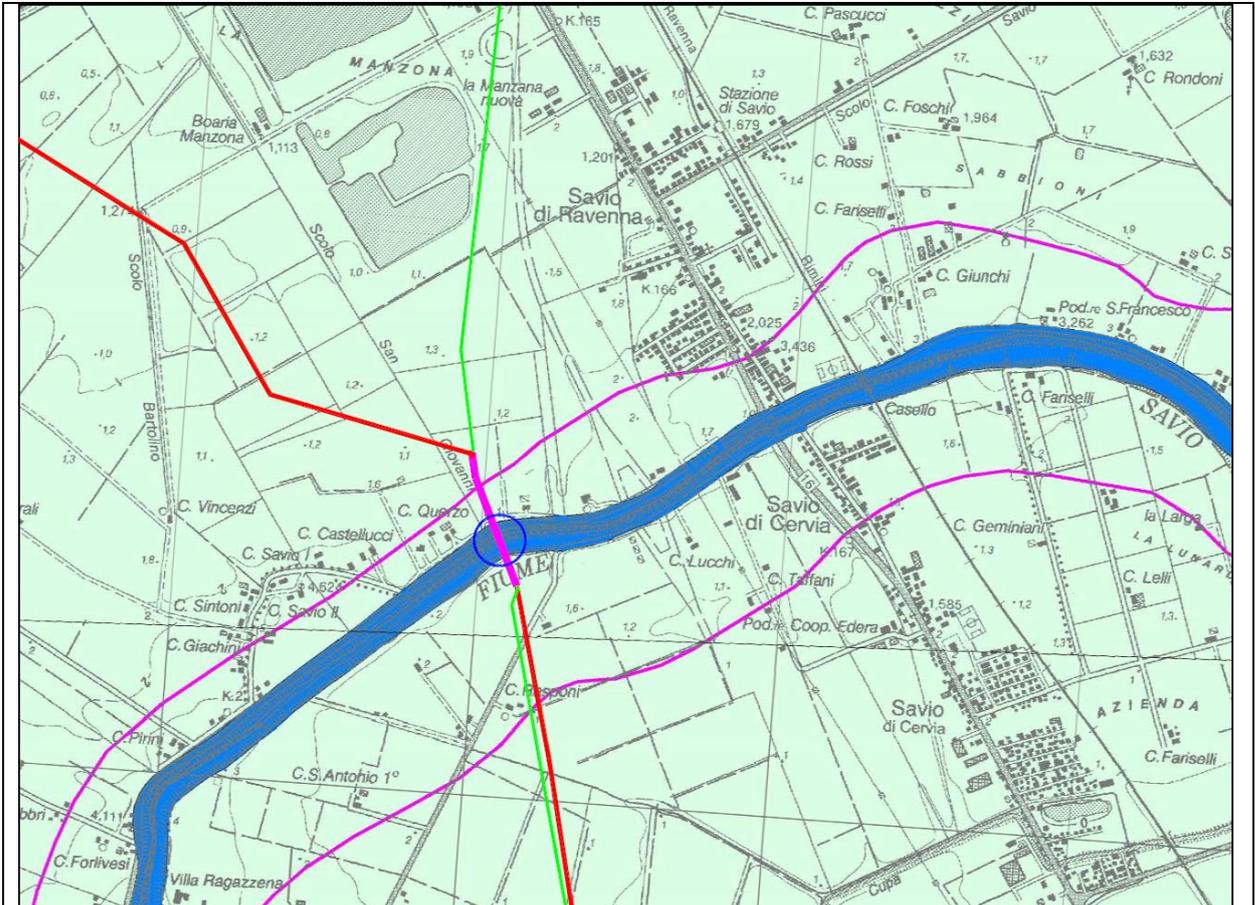
RE-CIV-002

PROGETTO
RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA -
CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26")
- DP 75 bar ED OPERE CONNESSE

Fg. 21 di 42

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030



Aree a rischio idrogeologico

Titolo II - "Assetto della rete idrografica"

- Art. 2 ter - alveo: piena ordinaria porzione incisa
- Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione
- Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione
- Art. 6 - aree di potenziale allagamento
- Art. 10 - distanze di rispetto dai corpi arginali

Fig.5.4/A: Stralcio Tav.240e (cartografia PAI), in scala 1:25.000, con interferenze di linea

Nella seguente figura (Fig. 5.4/B) si riporta invece uno stralcio della Tav. 240e_tir, in scala 1:25.000, di cui all'Allegato 6 della Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche "Allegato 6 - tiranti idrici di riferimento per la aree di pianura.

Nella tavola sono state inoltre inserite le medesime informazioni relative all'intervento in progetto ed al metanodotto in esercizio già indicate per la figura precedente.

In sintesi, nel caso specifico, la Fig.5.4/B consente di visualizzare anche i range dei tiranti idrici in prossimità dell'ambito d'intervento.



PROGETTISTA TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

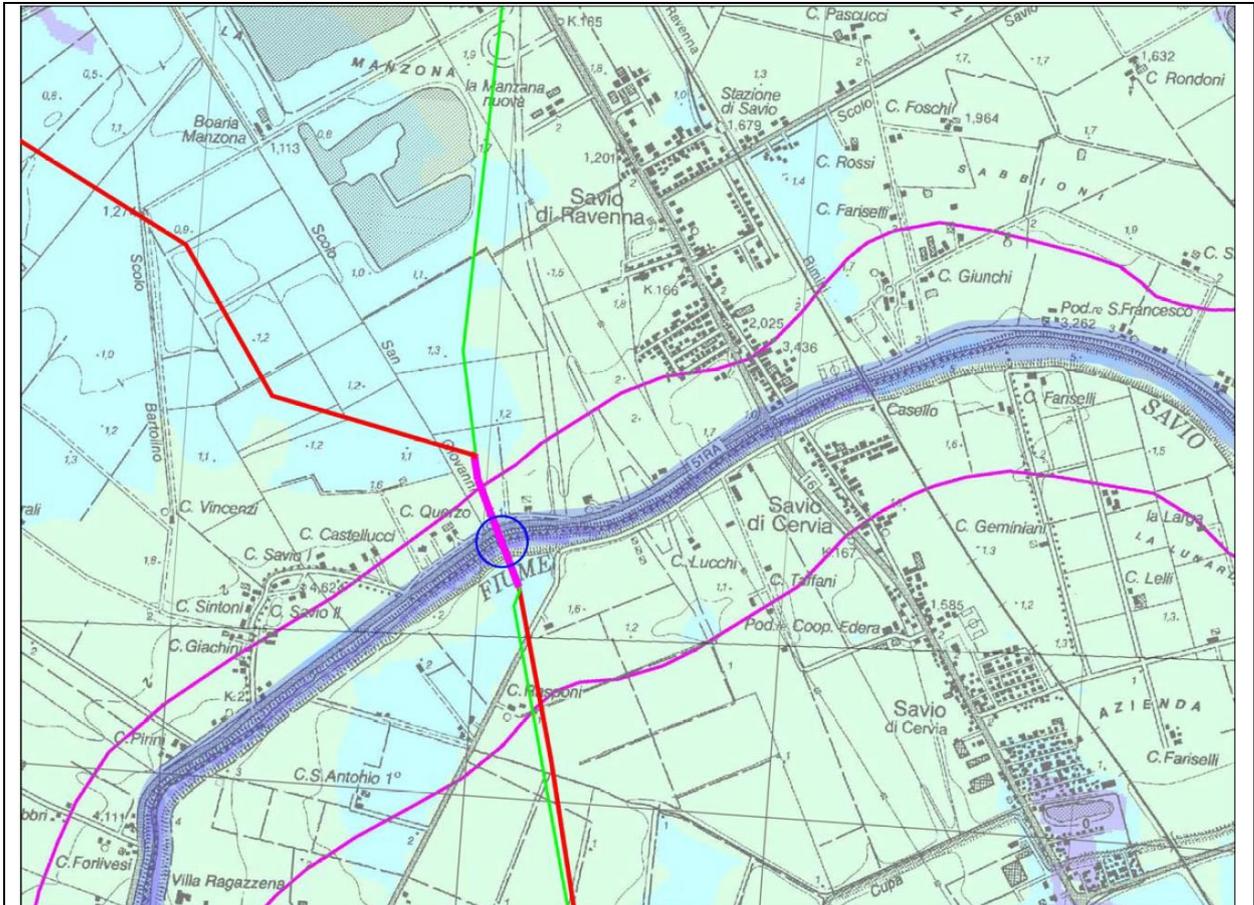
RE-CIV-002

PROGETTO
RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA –
CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26")
– DP 75 bar ED OPERE CONNESSE

Fg. 22 di 42

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030



Art. 6: Aree di potenziale allagamento

Tirante idrico di riferimento

Fino a 50 cm

Da 50 a 150 cm

Oltre 150 cm

Tirante idrico convenzionale

20 cm

50 cm

Art. 10: Distanze di rispetto dai corpi arginali

Fig.5.4/B: Stralcio Tav.240e (All.6 - Direttiva) in scala 1:25.000, con interferenze di linea

Dall'analisi delle figure precedentemente riportate, si evince che nello specifico le interferenze con l'alveo del corso d'acqua riguardano esclusivamente il tratto di posa del tubo portacavi (il quale verrà collocato in trivellazione di subalveo).

Nei tratti terminali della trivellazione (dove il tubo portacavi verrà posizionato con copertura ordinaria di linea), si interferisce con delle aree di potenziale allagamento (che riguardano l'intera area di pianura) con potenziali tiranti idraulici fino a 50cm in sinistra e tra 50 e 150 cm in destra.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 23 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

6 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

6.1 Metodologia costruttiva: TOC

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

In tal senso l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'attraversamento ha condotto alla individuazione del sistema di attraversamento in trenchless mediante la tecnica della *Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)*, ovvero *Horizontal Directional Drilling*.

Tale sistema operativo è stato individuato nel caso specifico con lo scopo di salvaguardare dalle operazioni di scavo i corpi arginali presenti in adiacenza dell'alveo del corso d'acqua, nonché in considerazione delle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua, della configurazione morfologica dell'alveo, dell'assetto litostratigrafico e della verifica di disponibilità di spazi per l'allestimento della colonna varo.

Peraltro il diametro ridotto della condotta da posizionare (solo il tubo portacavi - DN150) rende molto agevole l'impiego di questa tecnica costruttiva.

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

Il sistema peraltro consente di posizionare la condotta ad elevate profondità in subalveo (quindi ben oltre ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento); permettendo inoltre di prevedere una configurazione della condotta in subalveo "a corda molle", tale da assicurare adeguate distanze di sicurezza del tubo nei confronti dell'alveo e degli argini del corso d'acqua.

6.2 Configurazioni di progetto del tubo portacavi

Considerazioni preliminari

Il sistema permette la realizzazione di una geometria di attraversamento con elevate coperture rispetto al fondo alveo; questa caratteristica, unitamente a quelle esecutive, intrinseche del sistema operativo, garantisce la minimizzazione di ogni possibile interferenza con il sistema idrico di subalveo e con il terreno di trivellazione.

In particolare la definizione geometrica del tunnel e quindi del tubo portacavi, viene effettuata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della trivellazione e del tubo.

E' necessario infatti, assicurare adeguate profondità del cavo al di sotto dell'alveo e dei manufatti in superficie, rispettando allo stesso tempo i raggi di curvatura minimi consentiti dalla tubazione (in generale di almeno 1200 volte il diametro della condotta), sia in termini di sollecitazioni indotte nel terreno che nei riguardi delle operazioni di varo della condotta.

La garanzia rispetto ai fenomeni di filtrazione in sub-alveo ed alle sollecitazioni indotte in superficie è insita nella configurazione geometrica del tunnel stesso. Infatti, nel corso

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 24 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

della sua definizione geometrica è stata privilegiata la geometria di progetto che, interessando terreni posti ad "elevate profondità", soddisfa sostanzialmente ai seguenti criteri di sicurezza:

- le elevate profondità di posa del tunnel presuppongono percorsi preferenziali di filtrazione lungo il suo profilo molto più lunghi di quelli che si avrebbero naturalmente;
- le distanze in orizzontale e le profondità della trivellazione dalle sponde e dagli argini sono particolarmente elevate e dunque sono tali da escludere qualsiasi alterazione dello stato tensionale e di deformazione in superficie.
- La copertura minima individuata per la trivellazione in progetto risulta inoltre tale da assicurare ampi margini di sicurezza rispetto agli eventuali fenomeni erosivi di fondo alveo determinati dalla corrente idrica.

Configurazione di progetto

Il profilo di trivellazione è caratterizzato da una configurazione costituita e da 3 tratti rettilinei (2 alle estremità e uno centrale) e da 2 tratti curvilinei intermedi.

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- Lunghezza dello sviluppo complessivo della trivellazione: di circa 230m;
- Sviluppo complessivo dei tratti rettilinei: di circa 90m;
- Sviluppo complessivo dei tratti curvilinei: di circa 140m;
- Raggio di curvatura dei tratti curvilinei pari a: 250 m;
- Postazione Rig (entrata trivellazione): in destra idrografica, nel lato di valle in senso gas;
- Postazione uscita trivellazione: in sinistra idrografica, nel lato di monte in senso gas;
- Pista di varo: in sinistra idrografica;
- angoli sull'orizzontale di entrata e di uscita della trivellazione: 16° (entrambi);
- distanza verticale minima della trivellazione dal piede esterno del rilevato arginale: circa 13 metri (sia nel lato in destra idrografica, che in sinistra idrografica);
- distanza orizzontale minima delle postazioni di estremità della trivellazione nei confronti del piede esterno dei rilevati arginali: oltre 55m, nel lato in sinistra idrografica;
- copertura minima della trivellazione dalle quote di fondo alveo: di 10metri;

Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento si rimanda alla visione del Disegno di Attraversamento.

6.3 Considerazioni inerenti alla geometria di trivellazione

La copertura minima in subalveo di progetto, essendo di circa 10m, risulta ben oltre ad ogni ragionevole possibilità di erosione di fondo alveo del corso d'acqua.

Le distanze in orizzontale e le profondità della trivellazione dalle sponde e dagli argini sono molto significative e dunque sono tali da escludere qualsiasi alterazione dello stato tensionale e di deformazione in superficie.

Pertanto la configurazione di progetto della trivellazione di posa del tubo consente di assicurare l'adeguata sicurezza nei confronti dei potenziali processi erosivi che possano interessare sia il fondo che le sponde del corso d'acqua; inoltre la stessa consente di assicurare l'assenza di alterazioni indotte nel contesto morfologico dell'alveo durante le fasi costruttive dell'opera.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 25 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

6.4 Descrizione del sistema operativo della TOC

Il procedimento della Trivellazione Orizzontale Controllata è un miglioramento della tecnologia e dei metodi sviluppati per la perforazione direzionale dei pozzi petroliferi. L'uso del metodo si sviluppò rapidamente a partire dai primi anni '80, prima negli Stati Uniti e poi in Europa, trovando applicazione in numerosi attraversamenti fluviali, in un vasto campo di diametri, lunghezze e situazioni litologiche.

Tra le tecnologie di attraversamento di tipo *trenchless*, la T.O.C. presenta la caratteristica di permettere la posa della condotta operando direttamente dal piano campagna, senza la necessità di opere accessorie quali pozzi di partenza e di arrivo.

In generale il procedimento impiegato negli attraversamenti mediante l'impiego della metodologia "Trivellazione Orizzontale Controllata" è composto da tre fasi.

La *prima fase* consiste nella trivellazione di un foro pilota (di piccolo diametro) lungo un profilo direzionale prestabilito.

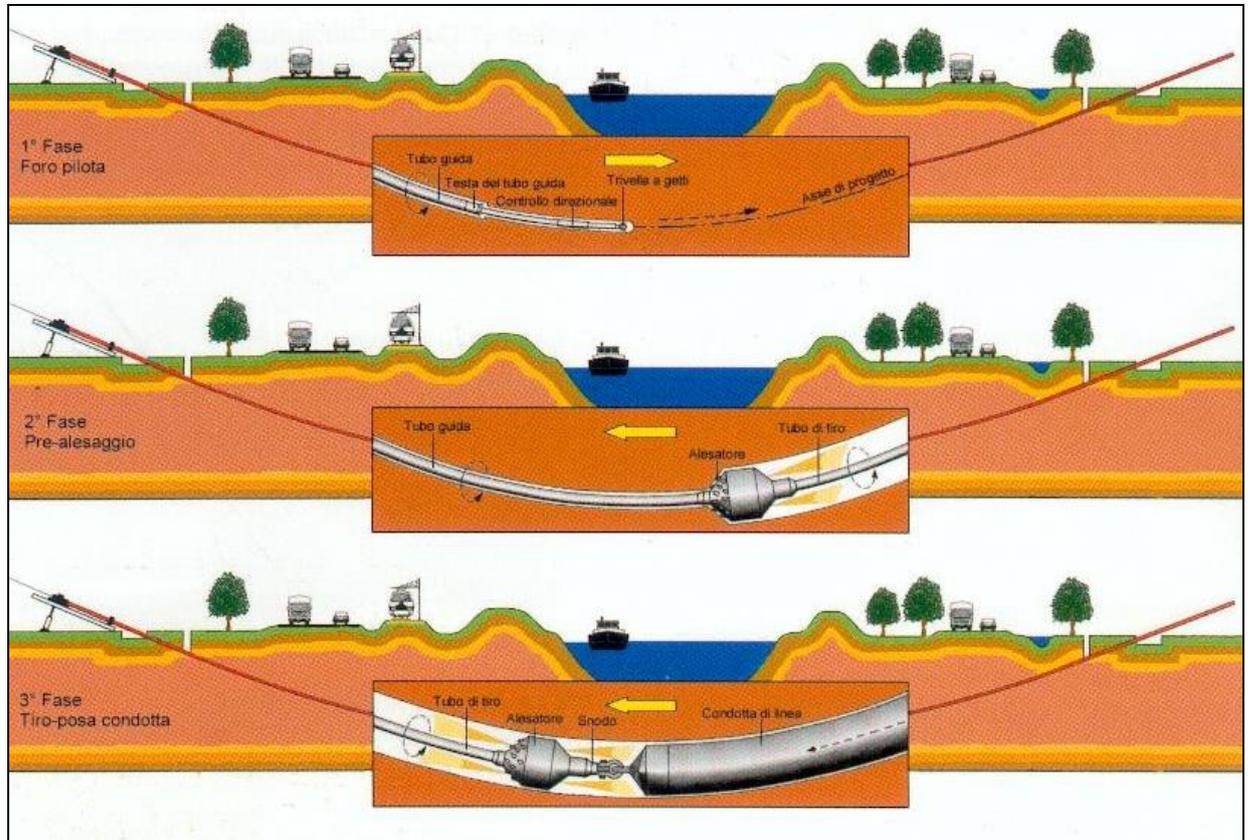
La *seconda fase* implica l'allargamento (pre-alesaggio) del foro pilota, con lo scopo di incrementare il diametro del foro precedentemente eseguito. Il numero dei pre-alesaggi dipende dal diametro della condotta da posare. In taluni casi, per la posa di piccole condotte non risulta necessario eseguire la fase di pre-alesaggio, quindi dopo la realizzazione del foro pilota, si passa direttamente all'esecuzione della condotta tiro-posa della condotta.

La *terza fase* (denominata tiro-posa della condotta) viene eseguita al termine della fase di alesatura (oppure contemporaneamente a questa) e consiste nel tiro- posa della condotta da installare entro il perforo opportunamente allargato a partire dall'estremità opposta alla posizione del RIG di perforazione.

Nella figura seguente è riportata una schema grafico illustrativo delle fasi di lavoro.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 26 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030



T.O.C.- Fasi di lavoro

Esecuzione del foro pilota

Il foro pilota viene realizzato facendo avanzare la batteria di aste pilota (di piccolo diametro) con in testa una lancia a getti di fango bentonitico che consente il taglio del terreno (jetting).

Nelle fasi di esecuzione del foro pilota, così come nelle successive fasi di alesaggio e di varo della condotta, sarà previsto il monitoraggio in continuo della pressione del fango di perforazione al fine di eliminare ogni possibile interferenza tra le operazioni di trivellazione ed il sistema fisico circostante.

Al fine di minimizzare le interferenze con l'ambiente esterno e con le falde acquifere (a carattere esclusivamente fisico e comunque di entità molto limitata) si prevederà l'utilizzo di miscele bentonitiche (fango di perforazione).

Questi accorgimenti consentiranno la saturazione di eventuali microfessurazioni che dovessero formarsi nell'intorno dell'asse di trivellazione, garantendo che durante l'esecuzione dell'attraversamento non si verifichi la formazione di vie preferenziali di filtrazione lungo l'asse di trivellazione.

I cambi di direzione necessari sono ottenuti ruotando le aste di perforazione in modo tale che la direzione della deviazione coincida con quella desiderata (asse trivellazione).

Il tracciato del foro pilota sarà controllato durante la trivellazione da frequenti letture dell'inclinazione e dell'azimut all'estremità della testa di perforazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 27 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Ad intervalli regolari la perforazione del foro pilota viene interrotta per consentire l'inserimento di un tubo guida (*wash pipe*) mediante movimento di rotazione ed avanzamento; il tubo guida riduce l'attrito tra asta e terreno, permette di orientare l'asta senza difficoltà e facilita il trasporto verso la superficie dei materiali di scavo; esso, inoltre, serve a mantenere aperto il foro qualora sia necessario ritirare l'asta pilota.

Il foro pilota sarà completato quando sia l'asta pilota che il tubo guida fuoriusciranno alla superficie sul lato opposto al Rig. La testa di perforazione sull'asta pilota viene rimossa e l'asta stessa viene quindi ritirata, lasciando il tubo guida lungo il profilo di progetto.

Alesaggio del foro e tiro-posa della condotta

In base ai riscontri ottenuti durante la perforazione del foro pilota ed in base alle caratteristiche dei terreni attraversati, verrà deciso se effettuare contemporaneamente l'alesaggio ed il tiro della condotta oppure eseguire ulteriori alesaggi.

Questa fase consisterà nell'allargamento del foro pilota per mezzo di un alesatore. Tale operazione potrà essere eseguita prima del tiro-posa della condotta o contemporaneamente ad esso.

Nel caso di prealesatura, la fresa ed i relativi accessori verranno fissati al tubo guida nel punto di uscita. Quindi la fresa verrà fatta ruotare e contemporaneamente tirata dal rig di perforazione, allargando in questo modo il foro pilota. Contestualmente all'avanzamento della testa fresante, dietro di essa verranno assemblate nuove aste di tubo guida per garantire la continuità di collegamento all'interno del foro.

Durante le fasi di trivellazione, di prealesatura e di tiro-posa, verrà impiegato del fango bentonitico. Questo fango, opportunamente dosato in base al tipo di terreno, avrà molteplici funzioni quali ridurre gli attriti nelle fasi di scavo, trasportare alla superficie i materiali di scavo, mantenere aperto il foro, lubrificare la condotta nella fase di tiro-posa e garantirne il galleggiamento.

L'insieme del cantiere di perforazione è costituito dal rig vero e proprio, dall'unità di produzione dell'energia, dalla cabina di comando, dall'unità fanghi, dall'unità approvvigionamento idrico, dall'unità officina e ricambi, dalla trivella, dalle aste pilota, dalle aste di tubo guida, dalle attrezzature di alesaggio e tiro-posa e da una gru di servizio.

Tutte queste attrezzature saranno assemblate ed immagazzinate in container in modo da essere facilmente trasportabili su strada "in sagoma".

Montaggio della condotta

Dal lato opposto a quello dove sarà posizionato il Rig verrà eseguito la prefabbricazione della colonna di varo.

Ove le dimensioni del cantiere e le attrezzature a disposizione lo consentano, la colonna di varo verrà preferibilmente assemblata in un'unica soluzione per evitare tempi di arresto, per saldature ed operazioni di controllo e rivestimento dei giunti, durante la fase di tiro-posa.

A saldatura completata verranno eseguiti i controlli non distruttivi delle saldature (radiografie) e successivamente si provvederà al rivestimento dei giunti di saldatura.

La colonna, prima del tiro-posa, verrà precollaudata idraulicamente.

Per l'esecuzione del tiro-posa verrà predisposta una linea di scorrimento della colonna (rulli, carrelli o sostentamento con mezzi d'opera).

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 28 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Durante il varo, l'ingresso della condotta nel foro verrà facilitato, facendole assumere una catenaria predeterminata in base all'angolo d'ingresso nel terreno, al diametro ed al materiale della condotta; ciò permetterà di evitare sollecitazioni potenzialmente dannose sulla condotta da varare.

Al fine di ridurre al massimo le sollecitazioni indotte alla tubazione, durante la fase di tiro-posa, dovranno essere rigorosamente rispettati i valori di raggio minimo di curvatura elastica della tubazione.

Al termine dei lavori verrà redatto un elaborato riportante l'esatto posizionamento della condotta così come realmente posta in opera.

Ripristino dell'area di attraversamento

Al termine dei lavori, effettuati i collegamenti della sezione in tunnel con il tubo di linea alle due estremità della trivellazione, si procede alle operazioni di recupero ambientale dei luoghi. Smobilitato il cantiere di trivellazione, si passa ai movimenti terra per il ripristino morfologico del piano di campagna.

Vengono dunque rinterrate le buche e risistemata la pista di varo. Successivamente si effettua il livellamento superficiale, riportando lo strato di humus accantonato al momento dell'inizio lavori.

Infine, in funzione della natura e della sensibilità ambientale dei luoghi, si procede ai ripristini mediante interventi di rinaturalizzazione per il completo recupero ambientale dell'area.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 29 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

7 ANALISI DELLA PROBLEMATICHE DEL SIFONAMENTO

7.1 Generalità

Come è noto, il sifonamento può essere descritto come un flusso concentrato di acqua in cui la velocità è sufficientemente alta da provocare il trasporto delle particelle più fini, anche in direzione verticale. L'inizio del trasporto è associato al raggiungimento di un gradiente di efflusso, detto gradiente critico, il cui valore è ricavabile dal rapporto tra il peso di volume del terreno immerso e quello del fluido in movimento.

Il fenomeno, una volta avviato, può innescare un processo regressivo di erosione con la formazione di buche e cavità nel terreno di fondazione dell'argine, conducendo di conseguenza ad una continua amplificazione delle portate e della erosione.

Nonostante sia noto che i terreni maggiormente soggetti a rischio di sifonamento siano quelli non coesivi, sabbiosi ed uniformemente gradati, la previsione del rischio effettivo presenta ampi margini di incertezza. Le difficoltà di previsione scaturiscono dal peso che, nella dinamica del problema, assumono una serie di fattori locali quali la effettiva distribuzione granulometrica del terreno, l'omogeneità delle caratteristiche di permeabilità e granulometria, la disponibilità di eventuali componenti di resistenza al taglio di natura coesiva dovuta alla presenza di materiali fini.

Esperienze condotte negli Stati Uniti, in Germania ed in Olanda hanno mostrato ad esempio che, nel caso di flusso verticale proveniente da uno strato sabbioso ed attraversante uno strato di copertura di modesto spessore e natura sabbioso-limoso, il sifonamento può essere nei fatti innescato già per valori di gradienti medi prossimi a 0.5, quindi molto inferiori al valore del gradiente critico teorico, che è sempre dell'ordine di 0.8÷1.0 [CUR-TAW: Guide for the design of river dikes, Olanda 1991].

A conclusione di queste brevi considerazioni sul problema del sifonamento, vale la pena ricordare come le esperienze acquisite nel campo del *Horizontal Directional Drilling*, tanto in Italia quanto all'estero, mostrano che se correttamente eseguite (elevate profondità di perforazione, ridotta cavità tra tubo e terreno), sono adeguatamente sufficienti per prevenire i rischi di sifonamento.

Da tali considerazioni emerge come, in fase di progetto, sia necessario verificare che il sistema venga configurato in modo da garantire adeguati coefficienti di sicurezza al sifonamento; questo tipo di verifica deve essere condotto, valutando di volta in volta se esistono condizioni geotecniche, idrauliche e geometriche tali da innescare il fenomeno ed adottando coefficienti di sicurezza commisurati al livello di conoscenza acquisito.

7.2 Metodologia di calcolo

Con lo scopo di mostrare quanto la geometria della trivellazione individuata per il progetto d'interesse sia tale da configurare elevate condizioni di sicurezza per sifonamento, nelle verifiche mostrate nei paragrafi seguenti, si suppone che l'asse di trivellazione costituisca un percorso preferenziale di filtrazione a permeabilità superiore rispetto al terreno in situ.

Si presuppone quindi che la fase più critica per tale configurazione si abbia a breve termine e precisamente a conclusione delle fasi di avanzamento nella trivellazione del tunnel in quanto a lungo termine la presupposte cavità presenti in prossimità della condotta si intasano velocemente per effetto del consolidamento del terreno.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 30 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Nelle condizioni ordinarie per le quali le trivellazioni sono giudicate fattibili si può senz'altro escludere la possibilità che, a lungo termine, attorno alla condotta possa configurarsi, in modo continuo lungo il profilo di trivellazione, una fascia di terreno che rispetto a quello in situ possa rappresentare una "via preferenziale" per i moti di filtrazione delle acque di sub-alveo.

Le problematiche legate alla interferenza tra la realizzazione dell'attraversamento ed il regime di filtrazione di sub-alveo, assumono importanza progettuale crescente con l'aumentare del carico idraulico; mentre nessun problema può rilevarsi per alvei incassati, il cui moto di filtrazione avviene longitudinalmente lungo il corso d'acqua, all'opposto di quanto avviene per alvei pensili il cui moto può avvenire trasversalmente al corso d'acqua.

Le metodologie disponibili per i calcoli di verifica variano dai metodi basati su soluzioni semplificate di tipo empirico, analitico e numerico in grado di fornire rapide valutazioni fino ai metodi a differenze ed elementi finiti, in grado di descrivere situazioni complesse nello spazio tridimensionale.

Tuttavia alla precisione matematica dei modelli più sofisticati non corrisponde un'altrettanta affidabilità dei dati di input che ne definiscono il campo; relativamente al coefficiente di permeabilità, sono infatti da evidenziare due ordini di difficoltà.

La prima è relativa alla schematizzazione spaziale delle caratteristiche di permeabilità dei terreni in situ: il gradiente del coefficiente di permeabilità dipende spiccatamente dalla variabilità litologica e stratigrafica dei terreni, dal loro grado di consolidazione e dal loro comportamento anisotropo; da qui la necessità di disporre di un esteso campionamento, spesso oneroso. A questo, sono da aggiungere le difficoltà legate alla omogeneità dei valori misurati con le prove di permeabilità (per i coefficienti di permeabilità sono rilevabili differenze dell'ordine di 10 volte tra le prove in situ e quelle su campioni indisturbati).

La seconda difficoltà è attinente alla determinazione del coefficiente di permeabilità dell'insieme "terreno - fango di perforazione" in quanto esso è dipendente da numerosi fattori, come la composizione reologica del fango, le modalità esecutive e la natura del terreno. In aggiunta, tale valore è generalmente variabile nel tempo (con la consolidazione) e lungo il profilo della trivellazione stessa.

Per questi motivi in determinate situazioni può risultare praticamente inutile ricorrere a modelli di calcolo estremamente sofisticati. Viceversa, l'impiego di soluzioni analitiche semplificate può condurre a soluzioni affidabili, in termini di sicurezza, se i modelli di calcolo e le schematizzazioni introdotte sono attinenti alle situazioni reali.

Le metodologie di calcolo di seguito utilizzate sono:

verifica di tipo speditivo. Sulla base di approssimazioni semplificative si verifica al sifonamento il percorso della trivellazione prescindendo dai percorsi di filtrazione naturalmente presenti;

metodo di Bligh - Lane. Il metodo si basa sul confronto tra il più breve percorso di filtrazione "naturale" e quelli alternativi che possono instaurarsi per effetto della trivellazione, verificando che questi ultimi abbiano sempre una "lunghezza equivalente maggiore".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 31 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

7.3 Verifica di tipo speditivo

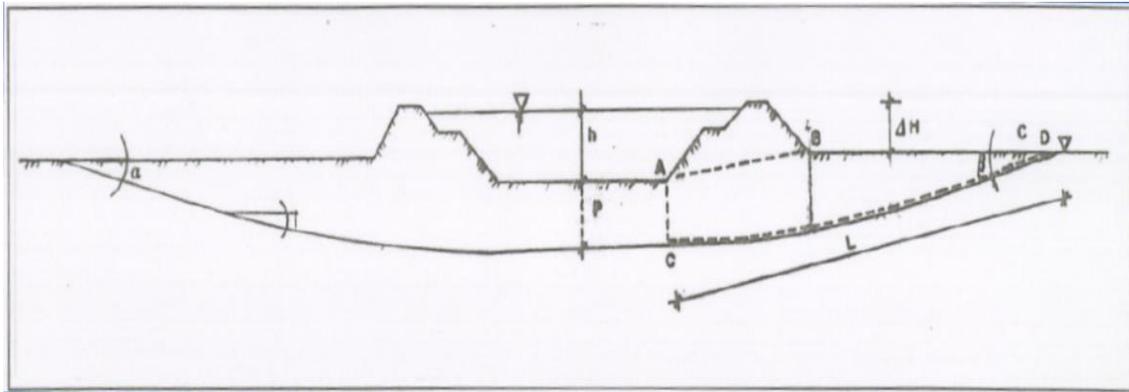


Fig. 7.3/A: Sezione schematica per la verifica speditiva al sifonamento

Con riferimento alla figura precedente, le ipotesi di calcolo sono le seguenti:

1. si ipotizza che il foro di trivellazione costituisca una "via preferenziale", cioè che tra i possibili percorsi di filtrazione sia quello caratterizzato da perdite di carico idraulico minime (ACD); non vengono quindi considerati eventuali percorsi di filtrazione "naturali" più brevi, come ad esempio il percorso AB;
2. nel tratto verticale AC si considerano nulle le perdite di carico. Ipotesi molto cautelativa rispetto alla situazione reale;
3. il foro di trivellazione è assimilato ad un "tubo di flusso" continuo, contenente una miscela di fango bentonitico e terreno disturbato con caratteristiche di permeabilità uniformi lungo il profilo di trivellazione. Tale esemplificazione, pur risultando cautelativa rispetto alla situazione effettiva, è quella che più si allontana dalla realtà.

Il coefficiente di sicurezza al sifonamento η risulta:

$$\eta = i_c / i = \frac{\gamma' L}{\gamma_w \Delta h} \geq 1,5$$

con:

$i_c = \gamma' / \gamma_w$	gradiente idraulico critico;
$i = \Delta h / L$	gradiente idraulico effettivo;
$\gamma' = \gamma_t - \gamma_w$	peso efficace del "terreno - miscela di perforazione";
Δh	valore massimo del dislivello piezometrico;
L	valore minimo della lunghezza del percorso di filtrazione.

Considerando che la condizione di calcolo è transitoria, di durata limitata al periodo di consolidazione, si considera 1,5 il valore minimo accettato per il coefficiente di sicurezza.

Nella figura seguente tale espressione è stata rappresentata parametrando il coefficiente di sicurezza in funzione di L e Δh e considerando un peso efficace del "terreno - miscela di perforazione" pari a 0.4 t/mc.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 32 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

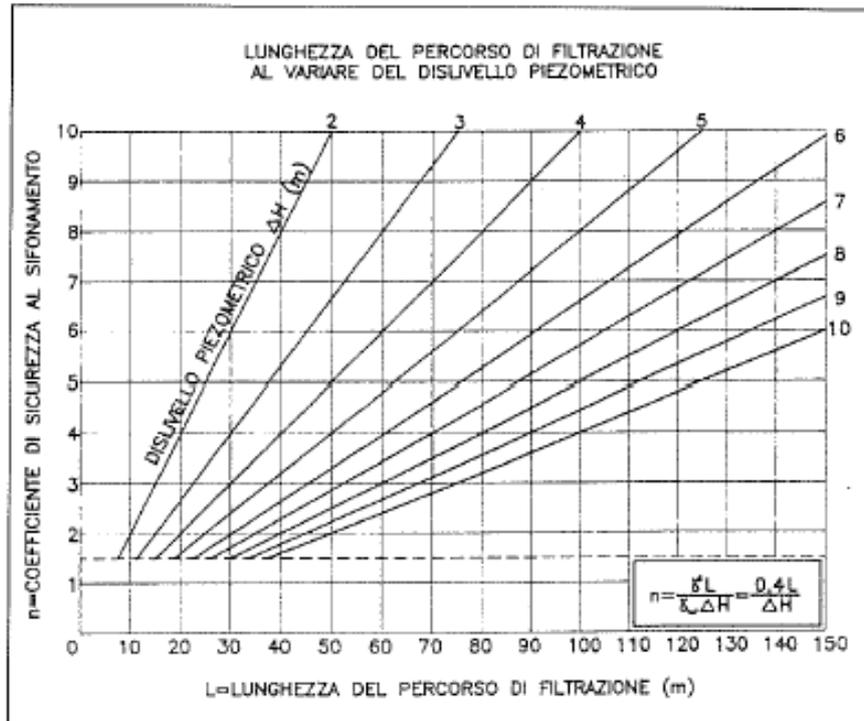


Fig.7.3/B: Coefficiente di sicurezza al sifonamento in funzione della lunghezza di filtrazione e del dislivello piezometrico (per $\gamma' = 0,4 \text{ t/mc}$)

Con riferimento all'attraversamento d'interesse e relativamente all'argine in destra idrografica (situazione potenzialmente più critica), si assume:

- il dislivello piezometrico $\Delta h = 6.70 \text{ m}$ (livello di piena coincidente con la sommità dell'argine e livello della falda, corrispondente al piano campagna).
- il minimo percorso di filtrazione $L = 102 \text{ m}$

Si ottiene il coefficiente di sicurezza

$$\eta = i_c / i = \frac{\gamma' L}{\gamma_w \Delta h} = 0.4 \cdot \frac{102}{6.70} = 6.1 \geq 1,5$$

La verifica risulta ampiamente soddisfatta.

7.4 Metodo di Bligh - Lane

La verifica con il metodo di Bligh-Lane consiste nel confronto tra due lunghezze di filtrazione "equivalenti" L_0 e L_1 .

L_0 rappresenta il minimo percorso di filtrazione naturalmente preesistente, il cui valore dipende dalla configurazione geometrica della sezione idraulica di attraversamento e dalle caratteristiche di permeabilità dei terreni.

L_1 rappresenta il minimo percorso di filtrazione introdotto nel sistema idraulico per effetto della realizzazione della trivellazione.

La verifica al sifonamento viene soddisfatta quando:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 33 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

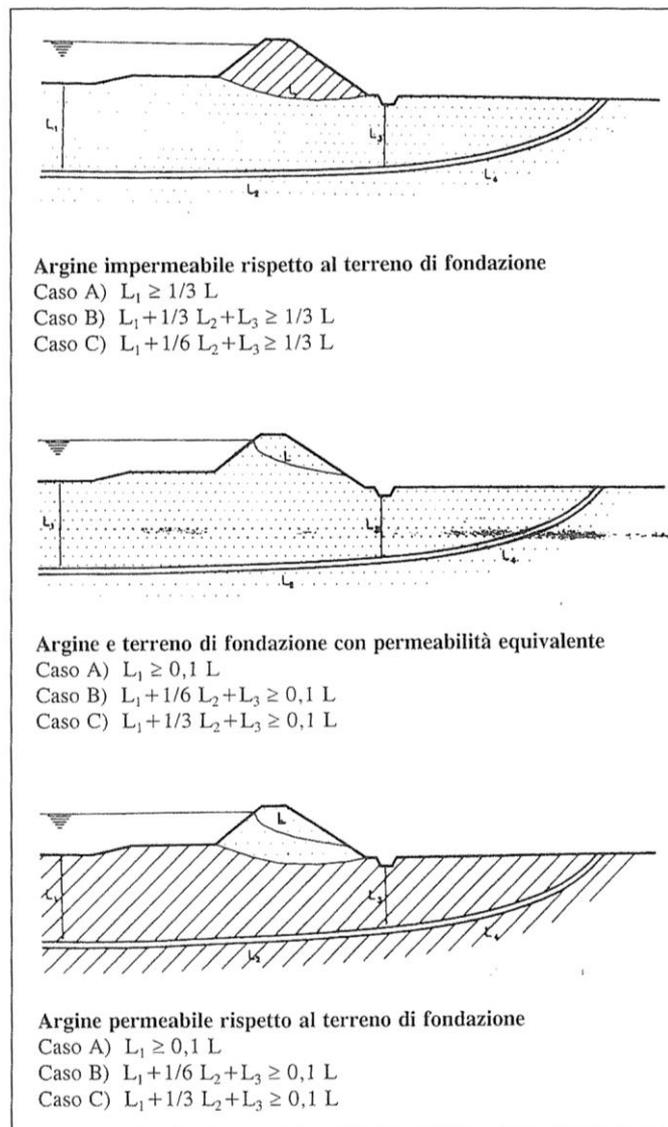
$$L_1 \geq L_0$$

cioè quando la profondità della trivellazione è tale da non consentire l'instaurarsi (lungo il suo asse) di percorsi di filtrazione preferenziali con "lunghezza equivalente" più corta rispetto a quella minima preesistente.

Le due lunghezze vengono determinate come somma di tratti **ci Li** (considerati al loro interno omogenei rispetto alle condizioni di filtrazione):

$$L = \sum c_i L_i$$

Il valore del coefficiente di riduzione c_i rappresenta la condizione di permeabilità nel tratto considerato e dipende dalle caratteristiche di permeabilità (litologia, coefficiente di permeabilità, presenza di bentonite) e dall'inclinazione sull'orizzontale di ogni strato (ai percorsi orizzontali si applica un coefficiente $c = 1/3$ rispetto a quelli verticali).



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 34 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Fig.7.4/A : Lunghezze di filtrazione "equivalenti" per la verifica al sifonamento con il metodo di Blingh - Lane (adattato da "Horizonthal Boren", Province di Zuild, Holland 1985)

Nella figura precedente, relativamente al sottopassaggio di un corpo arginale, si riportano le espressioni che permettono di definire la profondità minima della trivellazione per ognuna delle seguenti tre condizioni:

1. argine impermeabile rispetto al terreno di fondazione;
2. argine e terreno di fondazione con permeabilità equivalente;
3. argine permeabile rispetto al terreno di fondazione.

Per ognuna di tali condizioni si riportano tre diverse espressioni che analizzano i seguenti percorsi di filtrazione:

- caso A): è la soluzione di maggior sicurezza in quanto si porta in conto solo il percorso verticale L_1 , trascurando i percorsi L_2 (tratto orizzontale attorno alla condotta) e L_3 (tratto verticale al piede dell'argine) o L_4 (tratto di risalita);
- caso B): si considera il percorso L_2 con un peso $c=1/3$ ed L_3 ($c=1$), più critico di L_4 ;
- caso C): nella situazione precedente si introduce un coefficiente di sicurezza 2 sul percorso orizzontale L_2 .

Considerando l'argine in destra idrografica, con riferimento alla fig. 7.4/A, nel caso di "argine e terreno di fondazione con permeabilità equivalente" e considerando il caso A) più cautelativo, si ottiene:

$L_1 = 10.0$ m (percorso equivalente di filtrazione lungo la trivellazione)
 $L = 21.30$ m (percorso naturale di filtrazione nel corpo dell'argine)

$L_1 \gg$ di $0,1 L$ (verifica ampiamente soddisfatta)

7.5 Considerazioni sui risultati

Come detto in precedenza il modello di calcolo adottato in riferimento alla configurazione del sistema di filtrazione presuppone condizioni significativamente cautelative rispetto alla situazione effettiva. In ogni caso, si ottengono coefficienti di sicurezza sufficientemente elevati sia per le fasi transitorie di costruzione che a lungo termine.

Pertanto poiché i valori dei coefficienti di sicurezza risultano così elevati e soprattutto in considerazione dell'affidabilità della metodologia costruttiva prevista, si può affermare che la tecnica e la geometria d'attraversamento garantiscono margini di sicurezza adeguati nei confronti della problematica del sifonamento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 35 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

8 VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA

8.1 Premessa

Generalità

L'ambito territoriale in esame è regolamentato attraverso il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'ex Autorità di Bacino dei Bacini 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).

Si precisa che dal 17 febbraio 2017, con la pubblicazione nella G.U.R.I. n. 27 del 2 febbraio 2017, entra in vigore il DM 25/10/2016 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), da tale data sono soppresse su tutto il territorio nazionale, le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali e il trasferimento delle competenze alle Autorità di bacino distrettuali. Con l'entrata in vigore del DM 25/10/2016 gli aggiornamenti dei PAI vengono gestiti dalle Autorità di Bacino Distrettuale.

Nello specifico l'Autorità di bacino distrettuale di riferimento risulta essere Autorità di bacino distrettuale del fiume Po.

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 fino alla "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:

-) *Alveo* (Art.2 ter): 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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 36 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

-) *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 nelle quali si riconosce la possibilità di allagamenti a seguito di piene del reticolo minore e di bonifica, nonché di sormonto degli argini da parte di piene dei corsi d'acqua principali di pianura, in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore ai 200 anni, senza apprezzabili effetti dinamici.

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 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*, censite nel PAI. In particolare nei commi 2, 3, 4 e 5 viene stabilito rispettivamente quanto di seguito riportato.

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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 37 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

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.

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.

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.

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.

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

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.

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.

8.2 Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000, dal quale si può individuare l'ambito d'interferenza tra il tubo portacavi a servizio del metanodotto (indicato con un tratto in magenta) con l'alveo del corso d'acqua e più in generale con le aree censite nel PAI.

Nella stessa figura l'ellisse in arancione rappresenta il tratto in cui la posa del tubo portacavi è prevista in trivellazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 38 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030



LEGENDA:	
Titolo II - Assetto della Rete Idrografica	
	Alveo (Art. 2 ter)
	Area ad Elevata Probabilità di Esondazione con TR 30 (Art. 3)
	Area a Moderata Probabilità di Esondazione con TR 200 (Art. 4)
	Aree di Potenziale Allagamento (Art. 6)

Fig.8.2/A: Interferenze tra la linea in progetto con le fasce fluviali ai sensi del PAI

Dall'analisi della Fig.8.2/A e facendo seguito a quanto specificato nei capitoli precedenti, si evince che l'alveo del corso d'acqua (Art.2 ter) verrà superato dal tubo portacavi (DN150) tramite trivellazione in subalveo (ad elevate profondità di posa).

Mentre nei tratti marginali dello sviluppo di linea del cavo portacavi (fuori dall'ambito di trivellazione), sino al raccordo con la linea principale (indicata in rosso) il tubo verrà posizionato mediante la tradizionale tecnica degli scavi a cielo aperto. In questi brevi tratti si interferisce con delle Aree di Potenziale Allagamento (Art.6), che coinvolgono l'intera area di pianura per allagamento del reticolo minore e di bonifica e/o per sormonto

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 39 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

degli argini dei corsi d'acqua principali. A tal proposito, in riferimento agli studi idraulici riportati nel capitolo 5 (con particolare riferimento alla Fig.5.4/B), nei tratti terminali esterni alla trivellazione i potenziali tiranti idraulici risultano nel range tra 50 e 150 cm in destra e fino a 50 cm in sinistra.

8.3 Analisi dei criteri di compatibilità idraulica

Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare di interesse pubblico. Nello specifico il tubo portacavi rappresenta un elemento a servizio del metanodotto, in quanto mediante la posa del cavo telecomando si consente la possibilità di gestire da remoto le valvole di intercettazione posizionate lungo la linea del metanodotto.

In tal senso, in riferimento alle Norme di Piano, risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentito l'interferenza con l'alveo del corso d'acqua e le relative aree di pertinenza individuate nella cartografia PAI.

L'interferenza specifica (solo planimetrica) del tubo portacavi con l'alveo del corso d'acqua è stata determinata da considerazioni a più ampia scala che riguardano l'intera direttrice di linea del metanodotto, per la quale sono state attentamente valutate varie alternative di progetto. In particolare si sottolinea che in ogni caso non è risultato possibile evitare l'interessamento dell'alveo del corso d'acqua in esame, in quanto il tracciato del metanodotto ha un andamento prevalente Nord-Sud, mentre il corso d'acqua ha un andamento Ovest-Est.

Considerazioni specifiche

In precedenza è stato evidenziato che l'alveo del corso d'acqua verrà attraversato dal tubo portacavi 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 del tubo 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 portacavi (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.).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 40 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

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 (tubo completamente interrato, con posa in trivellazione), non sarà determinato 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 del tubo portacavi ad elevata profondità di subalveo, quindi ben oltre ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento e con punti di estremità posizionati con adeguati distacchi dai rilevati arginali.
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.

Alla luce di quanto sopra affermato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alle metodologie costruttive ed alla configurazione geometrica della condotta nell'ambito in esame, non determinano alcun incremento dei livelli di pericolosità idraulica e che siano congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme di Attuazione del Piano e pertanto conformi con le relative disposizioni contenute.

In conclusione si ritiene quindi che l'opera in progetto risulta **COMPATIBILE** con il contesto idraulico dell'ambito in esame.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO " "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 41 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

9 CONCLUSIONI

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto denominato "Rifacimento metanodotto Ravenna - Chieti, tratto Ravenna - Jesi ed opere connesse, DN 650 (26") - DP 75bar", intende realizzare un metanodotto che si sviluppa nell'ambito dei territori dell'Emilia Romagna e delle Marche, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del fiume SAVIO, in un ambito di confine tra i territori di Ravenna e di Cervia (Ra).

Si precisa che in detto ambito fluviale, l'attraversamento da parte della condotta è stato già eseguito di recente; pertanto nello specifico il progetto prevede esclusivamente l'attraversamento in subalveo del corso d'acqua da parte del tubo portacavi. Il tubo portacavi, nell'ambito dell'attraversamento fluviale, è costituito da una condotta in acciaio di piccolo diametro DN150 (6"), all'interno del quale viene posizionato il cavo telecomando che consente la possibilità di gestire da remoto le valvole di intercettazione posizionate lungo la linea del metanodotto.

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

Alla luce dei risultati conseguiti, per il superamento in subalveo del corso d'acqua in esame è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento in trenchless, mediante la metodologia esecutiva della *Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)*, ovvero *Horizontal Directional Drilling*.

Detta soluzione operativa consentirà dunque di evitare interferenze tra i lavori per la posa del tubo portacavi con il deflusso naturale del corso d'acqua, nonché eviterà di interrompere la contiguità delle opere e/o strutture presenti a terra (con particolare riferimento ai rilevati arginali).

La geometria della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della tubazione, assicurando adeguate profondità al di sotto dell'alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi consentiti alla tubazione ed alla trivellazione stessa.

L'adozione ed il rispetto dei criteri e dei vincoli suddetti, sia quelli propri del sistema di trivellazione che quelli più strettamente dipendenti dalla configurazione geometrica della tubazione, offrono pertanto ottime garanzie della stabilità dell'insieme, a breve ed a lungo termine.

Nell'analisi delle interferenze tra la linea in progetto con le aree censite ai sensi del Titolo II del "Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico" redatto dall' ex Autorità di Bacino dei Bacini Romagnoli, si rileva che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento fluviale in esame, il tubo portacavi in progetto interferisce con l'alveo del corso d'acqua.

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che l'intervento di progetto non determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi e all'assetto idrogeologico della regione fluviale, non implica trasformazioni del territorio e/o cambiamenti circa l'uso del suolo e pertanto non introduce alterazioni al deflusso della corrente e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-002	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 42 di 42	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-030

Pertanto si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti lo specifico ambito di attraversamento in esame possano essere ritenute COMPATIBILI con le disposizioni contenute nelle Norme del Piano.