

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 1 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

**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 CTVIA del 19/10/2018**

**ANNESSO A7
 Attraversamento in subalveo del
TORRENTE AUSA**

**STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO 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-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 2 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

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	9
	3.1 Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	9
	3.2 Descrizione dell'area d'intervento	11
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	13
	4.1 Generalità	13
	4.2 Considerazioni specifiche preliminari	13
	4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	13
	4.4 Studi PAI - Metodologia e Risultati di interesse	16
	4.5 Valutazione idrologiche specifiche	17
	4.6 Portata di progetto	18
5	STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	19
	5.1 Premessa e metodologia di calcolo	19
	5.2 Assetto geometrico e modellazione idraulica	19
	5.3 Risultati della simulazione idraulica	22
	5.4 Analisi dei risultati conseguiti	26
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	27
	6.1 Generalità	27
	6.2 Criteri di calcolo	28
	6.3 Stima dei massimi approfondimenti attesi	30
	6.4 Considerazione sui risultati conseguiti	31

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 3 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	32
7.1	Premessa	32
7.2	Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto	32
7.3	Geometria della condotta ed interventi di ripristino	34
8	VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA	35
8.1	Premessa	35
8.2	Interferenze nell'ambito specifico di riferimento	36
8.3	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	37
9	CONCLUSIONI	40
	Appendice 1: Studio Idraulico - Metodologia di calcolo	41
	Appendice 2: Studio Idraulico- Report Programma HEC RAS	46
ANNESSO:		
	• Disegno DIS-AT-033 Attraversamento: Torrente Ausa	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 4 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

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 nei territori dell'Emilia Romagna e delle Marche, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

In particolare il tracciato di progetto del metanodotto, nell'ambito del territorio comunale di Rimini, interseca il torrente AUSA, la cui pertinenza fluviale è regolamentata dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall' ex Autorità di Bacino Interregionale Marecchia -Conca.

Il torrente in esame rappresenta uno dei corsi d'acqua di rilevante importanza per il quale l'ex Autorità di Bacino Marecchia - Conca, nell'ambito del P.A.I., ha individuato l'alveo del corso d'acqua e le relative fasce fluviali nei tratti idraulicamente più significativi.

Nello specifico, in corrispondenza del sopracitato attraversamento fluviale, il tracciato del metanodotto in progetto interferisce con l'alveo del corso d'acqua e con delle fasce territoriali censite di pertinenza del corso d'acqua stesso, ai sensi PAI vigente.

1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

Lo scopo del presente elaborato è dunque analizzare le condizioni di compatibilità idraulica del metanodotto in progetto nell'ambito specifico d'interferenza con le aree di pericolosità idraulica del corso d'acqua, in conformità di quanto disposto dalle Norme di Piano del PAI.

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

Le scelte sono state effettuate, in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico ed idraulico, con lo scopo di garantire la sicurezza del metanodotto per tutto il periodo di esercizio, nonché di assicurare la compatibilità dell'infrastruttura in considerazione 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;
- Caratterizzazione idrografica del corso d'acqua e descrizione dell'ambito di attraversamento;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 5 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

- Studio idrologico al fine di stimare le portate al colmo di piena di progetto in corrispondenza della sezione di studio (coincidente con quella dell'attraversamento in esame);
- Studio idraulico, volto ad individuare i parametri caratteristici di deflusso idrico ed i fenomeni associati alla dinamica fluviale locale in corrispondenza dell'ambito di attraversamento, con particolare riferimento alla valutazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo;
- Descrizione delle scelte progettuali inerenti la metodologia costruttiva, la geometria della condotta 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 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, comprendente le caratteristiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché le caratteristiche tipologiche e dimensionali delle eventuali opere di sistemazione, è stato sviluppato nel seguente elaborato grafico:

- DIS. AT-033
Attraversamento: Torrente Ausa

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-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 6 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto "Ravenna - Chieti" DN650 ricade nel territorio di Rimini, a circa 400m a monte della confluenza da destra del fosso Budriale. Più esattamente l'ambito d'interferenza ricade a circa 700 m a monte del ponte della strada statale SS72 e circa 70m a valle dell'attraversamento del metanodotto "Ravenna - Chieti" in fase di dismissione.

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 e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu.

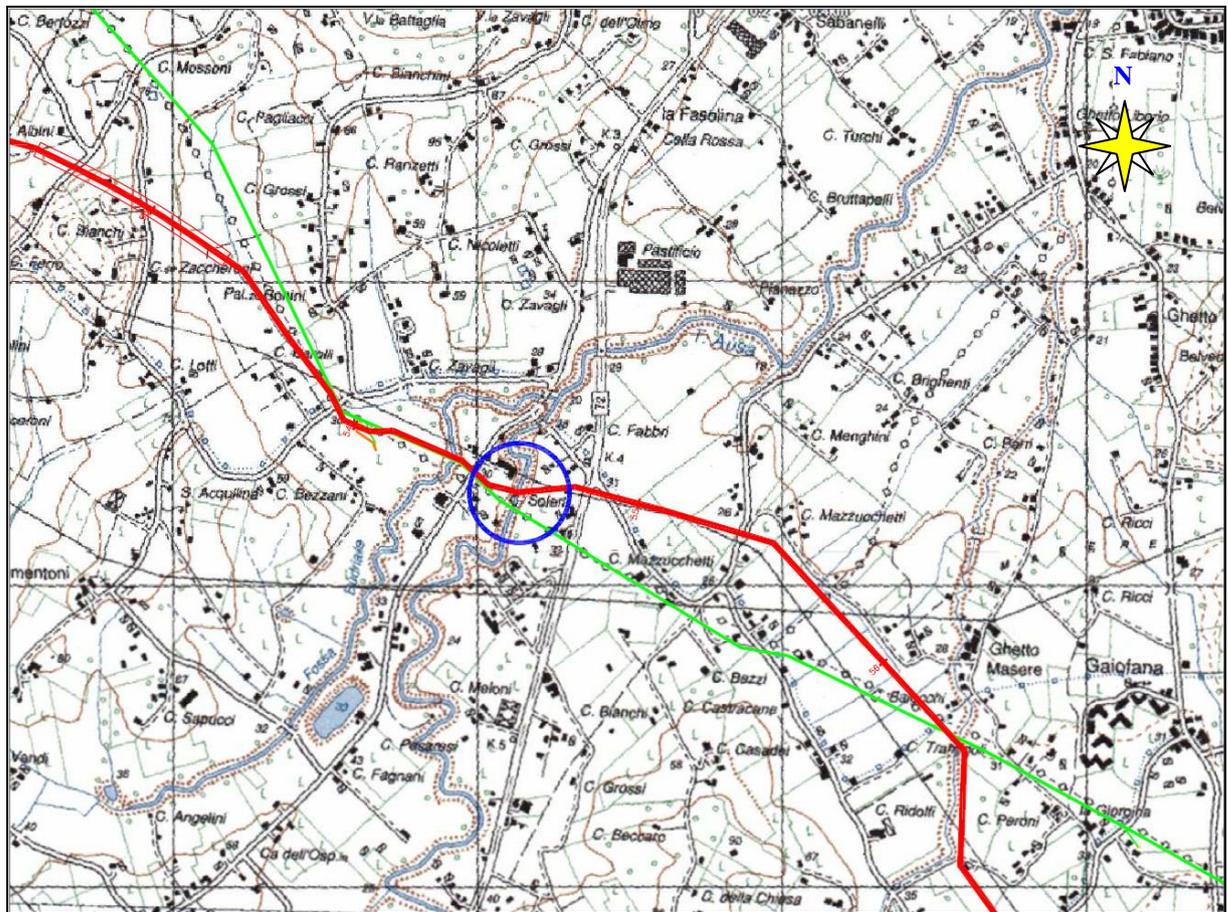


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 7 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

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

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

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua		
Coordinate Piane WGS84 - Fuso 33: Est /Nord	303072 m E	4876111 m N

Nella figura seguente è 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 (indicato tramite una linea in colore verde) e l'area di attraversamento del corso d'acqua in esame (evidenziata mediante un cerchio in colore blu).

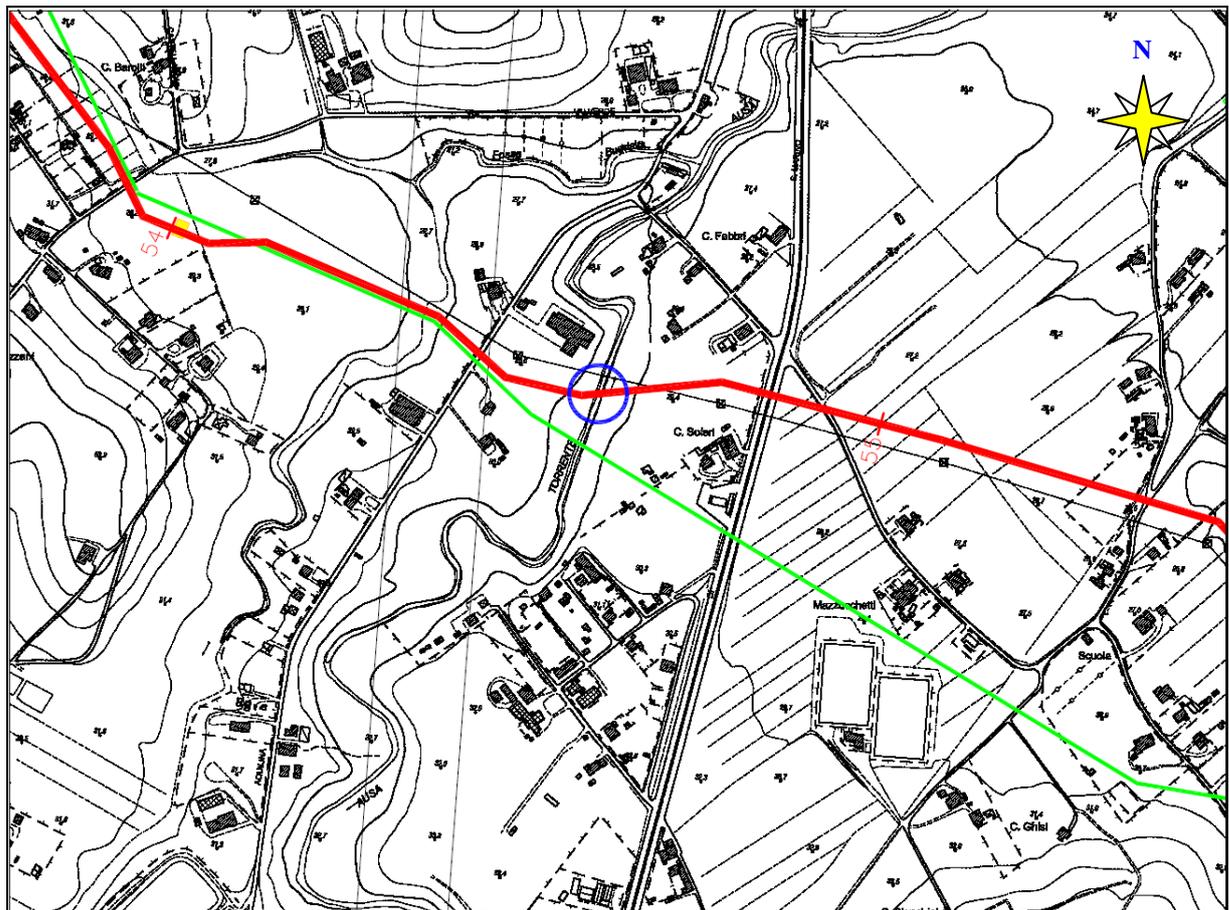


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

Dall'analisi della figura precedente si rileva che l'attraversamento in progetto del corso d'acqua ricade poco a valle (a circa 80m di distanza) di quello relativo al metanodotto esistente (in fase dismissione).

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 8 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 9 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il torrente Ausa rappresenta un corso d'acqua significativo, affluente di sinistra del F. Marecchia, caratterizzato da un Bacino di circa 72 km².

Il torrente Ausa sgorga a 400 m s.l.m. da calanchi argillosi presenti nei primi contrafforti collinari della Repubblica di San Marino in località Ventoso nel Castello di Borgo Maggiore.

Mentre scorre in territorio sammarinese riceve quattro affluenti la cui portata è molto ridotta, convogliano le loro acque nel torrente dalla destra idrografica e in sequenza da monte verso valle: il fosso della Fiocca, il fosso di Ranco, il fosso Fiorina e il fosso il Rio.

In territorio italiano si hanno altri due affluenti, con portate più significative, e cioè il torrente Ausella, che scorre nel territorio del comune di Coriano ed entra dalla destra idrografica; mentre in sinistra idrografica più a valle e provenendo dal territorio del comune di Rimini si ha l'ingresso del fosso Budriale.

Il corso d'acqua nella parte terminale è stato artificialmente deviato (infatti nei pressi del casello autostradale di Rimini Sud), sino alla confluenza nel deviatore del Marecchia .

Dal punto di vista idrologico l'Ausa presenta delle spiccate caratteristiche torrentizie, infatti la portata è notevolmente influenzata dalle precipitazioni atmosferiche.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color magenta) su una base cartografica costituita dalle tavolette IGM, con indicazione dell'asta principale del corso d'acqua e dell'ambito di attraversamento in esame.



PROGETTISTA  TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

RE-CIV-007

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

Fg. 10 di 52

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

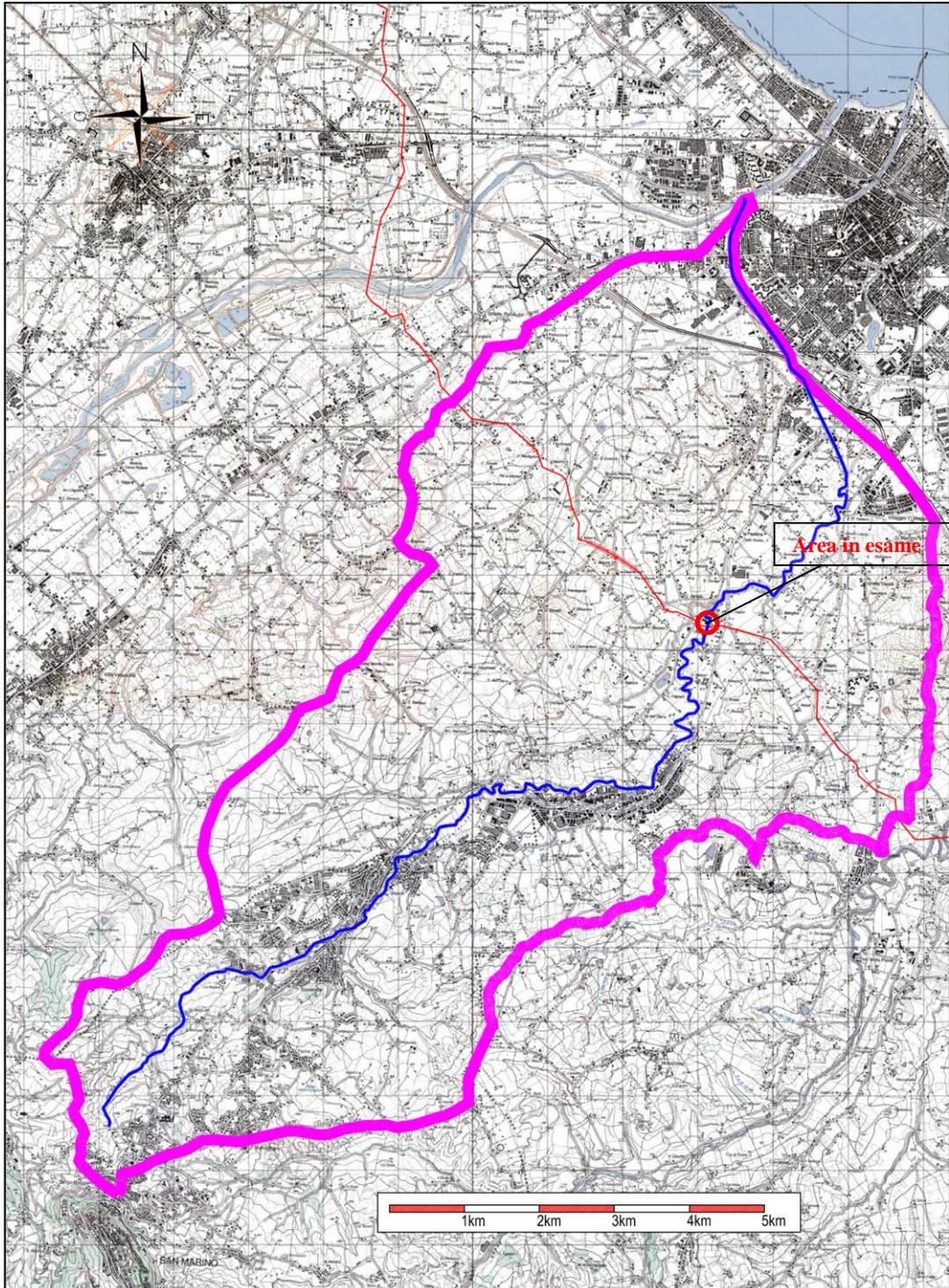


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione dell'ambito di studio

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 11 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

3.2 Descrizione dell'area d'intervento

Come si rileva dalla precedente Fig.3.1/A, l'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto medio- basso dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 400m a monte della confluenza del fosso Budriale.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua assume un andamento longitudinale sostanzialmente sub-rettilineo. L'alveo presenta una configurazione incisa e con dimensioni non particolarmente rilevanti. La larghezza del fondo infatti risulta di circa 3m; le sponde, mediamente acclivi ed interessate da una folta vegetazione arbustiva ed arborea, si elevano dal fondo di circa 3m. In prossimità dell'area d'attraversamento non si rileva la presenza di segni significativi di erosioni spondali e/o del fondo e pertanto la configurazione d'alveo appare sostanzialmente stabile.

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 il metanodotto in progetto ed il corso d'acqua, dove il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu.

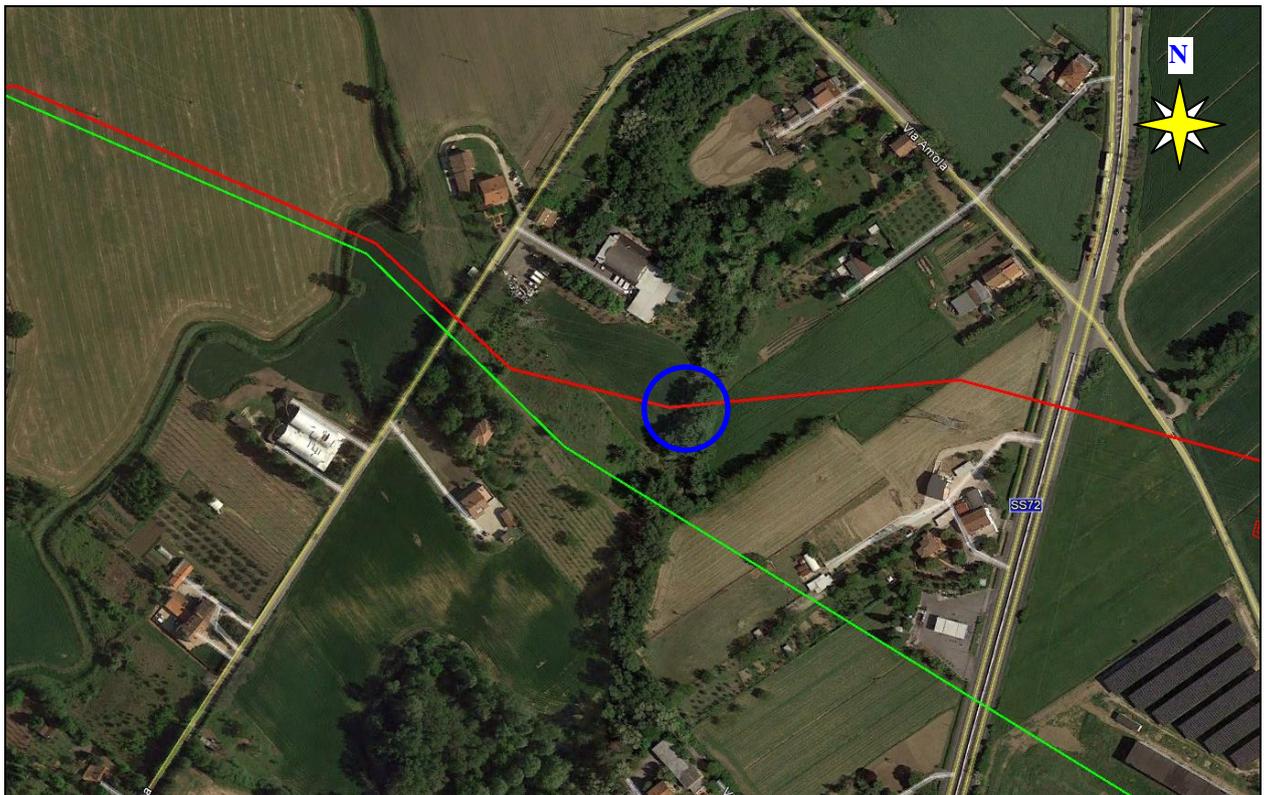


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da google earth)

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 12 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Nella figura seguente è inoltre riportata una foto relativa all'ambito d'attraversamento in esame del corso d'acqua (foto scattata dalla sponda sinistra del corso d'acqua). La linea indicata in rosso rappresenta la posizione del tracciato del metanodotto in progetto.



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-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 13 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

4.1 Generalità

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

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

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

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

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

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

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

4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Il fiume in esame, ricadente nella pertinenza "dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia - Conca" per il quale l'Autorità di Bacino, nell'ambito del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), ha proceduto ad effettuare specifiche valutazioni idrologiche ed idrauliche con lo scopo di individuare e perimetrare le aree di pericolosità idraulica lungo lo sviluppo dell'asta fluviale.

Pertanto, in ragione di quanto evidenziato, per le valutazioni idrologiche nella sezione in esame, ci si riferisce esplicitamente agli "studi ufficiali" prodotti dall'Autorità di Bacino, per i quali qui di seguito si riporta una breve descrizione delle metodologie di elaborazione utilizzate e la selezione dei risultati di interesse.

4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto medio- basso dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 400m a monte della confluenza del fosso Budriale.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dalle tavolette IGM, con la delimitazione del bacino sotteso dalla sezione di studio (sezione di attraversamento) e con indicazione dell'asta principale del corso d'acqua. Nella stessa

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 14 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

figura il tracciato del metanodotto in progetto è indicato mediante una linea in colore rosso.



PROGETTISTA  TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

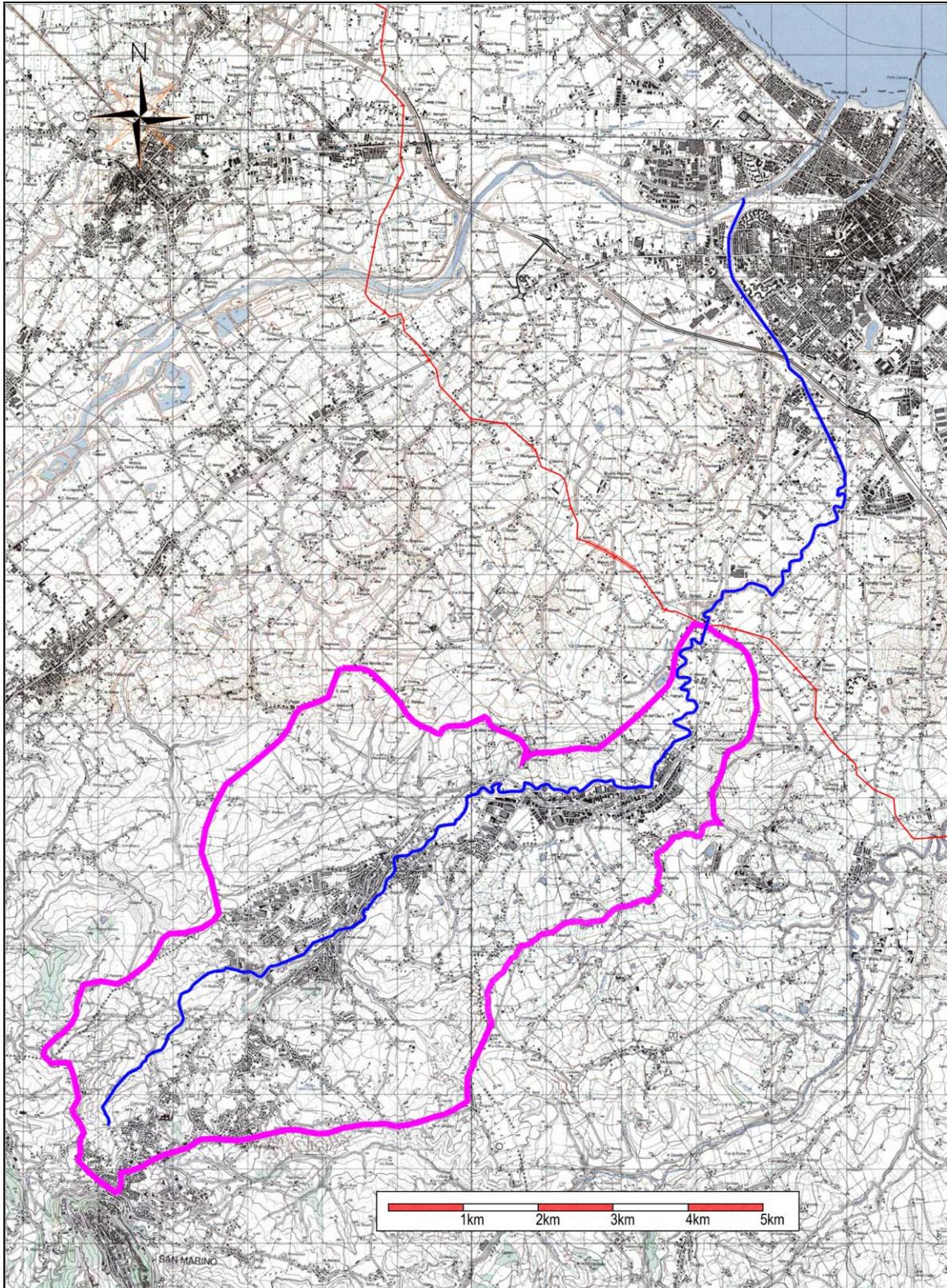
RE-CIV-007

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

Fg. 15 di 52

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 16 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

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

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 Sezione chiusura (m)
T. Ausa - Sez. di studio	33.5	14	521	18

4.4 Studi PAI - Metodologia e Risultati di interesse

Nell'ambito degli studi idrologici redatti dall'Autorità di Bacino per la stesura del PAI, le valutazioni delle portate massime al colmo nelle sezioni ritenute rappresentative sono state eseguite secondo il metodo della regionalizzazione "VA.PI" modificata.

Questo metodo è stato sviluppato apportando alcune modifiche alla regionalizzazione VA.PI., per tener conto delle possibili disomogeneità idrologiche fra i bacini emiliano-romagnoli nei confronti di quelli abruzzesi e del sud delle Marche. Ciò ha consentito la possibilità di reperire leggi "regionali" caratterizzati da un ambito di validità più locale, escludendo dall'insieme delle osservazioni disponibili quelle riferite ai bacini più meridionali.

L'illustrazione della metodologia di calcolo e degli algoritmi utilizzati sono evidenziati nel capitolo 2.7 della Relazione del PAI.

In particolare, nell'ambito del territorio dell'Autorità di Bacino di Marecchia - Conca, sono stati individuati n.7 bacini principali e i cui risultati delle elaborazioni idrologiche in alcune sezioni ritenute rappresentative sono sintetizzati nella Tabella 2.7.1 - Relazione PAI, qui di seguito riportata.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 17 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Tab.4.4/A: Tab.2.7.1 Relazione PAI- Sezioni di interesse nei sette bacini principali portate massime al colmo (regionalizzazione "VA.PI." modificata)

Bacino	Corpo idrico	Codice sotto_bacino	Toponimo identificativo della sezione di chiusura	Area imbriferà (km ²)	Portate al colmo (m ³ /s) per tempi di ritorno di anni:							
					5	10	20 =Q _r	50	100	200	500	1000
Uso	T. Uso	B26.01	P.te Uso di Sogliano	40.5	52	69	86	108	125	142	165	182
	T. Uso	B26.02	Poggio Berni (inizio rilievi asta fluviale)	92.5	77	102	127	160	184	209	242	267
	T. Uso	B26.03	S. Vito di Rimini	107.0	87	115	143	180	209	237	274	302
	T. Uso	B26.04	Confluenza nell'Uso	130.4	103	136	169	213	246	279	322	356
	T. Uso	B26.05	Foce	140.7	109	144	179	226	261	296	342	378
Marecchia – Ausa	F. Marecchia	B27.01	Monte confluenza del T. Il Presale	45.9	49	65	81	102	118	134	155	171
	F. Marecchia	B27.02	Valle confluenza del T. Il Presale	96.9	105	139	173	217	251	285	330	364
	F. Marecchia	B27.03	Monte confluenza Senatello	153.6	163	216	268	337	390	443	512	565
	F. Marecchia	B27.04	Valle confluenza del T. Senatello (inizio rilievi asta fluviale)	202.7	214	283	352	444	513	582	673	743
	F. Marecchia	B27.05	Maciano di Pennabilli	265.5	274	362	451	567	656	744	861	949
	F. Marecchia	B27.06	Secchiano di Novafeltria	342.5	342	452	562	707	817	928	1073	1184
	F. Marecchia	B27.07	Pietracuta di San Leo	365.1	358	474	589	742	857	972	1125	1241
	F. Marecchia	B27.08	Valle confluenza del T. Mazzocco	412.0	396	524	652	821	948	1076	1245	1373
	F. Marecchia	B27.09	P.te Verucchio	465.7	434	574	713	898	1038	1178	1363	1503
	F. Marecchia	B27.10	Santarcangelo di Romagna	494.5	449	594	739	930	1075	1220	1412	1557
Ausa	T. Ausa	B27.11	Confine di stato Repubblica di S. Marino	24.8	38	51	63	79	92	104	120	133
	T. Ausa	B27.12	Confluenza in Marecchia	72.0	53	71	88	111	128	145	168	185
	F. Marecchia	B27.13	Foce	609.9	502	664	826	1040	1202	1364	1578	1741
Marano	T. Marano	B28.01	Confine di stato Repubblica di S. Marino (inizio rilievi asta fluviale)	28.2	46	61	76	96	111	126	146	161
	T. Marano	B28.02	Ospedaletto di Coriano	40.0	64	84	105	132	153	173	201	221
	T. Marano	B28.03	C.se del Molino di Riccione	54.2	80	106	131	165	191	217	251	277
	T. Marano	B28.04	Foce	60.4	84	111	138	174	201	228	263	291
Melo	R. Melo	B29.01	C.se del Molino di Riccione (inizio rilievi asta fluviale)	19.6	40	53	66	83	96	109	126	139
	R. Melo	B29.02	Valle confluenza R. Bessanigo	34.7	65	85	106	134	154	175	203	224
	R. Melo	B29.03	Foce	47.0	75	99	123	154	178	202	234	258
Conca	T. Conca	B30.01	Confine com. M. Colombo e Montegrimano (inizio rilievi asta fluviale)	40.2	63	83	103	130	150	170	197	217
	T. Conca	B30.02	Taverna di Monte Colombo	81.9	79	104	129	163	188	213	247	272
	T. Conca	B30.03	Valle confluenza del T. Ventena di Gemmano	125.5	114	151	188	236	273	310	358	395
	T. Conca	B30.04	Morciano di Romagna	141.6	126	166	207	261	301	342	395	436
	T. Conca	B30.05	Foce	162.4	140	185	230	289	334	379	439	484
Ventena	T. Ventena	B31.01	C.se Torri di Morciano di Romagna	29.2	31	41	51	64	75	85	98	108
	T. Ventena	B31.02	S. Giovanni in Marignano (inizio rilievi asta fluviale)	36.7	36	48	60	75	87	98	114	125
	T. Ventena	B31.03	Foce	42.3	39	52	65	82	94	107	124	137
Tavollo	T. Tavollo	B32.01	Tavullia	28.1	30	40	50	63	72	82	95	105
	T. Tavollo	B32.02	P.te presso S. Giovanni in Marignano (inizio rilievi asta fluviale)	48.7	43	57	71	89	103	117	136	149
	T. Tavollo	B32.03	Valle confluenza F.ssa Taviolo	68.5	51	68	84	106	123	139	161	178
	T. Tavollo	B32.04	Foce	79.3	59	78	96	121	140	159	184	203
	F.Foglia	B40.01	Poco a monte di Belforte	65.7	67	89	111	139	161	183	212	233

Nella tabella precedente i risultati relativi al corso d'acqua in esame sono evidenziati mediante una campitura delimitata in colore rosso.

4.5 Valutazione idrologiche specifiche

La sezione di studio in esame (sezione di attraversamento) è intermedia tra le 2 sezioni idrologiche individuate nell'ambito dello studio PAI.

Per la valutazione delle portate al colmo di piena nella nostra sezione di studio ci si avvale del metodo della "similitudine idrologica", che consente la valutazione delle stesse in funzione della superficie del bacino secondo l'espressione nel seguito riportata:

$$Q_2 = Q_1 * \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^m \quad \text{eq.4.1}$$

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 18 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

dove:

Q_1, Q_2 = rappresentano le portate rispettivamente nelle generiche sezioni 1 e 2 (in mc/s);

S_1, S_2 = rappresentano le superfici dei bacini nelle sezioni 1 e 2 (in kmq);

m = parametro adimensionale;

Quindi considerando la eq.4.1 in riferimento ai valori delle portate e delle superfici dei bacini di cui alla precedente Tab.4.4/A, può essere valutato il parametro m per il campo di superfici di riferimento. Nel caso in esame è stato individuato $m=0.31$.

Pertanto i valori di portata nella sezione di studio possono essere determinati sempre dalla eq.4.1, in funzione dei valori di portata e di superficie della sezione di monte (o di valle). Le portate risultanti sono state riportate nella tabella seguente.

Tab.4.5/A: Sez. Studio - Portate al colmo di piena

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=100anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=200anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=500anni)
T. Ausa / Sez. di studio	33.5	101	114	132

4.6 Portata di progetto

Si adotta come portata di progetto quella associata ad un tempo di ritorno (TR) pari a 200 anni.

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

Tab.4.6/A: Portata di progetto - tabella riepilogativa

		Sup. Bacino	$Q_{progetto}$	q_{max}
		(kmq)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
Sezione Idrologica				
Torrente Ausa	Sez. Attraversamento (Sez. di studio)	33.5	114	3.40

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 19 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

5 STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE

5.1 Premessa e metodologia di calcolo

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.) di una generica portata in uno o più ambiti di studio del corso d'acqua.

Nello specifico le elaborazioni sono state effettuate in riferimento all'evento di piena corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 200 anni (al quale si associa la probabilità di non superamento del 99.5%), considerando un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo della sezione d'attraversamento da parte del metanodotto. A tal proposito si evidenzia che le finalità ultime dell'elaborazione sono quelle di individuare le condizioni generali di deflusso nell'ambito in esame con lo scopo di valutare i fenomeni erosivi di fondo alveo in corrispondenza dell'area di attraversamento della condotta.

Le elaborazioni sono state condotte considerando il moto in regime permanente ed utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*, prodotto da U.S. Army Corp of Engineer, versione 4.1.0).

In *Appendice 1* viene descritta, con dettaglio, la metodologia di calcolo utilizzata; mentre in *Appendice 2* sono riportati i tabulati di output del programma di calcolo.

Nei paragrafi seguenti vengono invece descritti i parametri di calcolo utilizzati, vengono riportate le tavole e tabelle rappresentative dell'elaborazione, nonché vengono illustrati i risultati delle elaborazioni.

5.2 Assetto geometrico e modellazione idraulica

5.2.1 Assetto geometrico di modellazione dell'alveo

Al fine di eseguire la modellazione idraulica nell'ambito di riferimento è stato considerato un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo della sezione di attraversamento del metanodotto, per uno sviluppo complessivo di circa 350m.

La definizione topografica della configurazione d'alveo per il tronco idraulico di studio è stata eseguita avvalendosi di specifici rilievi topografici eseguiti nell'autunno del 2018.

La configurazione d'alveo così individuata risulta pertinente sia alla attuale configurazione idraulica del corso d'acqua, che a quella di fine lavori. Ciò in quanto, con i lavori di costruzione del metanodotto, non verranno apportate al corso d'acqua alterazioni tali da modificarne le condizioni di deflusso della corrente.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 20 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Entrando nello specifico, nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico ricavato dai CTR regionali, nel quale l'asta del corso d'acqua è indicata in colore blu, le sezioni trasversali utilizzate per il calcolo idraulico sono indicate in magenta, mentre il tracciato del metanodotto in progetto è indicato in rosso. La sezione 1 (RS50) coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; la sezione 4 (RS20) risulta quella prossima all'ambito di attraversamento del corso d'acqua; la sezione 10 (RS10) rappresenta quella di valle.

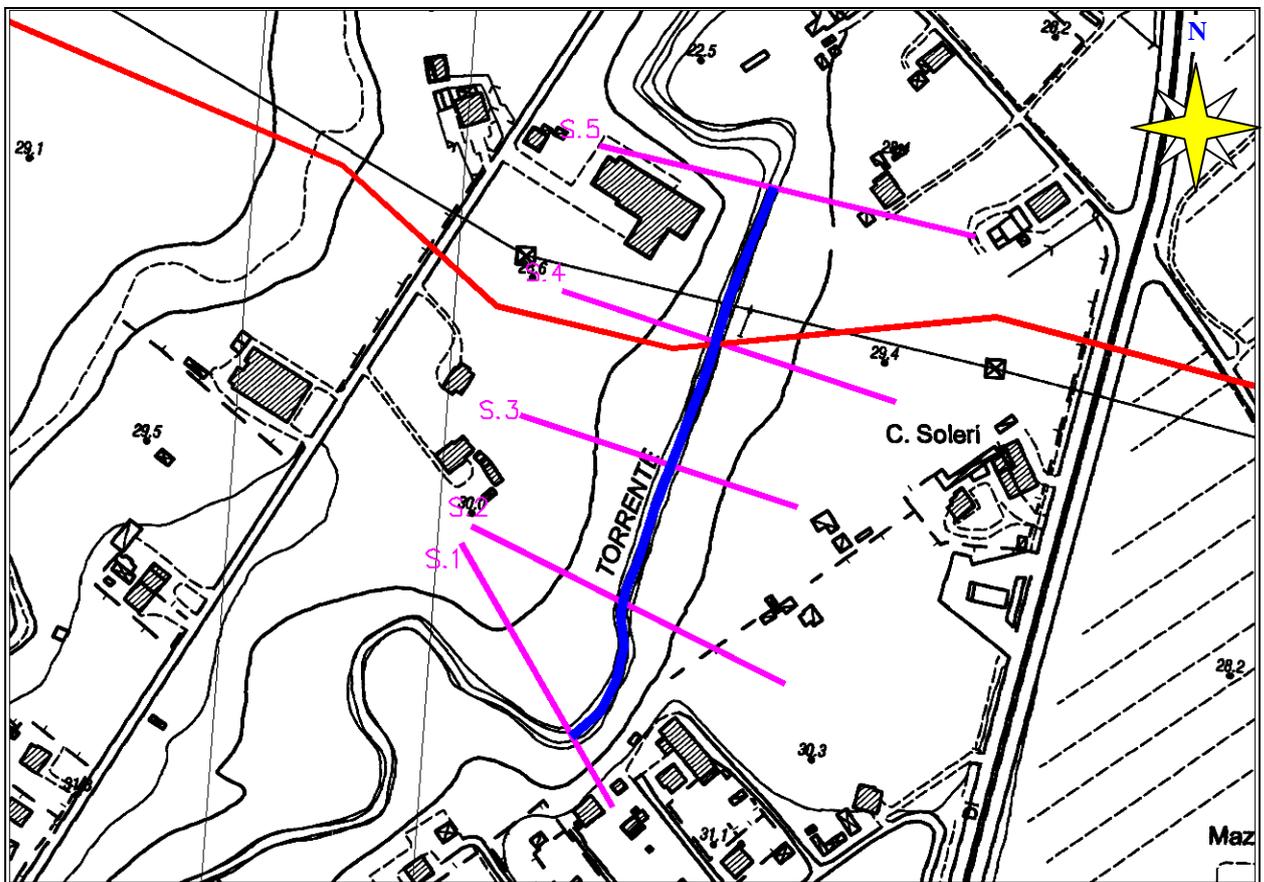


Fig.5.2/A: Stralcio CTR regionale, con tronco d'alveo analizzato e sezioni iniziali di input

Invece nella successiva tabella vengono riportate le denominazioni delle sezioni di input nella modellazione idraulica (con la corrispondenza con le sezioni del rilievo), nonché vengono indicate le progressive metriche lungo l'asta fluviale e le distanze reciproche tra le varie sezioni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 21 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Tab.5.2/A

SEZIONE IDRAULICA (River Station)	SEZIONE DEL RILIEVO	PROGRESSIVA (m)	DISTANZA dalla Sez. succ. (m)	DESCRIZIONE
RS50	Sez.1	0.00	87.14	Sezione di monte
RS40	Sez.2	87.14	83.59	
RS30	Sez.3	170.73	75.06	
RS20	Sez.4	245.79	94.64	
RS10	Sez.5	340.43	0.00	Sezione di valle

In aggiunta, si pone in evidenza, che per ottenere una migliore modellazione numerica nell'elaborazione di calcolo sono utilizzate anche una serie di "sezioni intermedie", le quali sono state individuate in maniera automatizzata dal programma mediante interpolazione lineare tra le sezioni di input immediatamente a monte ed a valle.

Nella figura seguente si riporta lo schema planimetrico di input geometrico utilizzato per la modellazione idraulica, dove le sezioni in verde scuro sono di input da rilievo, mentre quelle in verde chiaro sono state ricavate per interpolazione dal programma.

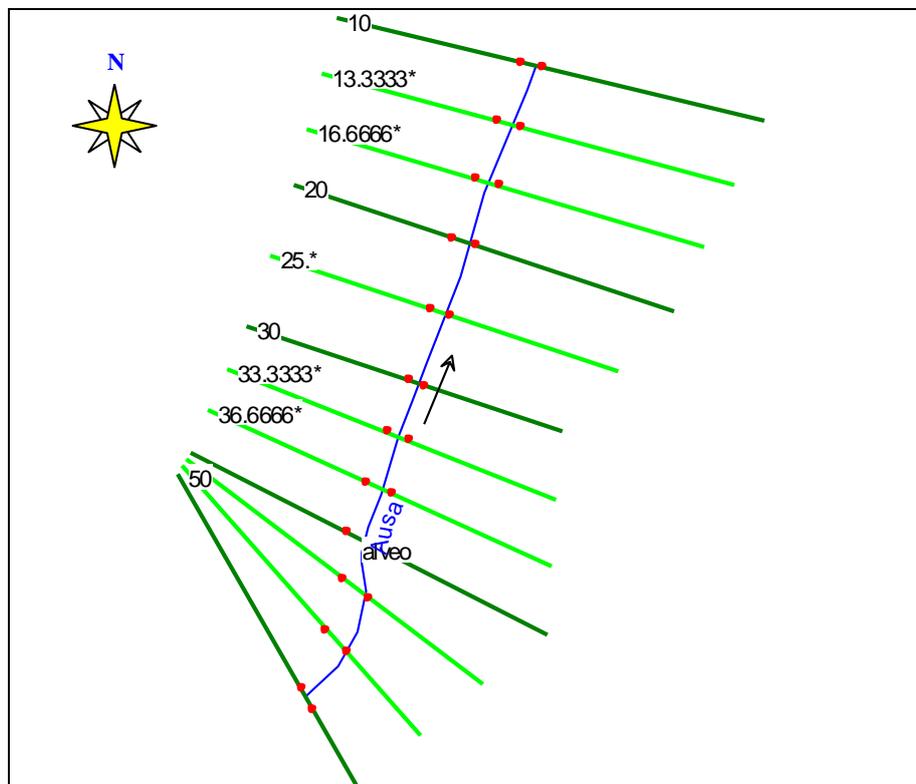


Fig.5.2/B: Modellazione geometrica in Hec Ras (RS50 a monte e RS10 a valle)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 22 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

5.2.2 Dati di Input e condizioni al contorno

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

- $Q_{200}=114$ mc/s

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

Le condizioni al contorno imposte alle estremità del tronco d'alveo oggetto di studio, sono costituite da un flusso in moto uniforme "normal depth" a monte (RS50) ed a valle (RS10), in considerazione delle pendenze al fondo individuate per i tratti immediatamente esterni all'estremità del tronco.

Per quanto concerne il coefficiente d'attrito si è fatto riferimento agli indici di scabrezza di Manning "n", i cui valori caratteristici, assunti costanti per l'intero tronco di analisi, sono:

- 0,035 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,050 per le aree di deflusso oltre i limiti d'alveo (LOB, ROB).

5.3 Risultati della simulazione idraulica

I tabulati di Report dell'elaborazione idraulica (in forma estesa) sono riportati in *Appendice 2*, mentre qui di seguito si riportano alcuni grafici e tabelle che consentono una più rapida visualizzazione dell'output dell'elaborazione.

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 23 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

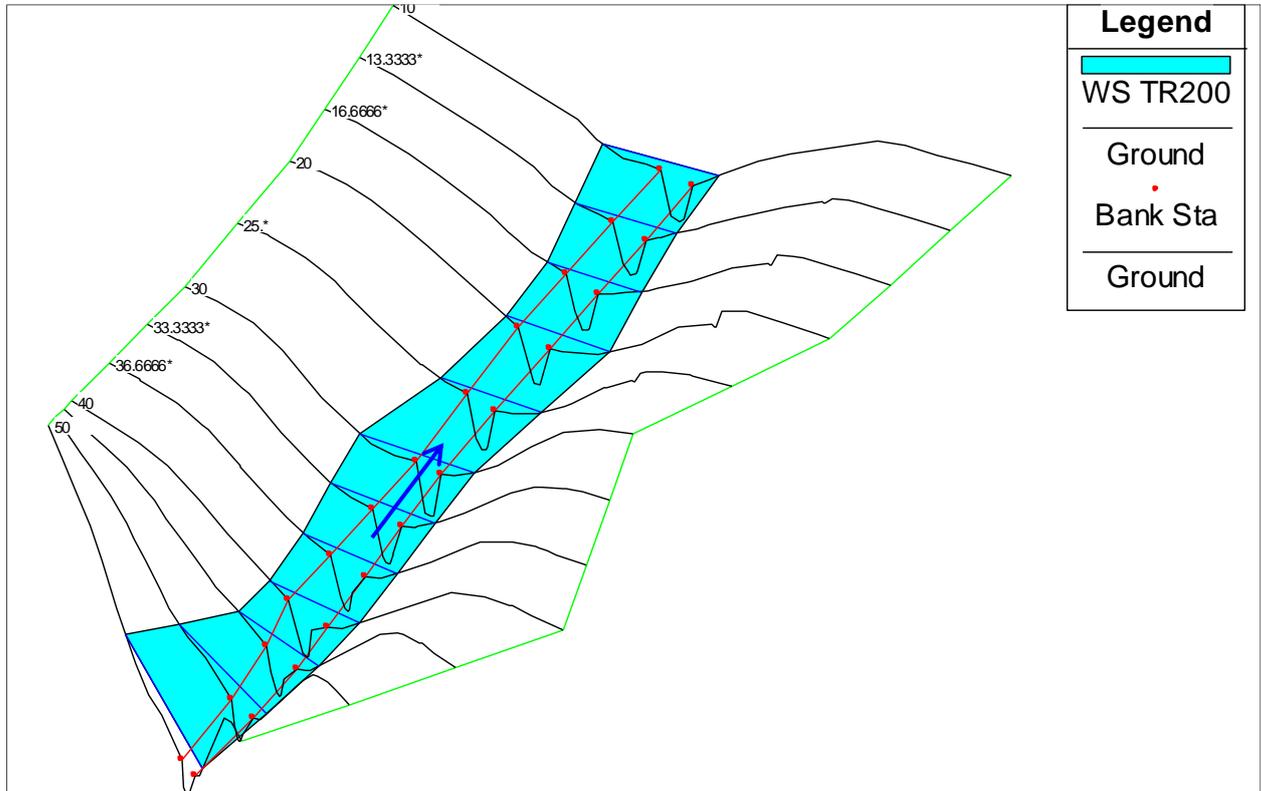


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS50: monte /RS10: valle)

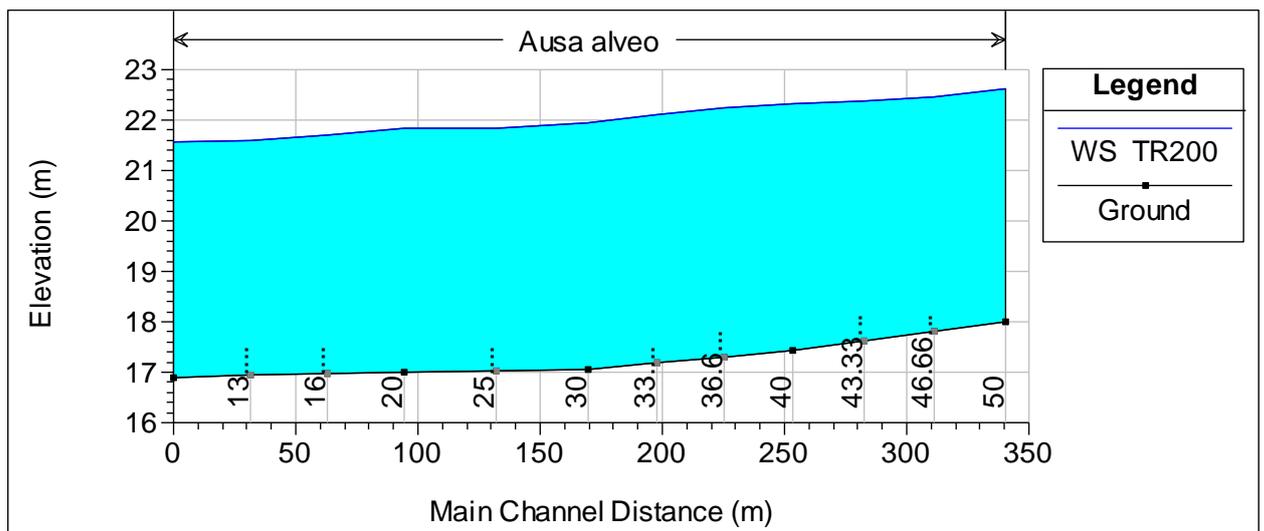


Fig.5.3/B: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 24 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Qui di seguito è riportata la tabella riepilogativa dei risultati conseguiti nell'elaborazione idraulica, relativa alle varie sezioni di calcolo.

Tab.5.3/A: Tabella Riepilogativa di Output

River Station	Q Total (m3/s)	Min Ch Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
50	114	18	22.62	21.46	22.7	0.000647	1.56	119.58	69.04	3.62	19.99	0.26
46.6666*	114	17.81	22.47		22.66	0.001298	2.12	77.57	54.5	3.31	37.56	0.37
43.3333*	114	17.61	22.39		22.62	0.001625	2.23	64.01	38.95	3.05	43.05	0.41
40	114	17.42	22.34		22.57	0.001828	2.22	61.19	36.05	2.82	43.95	0.42
36.6666*	114	17.3	22.24		22.51	0.001933	2.4	58.33	36.81	3.1	50.1	0.44
33.3333*	114	17.18	22.11		22.44	0.002409	2.7	54.84	40.14	3.34	63.18	0.47
30	114	17.06	21.95		22.36	0.003514	3.07	52.76	42.52	3.54	83.91	0.52
25.*	114	17.03	21.83		22.23	0.002996	2.94	49.84	37.18	3.34	75.68	0.51
20	114	17	21.84		22.1	0.001921	2.43	61.08	38.54	3.32	51.06	0.43
16.6666*	114	16.97	21.69		22.03	0.002321	2.67	52.36	34.62	3.28	61.51	0.47
13.3333*	114	16.93	21.61		21.95	0.00234	2.7	51.5	36.76	3.32	62.71	0.47
10	114	16.9	21.57	20.21	21.87	0.002001	2.54	58.47	41.33	3.44	54.89	0.44

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

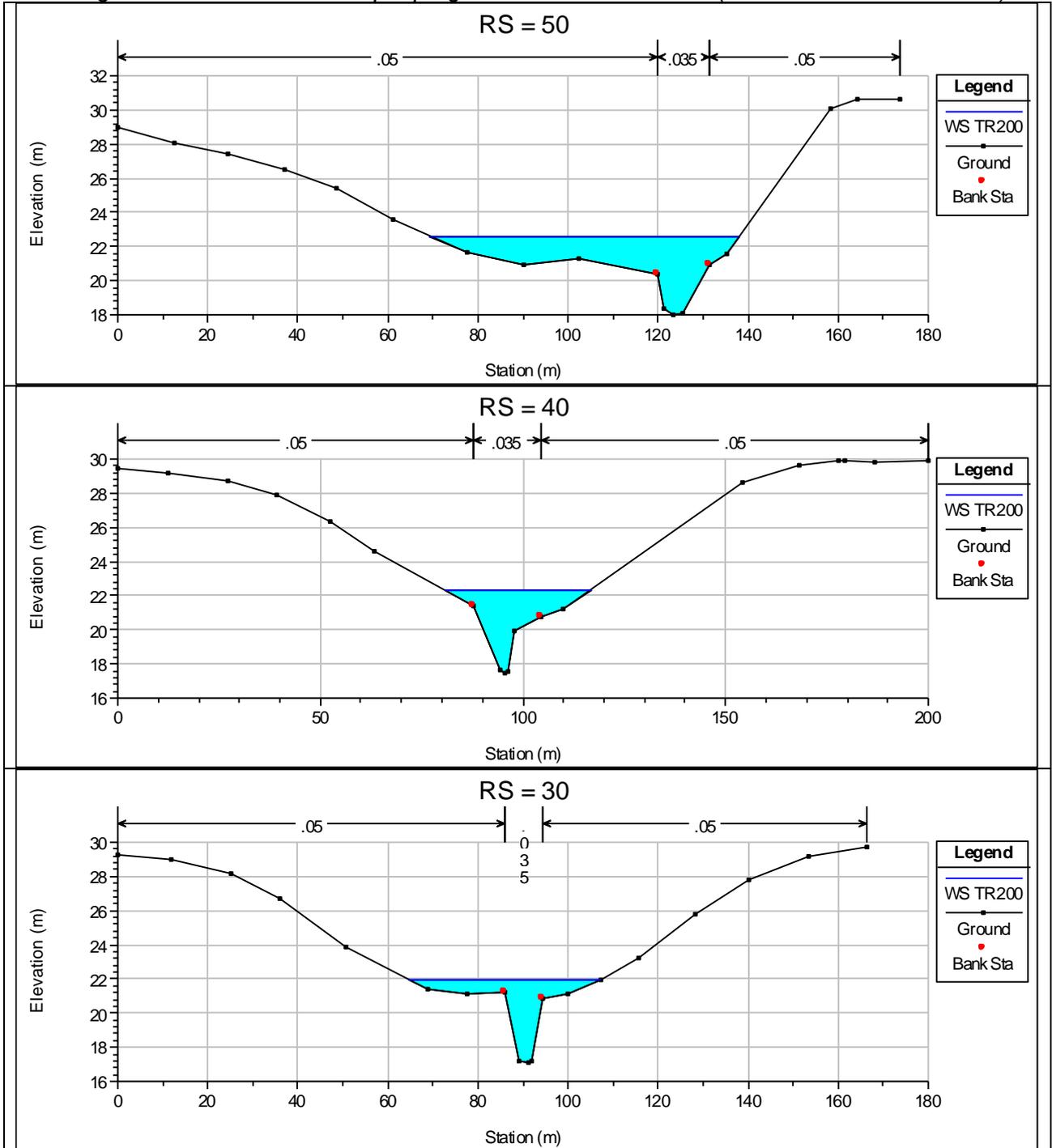
River Station:	Numero identificativo della sezione;
Q Total:	Portata complessiva defluente nell'intera sez. trasversale;
Min. Ch Elev:	Quota minima di fondo alveo;
W.S. Elev:	Quota del pelo libero;
Crit W.S.:	Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della linea dell'energia);
E.G. Elev:	Quota della linea dell'energia per il profilo liquido calcolato;
E.G. Slope:	Pendenza della linea dell'energia;
Vel Chnl:	Velocità media nell'alveo attivo;
Flow Area:	Area della sezione liquida effettiva;
Top Width:	Larghezza superficiale della sezione liquida;
Hydr Depth C:	Altezza liquida media nel canale principale;
Shear Chnl:	Tensione di attrito nel canale d'alveo principale.
Froude Chnl:	Numero di Froude nel canale d'alveo principale;

Inoltre nella figura seguente si riportano le schermate di output delle varie sezioni principali di calcolo (Cross Section) considerate nell'elaborazione di calcolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fig. 25 di 52	Rev. 0

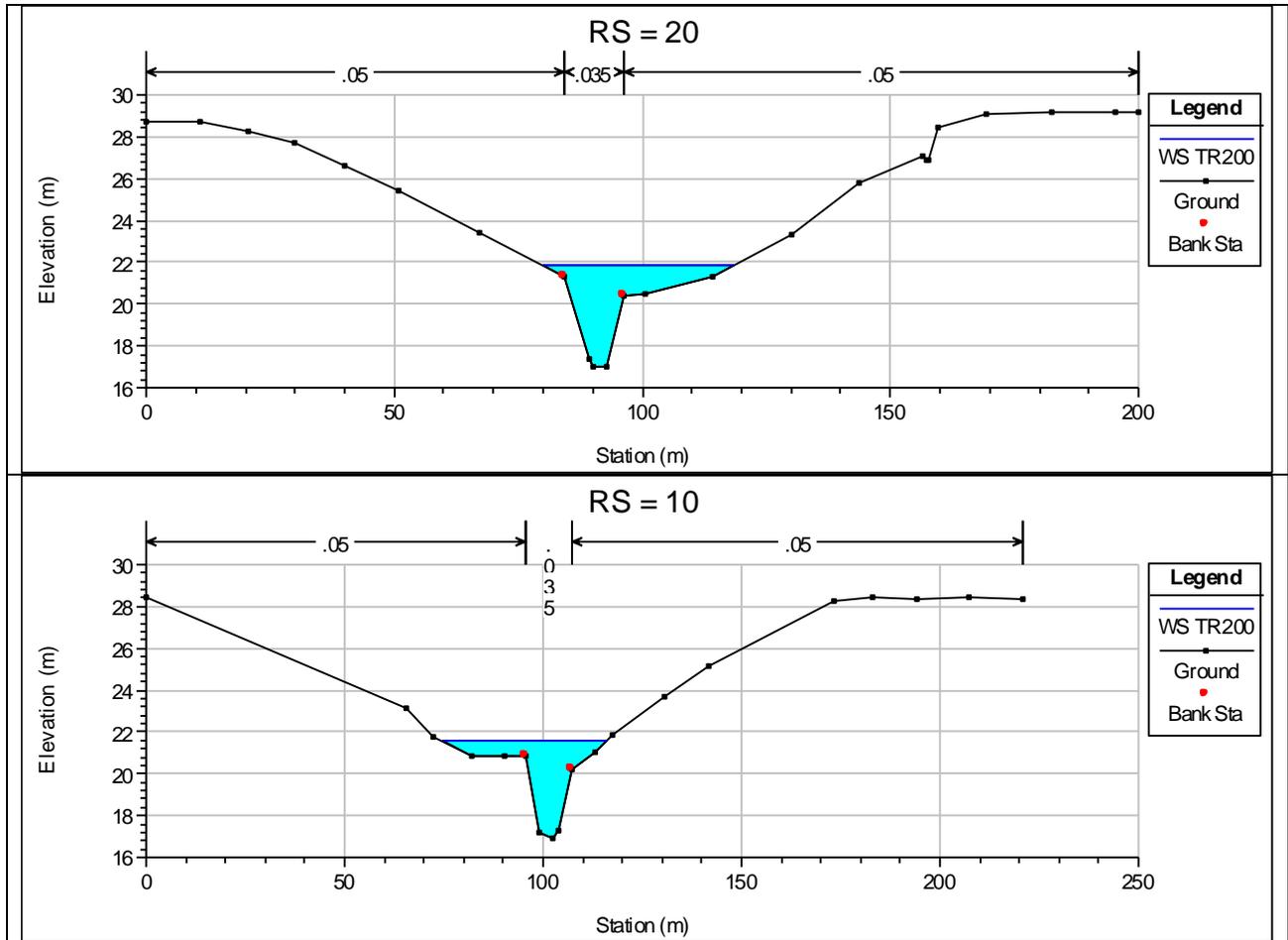
Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Fig.5.3/C: Schermate di Output programma – Cross Section (RS50: monte /RS10: valle)



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 26 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035



5.4 Analisi dei risultati conseguiti

Nel paragrafo precedente sono state riportate le principali schermate di output del programma Hec Ras; mentre in *Appendice 2* sono riportati i tabulati di Report in forma estesa del programma, al quale si rimanda per gli eventuali approfondimenti di dettaglio.

Dall'esame dei risultati della simulazione idraulica, si rileva che nel tronco idraulico considerato la sezione d'alveo non risulta in grado di contenere la portata di progetto. Tuttavia, in considerazione della pendenza apprezzabile dei versanti laterali, le aree di inondazione risultano pressappoco confinate in prossimità dell'alveo stesso.

Detti risultati appaiono sostanzialmente in linea con le perimetrazioni delle aree di inondazione individuate nel PAI relativamente al tronco d'alveo analizzato ed in considerazione della portata di piena duecentennale (a tal proposito si veda la Fig.8.2/A).

Le velocità di deflusso della corrente risultano generalmente variabili nell'ordine dei 2÷3 m/s, mantenendosi comunque nelle condizioni di corrente lenta ($FR < 1$).

Per le valutazioni dei fenomeni erosivi e delle capacità di trasporto solido della corrente in considerazione della piena di progetto, si rimanda a quanto riportato nel capitolo seguente.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 27 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

6 VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO

6.1 Generalità

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 28 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

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

6.2 Criteri di calcolo

Approfondimenti localizzati

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

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

In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 centimetri, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 centimetri, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione¹. Occorre quindi poter stimare quale sia il diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena e quindi valutare gli eventuali approfondimenti. Per i casi di posa di condotte in sub-alveo con eventuale rivestimento, da effettuare in corsi d'acqua a regime torrentizio, è inoltre necessario adeguare le analisi alle condizioni concrete di esecuzione. Fra i modelli più noti atti a determinare il valore dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo durante le piene (Schoklitsh, Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsh² è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici.

Per determinare un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, si ricorre alla citata formula di Schoklitsh:

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

dove

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

Il valore di **a** viene assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima

¹ Adami A., Fenomeni localizzati ed erosioni negli alvei, Atti "Moderne vedute sulla meccanica dei fenomeni fluviali"; C.N.R., P.F. Conservazione del suolo; 1979.

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 29 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

incisione, relativo ad una lunghezza (in asse alveo) pari all'altezza idrica di piena ivi determinata.

Arature di fondo

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

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

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

Allo stato attuale non potendosi fare che semplici ipotesi sul fenomeno, non è possibile proporre algoritmi per calcolare la profondità degli scavi. Le proprietà geometriche del fondo alveo, in relazione all'entità delle tensioni tangenziali indotte dalla corrente, sono state studiate³ da Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare a tali escavazioni un valore cautelativo pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata. In particolare, nel caso di regime di corrente lenta, venne concluso che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica. Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia⁴, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena.

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

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

Diametro limite dei clasti trasportabili

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

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

dove

- δ è il diametro delle particelle;
- τ_0 è la tensione tangenziale in alveo;

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 30 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

- γ_s è il peso specifico delle particelle (considerato 24 kN/m³);
- γ_w è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida.

6.3 Stima dei massimi approfondimenti attesi

Le valutazioni dei fenomeni erosivi e di trasporto solido sono state eseguite in riferimento alla portata di massima piena duecentennale (TR=200 anni), i cui parametri di deflusso nelle sezioni di studio sono evidenziati nel capitolo precedente.

A tal proposito qui di seguito si riportano rispettivamente i valori delle erosioni di fondo alveo e dei diametri limiti dei clasti trasportabili dalla corrente, nelle varie sezioni di studio considerate nello studio idraulico.

Nello specifico nella seguente tabella vengono riportati i valori delle erosioni in alveo. In particolare i valori riportati in nero sono stati estrapolati dai parametri caratteristici del deflusso, di cui alla Tab.5.3/A del capitolo precedente; mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente.

Tab. 6.3/A: Erosioni di fondo nell'alveo principale

River Station	Q Total (m ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m ³ /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati (m)	Arature di fondo (m)
50	114	1.56	69.04	3.62	1.65	3.74	1.09	1.81
46.6666*	114	2.12	54.5	3.31	2.09	3.54	1.14	1.66
43.3333*	114	2.23	38.95	3.05	2.93	3.30	1.22	1.53
40	114	2.22	36.05	2.82	3.16	3.07	1.21	1.41
36.6666*	114	2.4	36.81	3.1	3.10	3.39	1.25	1.55
33.3333*	114	2.7	40.14	3.34	2.84	3.71	1.26	1.67
30	114	3.07	42.52	3.54	2.68	4.02	1.29	1.77
25.*	114	2.94	37.18	3.34	3.07	3.78	1.30	1.67
20	114	2.43	38.54	3.32	2.96	3.62	1.27	1.66
16.6666*	114	2.67	34.62	3.28	3.29	3.64	1.31	1.64
13.3333*	114	2.7	36.76	3.32	3.10	3.69	1.29	1.66
10	114	2.54	41.33	3.44	2.76	3.77	1.26	1.72

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

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 31 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Tab.6.3/B: Diametro limite dei clasti trasportati

River Station	Shear Chan (N/m2)	Diametro limite clasti trasportati (m)
50	19.99	0.02
46.6666*	37.56	0.04
43.3333*	43.05	0.05
40	43.95	0.05
36.6666*	50.1	0.06
33.3333*	63.18	0.07
30	83.91	0.10
25.*	75.68	0.09
20	51.06	0.06
16.6666*	61.51	0.07
13.3333*	62.71	0.07
10	54.89	0.06

6.4 Considerazione sui risultati conseguiti

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente al tronco d'alveo analizzato (nel quale ricade l'attraversamento da parte del metanodotto in progetto), le massimi erosioni attese al fondo alveo si attestano intorno a valori dell'ordine dei **1,8 m**.

La corrente, nel tratto di attraversamento in esame, inoltre risulta potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 0,10m.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 32 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Premessa

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

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

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

7.2 Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto

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

Nello specifico, l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'interferenza ha condotto all'individuazione del sistema di posa in subalveo della pipeline mediante la metodologia degli "scavi a cielo aperto". Ciò in quanto, in corrispondenza dell'ambito di attraversamento in esame, la configurazione d'alveo presenta dimensioni sostanzialmente modeste, le portate defluenti risultano in generale moderate, nonché non si rileva la presenza di manufatti e/o infrastrutture significative in prossimità dell'alveo stesso. Pertanto nel caso in esame si individuano condizioni favorevoli per il corretto sviluppo dei lavori senza particolari criticità.

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

La metodologia esecutiva consiste sostanzialmente nelle seguenti fasi:

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 33 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

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

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

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

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 34 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

7.3 Geometria della condotta ed interventi di ripristino

Copertura di progetto

Relativamente al profilo di posa della condotta in progetto in subalveo in corrispondenza dell'attraversamento in esame, in considerazione dei risultati conseguiti negli studi precedentemente riportati, delle condizioni peculiari del sito di intervento e delle tipologie di opere di presidio idraulico previste in progetto (con particolare riferimento alla realizzazione di un presidio d'alveo costituito da un rivestimento in massi - si veda il sottoparagrafo seguente) è stato previsto di posizionare la condotta in progetto con una copertura minima in alveo di 3.0 m (riferita alla generatrice superiore del tubo).

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

Opere di ripristino

Le opere di difesa idraulica previste nell'ambito sono:

- Rivestimento d'alveo (sponde e fondo) in massi ciclopici, da realizzare per tutta la fascia interessata dai lavori;

Detti interventi assicureranno dunque il ripristino della configurazione morfologica d'alveo preesistente ed un'efficace funzione di stabilizzazione locale dell'alveo stesso (presidio idraulico nei confronti dei potenziali fenomeni erosivi in concomitanza ad eventi di piena). Le opere presentano caratteristiche tipologiche ottimali al fine di inserirsi nel contesto naturale esistente.

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

Si precisa tuttavia che, per un esame di dettaglio della configurazione tipologica e dimensionale delle opere in progetto e del profilo geometrico della condotta, si rimanda alla visione del disegno di attraversamento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 35 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

8 VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA

8.1 Premessa

Generalità

L'ambito territoriale in esame è regolamentato, limitatamente al settore dell'assetto idrogeologico e agli ambiti dei corsi d'acqua, dei versanti e degli abitati in dissesto, attraverso il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'ex Autorità di Bacino Interregionale Marecchia -Conca.

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 sopresse 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

Ai sensi dell'art.2, comma 2 delle Norme del PAI gli ambiti territoriali della rete idrografica e le relative fasce di inondazione, vengono disciplinati nell'ambito del Titolo II delle Norme stesse "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali"

Ai sensi dell'art.7, comma 1, lettera a) delle Norme, nell'ambito della cartografia del PAI vengono individuati gli alvei, le fasce di territorio inondabili (per diversi tempi di ritorno) e le fasce ad alta vulnerabilità idrologica, per i tratti idraulicamente più significativi dei principali corsi d'acqua ricadenti nel bacino interregionale del Marecchia - Conca.

In particolare nell'art.8 delle Norme di Piano viene riportata la definizione l'alveo dei corsi d'acqua, vengono disciplinate le modalità di gestione ed enunciate le prescrizioni e le misure di tutela.

Nell'art.9 viene riportata la definizione delle fasce di territorio di pertinenza dei corsi d'acqua, vengono disciplinate le modalità di gestione ed enunciate le prescrizioni e le misure di tutela. In particolare nell'ambito di dette fasce ricadono le aree di inondazione per tempi di ritorno fino di 50 anni (di pericolosità idraulica molto elevata), quelle per tempi di ritorno di 200 anni (di pericolosità idraulica elevata), le fasce ad alta vulnerabilità idrologica, le fasce ripariali e quelle arginali.

Nell'art.10 viene riportata la definizione delle fasce di inondazione con tempi di ritorno di 500 anni. Per queste fasce la regolamentazione delle attività, in assenza di limitazioni di altro tipo (es. organi di protezione civile), attiene agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

Le Norme (ai sensi dell'art.8, comma 4, lettera b; dell'art.9, comma 4.1, lettera b; dell'art.9, comma 4.2, lettera b) consentono l'interferenza da parte di opere pubbliche o di interesse pubblico e alle infrastrutture a rete con l'alveo e con le fasce di pertinenza dei corsi d'acqua, purché non comportino l'incremento del rischio idraulico.

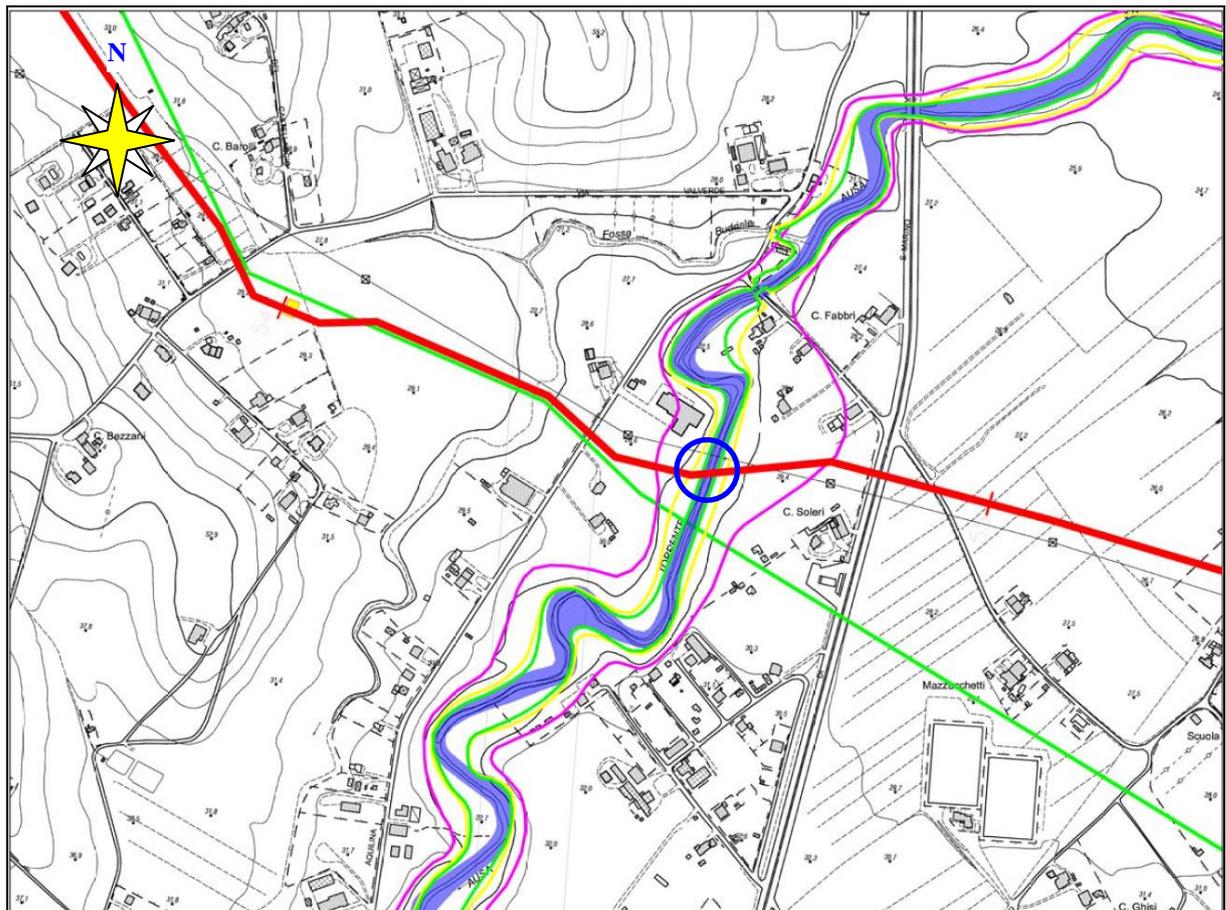
La realizzazione degli interventi è tuttavia subordinata al parere vincolante dell'Ente preposto al nulla-osta idraulico, che verifica le condizioni di compatibilità dell'opera con i contenuti del Piano Stralcio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 36 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

8.2 Interferenze nell'ambito specifico di riferimento

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000, dal quale si può individuare l'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto con l'alveo del corso d'acqua, con le aree di pericolosità idraulica e con le fasce ad alta vulnerabilità idrologica individuate nel PAI.



BACINO INTERREGIONALE MARECCHIA-CONCA

Titolo II - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali

-  Alvei (Art. 8)
-  Fasce di Piena con TR 50 anni - Pericolosità idraulica molto elevata (Art. 9, comma 1a)
-  Fasce di Piena con TR 200 anni - Pericolosità idraulica elevata (Art. 9, comma 1a)
-  Fasce di Piena con TR 500 anni (Art. 10)
-  Fasce ad Alta Vulnerabilità Idrologica (Art. 9, comma 1b)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 37 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

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

Dall'analisi della precedente Fig.8.2/A si rileva che in particolare il metanodotto in progetto nell'ambito di attraversamento (indicato schematicamente mediante un cerchio in blu) interferisce con l'alveo del corso d'acqua (Art.8 delle Norme PAI) e con la fascia di inondazione con tempo di ritorno di 200 anni (Art.9, comma 1a delle Norme PAI).

Nell'ambito in esame non si individuano invece interferenze tra il metanodotto in progetto con le fasce ad alta vulnerabilità idrologica, di cui all'Art.9, comma 1b delle Norme PAI.

8.3 Analisi dei criteri di compatibilità idraulica

Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare di interesse pubblico. 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 con le aree di pericolosità idraulica del corso d'acqua è stata determinata da considerazioni a più ampia scala che riguardano l'intera direttrice di tracciato dell'opera, per la quale sono state attentamente valutate varie alternative di progetto. In particolare si sottolinea che in ogni caso non è risultato possibile evitare l'interessamento di aree di pericolosità idraulica di pertinenza 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.

A tal proposito si mette in evidenza che il metanodotto in progetto risulta un'opera completamente interrata ed essendo costituita da tubazioni in acciaio saldate rivestite in polietilene, non presenta alcun problema operativo e di sicurezza in caso di innalzamento della falda e/o allagamento dell'area.

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

Pertanto, in ragione di quanto esposto, si ritiene che la costruzione dell'opera non determina alcun mutamento significativo sulle condizioni idrogeologiche, idrologiche ed idrauliche dell'ambito fluviale interessato dall'attraversamento.

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

Considerazioni specifiche

Quindi, entrando più in dettaglio in merito agli aspetti connessi alla specifica interferenza idraulica con l'alveo del corso d'acqua, si evidenzia quanto segue:

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26) – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 38 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

- La configurazione morfologica dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, verrà mantenuta praticamente invariata nei confronti della situazione preesistente. Le opere complementari (previste con tecniche di ingegneria naturalistica) sono infatti unicamente finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo, oltre che al presidio idraulico dell'infrastruttura nei confronti di potenziali fenomeni erosivi in ambito locale da parte della corrente;
- La configurazione geometrica della pipeline nell'ambito in esame (quote in subalveo e profili di risalita) è stata stabilita anche in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua e sono tali da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, ecc.).

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

1. *Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena*
Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata, con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato dalla costruzione della condotta nessun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
2. *Riduzione della capacità di laminazione e/o di invaso dell'alveo*
La condotta in progetto, essendo completamente interrata, non crea alcun ostacolo al corretto deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'inondazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.
3. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo*
L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento, e garantendo con la realizzazione d'opere di regimazione le preesistenti caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
4. *Interazioni da parte delle opere di presidio idraulico*
Gli interventi previsti non costituiscono elementi d'interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale), in quanto le opere sono finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo ed al presidio idraulico nei confronti di potenziali fenomeni erosivi. Le caratteristiche tipologiche delle opere previste si inseriscono perfettamente nel contesto naturale esistente.
5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*
Essendo l'opera del tutto interrata non saranno indotti effetti particolarmente impattanti con il contesto naturale della regione fluviale che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 39 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Infine relativamente ai tratti di metanodotto ricadenti esternamente dell'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua, ma comunque collocati all'interno della regione fluviale si evidenzia quanto segue.

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

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

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

Alla luce di quanto sopra affermato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alla metodologia costruttiva ed alla configurazione geometrica della condotta, non determinano alcun incremento dei livelli di pericolosità idraulica dell'ambito e che siano congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme di 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-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 40 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

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, nell'ambito del territorio comunale di Rimini, interseca il corso d'acqua TORRENTE AUSA.

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

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

In aggiunta sono state previste delle opere di protezione idraulica dell'alveo, con lo scopo di ripristinare la configurazione d'alveo esistente prima dell'inizio dei lavori e di garantire, inoltre, le adeguate condizioni di sicurezza della condotta per tutto il periodo di esercizio. Le opere previste non costituiscono elementi di interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua e non determinano delle variazioni significative all'assetto plano-altimetrico preesistente del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale). Le stesse opere sono state scelte con caratteristiche tipologiche ottimali al fine di inserirsi nel contesto naturale esistente.

Nell'analisi delle interferenze tra la linea in progetto con le aree a pericolosità idraulica censite dal PAI (redatto dall' ex Autorità di Bacino Interregionale Marecchia -Conca), si rileva che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento fluviale in esame, il metanodotto in progetto interferisce con l'alveo del corso d'acqua e con le relative fasce di inondazione.

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.

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 41 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Appendice 1: Studio Idraulico - Metodologia di calcolo

Codice di calcolo

Il codice di calcolo utilizzato per le modellazioni è HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center - River Analysis System, prodotto dal U.S. Army Corp of Engineer, che simula il flusso monodimensionale, stazionario, di fluidi verticalmente omogenei, in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, sul quale ampi riferimenti bibliografici sono disponibili in letteratura, in relazione sia alle basi teoriche sia allo sviluppo numerico delle equazioni, così come in merito ad esperienze analoghe di applicazione già maturate in Italia e nel mondo nell'ultimo decennio.

Il calcolo del profilo in moto permanente è stato eseguito per mezzo della versione 4.1. Il modello Hec-Ras permette di calcolare, per canali naturali od artificiali, il profilo idrico di correnti gradualmente variate ed in condizioni di moto stazionario (sia in regime di corrente lenta che di corrente veloce).

La scelta di operare con un modello che simuli le condizioni di moto permanente, scaturisce dalle seguenti considerazioni:

- la verifica idraulica considera un tratto limitato dell'asta torrentizia nell'intorno del punto di interesse;
- il risultato d'analisi non dipende dallo sviluppo temporale dell'evento di piena, ma solo dal massimo valore di livello idrico raggiunto durante l'evento stesso e dai regimi delle velocità osservate.

Le equazioni di conservazione del volume e della quantità di moto (equazioni di De Saint Venant) risolte nel modello sono derivate sulla base delle seguenti assunzioni:

- il fluido (acqua) è incomprimibile ed omogeneo, cioè senza significativa variazione di densità;
- la pendenza del fondo è contenuta;
- le lunghezze d'onda sono grandi se paragonate all'altezza d'acqua, in modo da poter considerare in ogni punto parallela al fondo la direzione della corrente: è cioè trascurabile la componente verticale dell'accelerazione e su ogni sezione trasversale alla corrente si può assumere una variazione idrostatica della pressione.

Integrando le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto ed introducendo la resistenza idraulica (attrito) e le portate laterali adottate si ottiene:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{\Lambda^2 A \cdot R} = 0$$

dove:

- A , area della sezione bagnata (m^2);
- Λ , coefficiente di attrito di Chezy ($m^{1/2}/s$);
- g , accelerazione di gravità (m/s^2);

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 42 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

- h , altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);
- Q , portata (m^3/s);
- R , raggio idraulico (m);
- α , coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
- q , portata laterale addotta (m^2/s).

Condizioni di moto

Le simulazioni numeriche dell'interazione idrodinamica tra il deflusso di piena e la geometria dell'alveo sono state eseguite, come accennato precedentemente, in condizioni di moto permanente (stazionario), assumendo la portata al colmo definita per mezzo dell'analisi idrologica.

La soluzione stazionaria fornisce condizioni di verifica cautelative e permette di impostare un confronto corretto tra diversi profili idraulici, mantenute fisse le condizioni al contorno.

Si tenga presente che in relazione alla formazione del fenomeno del cappio di piena nelle simulazioni di moto vario non si ha concomitanza tra livelli massimi e portate massime, condizione di verifica cautelativa che è invece garantita dalla semplificazione del moto stazionario.

Nelle ipotesi di condizioni di moto permanente unidimensionale, corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture, quali ponti o tombini per attraversamento) e pendenze longitudinali del fondo dell'alveo non eccessive, per un dato tratto fluviale elementare, di lunghezza finita, il modello si basa sulla seguente equazione di conservazione dell'energia tra le generiche sezioni trasversali di monte e di valle, rispettivamente indicate con i pedici 2 e 1

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 V_2^2 / (2g) = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / (2g) + \Delta H$$

in cui

- Y_2 e Y_1 sono le profondità d'acqua,
- Z_2 e Z_1 le quote dei punti più depressi delle sezioni trasversali rispetto a un piano di riferimento (superficie livello medio del mare),
- V_2 e V_1 le velocità medie (rapporto tra portata e area bagnata della sezione),
- α_2 e α_1 i coefficienti di Coriolis di ragguglio delle potenze cinetiche,
- g l'accelerazione di gravità,
- ΔH le perdite di carico nel tratto considerato.

Le perdite energetiche per unità di peso che subisce la corrente fluida fra due sezioni trasversali sono espresse come segue:

$$\Delta H = L J_m + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

in cui

- L è la lunghezza del tratto in analisi,
- J_m è un valore medio rappresentativo della cadente (perdita di carico per unità di lunghezza) nel tratto medesimo,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 43 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

- C è il coefficiente di contrazione o espansione.

In tal modo, si tiene conto sia delle perdite di carico continue o distribuite, rappresentate dal primo addendo del membro di destra, sia delle perdite di carico localizzate o concentrate, rappresentate dal secondo addendo del membro di destra e dovute alle variazioni di sezione trasversale e/o alla presenza di ostacoli strutturali.

La determinazione della cadente, J , sezione per sezione avviene tramite l'equazione di moto uniforme di Manning:

$$Q = KJ^{0,5}$$

essendo Q la portata totale e K un coefficiente di trasporto, espresso dalla relazione

$$K = AR_i^{2/3}/n$$

in cui A è l'area bagnata della sezione trasversale, R_i il raggio idraulico (rapporto tra area e perimetro bagnato), n il coefficiente di scabrezza.

Il coefficiente di trasporto K viene valutato separatamente per il canale principale e le golene; il suo valore per l'intera sezione trasversale è la somma delle tre aliquote. La cadente è quindi esprimibile come $J=(Q/K)^2$, in ciascuna sezione; il suo valore rappresentativo, J_m , nel tratto considerato è valutato mediante l'equazione più appropriata, automaticamente selezionata dal programma, a seconda che, nel tratto di volta in volta considerato, l'alveo sia a forte o debole pendenza e la corrente sia lenta o veloce, accelerata o decelerata.

Per ciascun tronco compreso tra due sezioni trasversali si considerano la lunghezza del canale centrale, L_c , e le lunghezze delle banchine laterali, L_{sx} e L_{dx} rispettivamente per la golena sinistra e quella destra. Per la determinazione delle perdite di carico continue, si adopera un valore della lunghezza pari alla media pesata di L_c , L_{sx} e L_{dx} sulle portate medie riferite anch'esse all'alveo centrale e alle golene ($Q_{c,m}$, $Q_{sx,m}$ e $Q_{dx,m}$):

$$L = (L_{sx}Q_{sx,m} + L_cQ_{c,m} + L_{dx}Q_{dx,m}) / (Q_{sx,m} + Q_{c,m} + Q_{dx,m})$$

Il coefficiente di Coriolis si esprime in funzione dei coefficienti di trasporto, K_i , e delle aree bagnate, A_i , del canale principale e delle golene; ovvero:

$$\alpha = \frac{A^2}{K^3} \sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2}$$

Assetto geometrico

HEC-RAS richiede la schematizzazione del corso d'acqua con tratti successivi di lunghezza variabile individuati alle estremità da sezioni di geometria nota. La posizione delle sezioni trasversali va scelta in modo da descrivere in maniera adeguata il tratto

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 44 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

considerato, prevedendo in linea di massima, sezioni più fitte nei tratti dove la geometria trasversale dell'alveo risulta molto variabile e più rade nei tratti in cui la geometria si mantiene piuttosto uniforme.

Le sezioni trasversali sono suddivise in tre parti, caratterizzate da differenti valori della scabrezza, in cui la velocità si possa ritenere uniformemente distribuita: la parte centrale o canale principale, interessata dalle portate più basse, e le banchine laterali o golene, interessate dalle portate più alte. Il modello è in grado di simulare gli effetti indotti sui livelli dalla presenza di sezioni singolari quali ponti, tombini, stramazzi ed ostruzioni dell'alveo.

Nel caso in oggetto non si è fatto riferimento ad alcuna ramificazione dell'alveo, implementando un modello completamente monodimensionale, che si estende lungo il tracciato del corso d'acqua.

Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno sono necessarie per stabilire il livello del pelo libero dell'acqua all'estremità del sistema (a monte e/o a valle). In un regime di corrente lenta, la condizione al contorno necessaria è quella di valle (se la corrente è lenta non risente di ciò che accade a monte), mentre nel caso di corrente veloce vale l'opposto. Se invece viene effettuato un calcolo in regime di flusso misto, allora le condizioni al contorno devono essere definite a valle e a monte.

Le condizioni al contorno disponibili sono:

- quota nota del pelo libero;
- altezza critica;
- altezza di moto uniforme;
- scala di deflusso

Risultati dei calcoli idraulici

La procedura di calcolo per la determinazione della profondità d'acqua in ogni sezione è iterativa: si assegna una condizione iniziale a valle o a monte e si procede verso monte o valle, in dipendenza dalle condizioni di analisi di un profilo di corrente lenta o veloce; si assume una quota della superficie libera, $WS^I=Y^I+Z$, di primo tentativo nella sezione in cui essa è incognita; si determinano K e V ; si calcolano J_m e ΔH ; si ottiene quindi dall'equazione dell'energia un secondo valore della quota dell'acqua, WS^{II} , che viene posto a confronto con il valore assunto inizialmente; tale ciclo viene ripetuto finché la differenza tra le quote della superficie libera risulta inferiore ad un valore massimo di tolleranza prestabilito dall'operatore. La profondità Y della corrente viene quindi paragonata con l'altezza critica, Y_{cr} , per stabilire se il regime di moto è subcritico o supercritico. L'altezza critica è definita come la profondità per cui il carico totale, H , assume valore minimo.

Si possono presentare situazioni in cui la curva dell'energia, data dalla funzione $H(WS)$, presenta più di un minimo (ad esempio in presenza di ampie golene oppure in caso di esondazione oltre gli argini identificati in fase di modellazione geometrica); il codice di calcolo può individuare fino a tre minimi nella curva, tra i quali seleziona il valore minore.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 45 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Oltre ai valori di portata e di livello calcolati direttamente dal codice di calcolo il modello fornisce in output anche i valori dell'area, larghezza del pelo libero, della velocità, dell'altezza d'acqua e del numero di Froude per ogni sezione di calcolo.

E' fornita anche la linea del carico totale ottenuta come

$$H = WS + V^2/2g$$

dove

- h è il livello idrico (m);
- V la velocità media nella sezione trasversale (m/s).

Note la profondità d'acqua e l'altezza critica in una sezione, si determina se nella data sezione il regime è di corrente lenta o veloce. Se tale regime risulta differire da quanto identificato per la sezione precedente, la profondità d'acqua determinata perde di significato ed alla sezione viene assegnato il valore dell'altezza critica.

Nel caso di passaggio da regime supercritico a subcritico tramite risalto idraulico, la corrente perde il carattere gradualmente variato e l'equazione dell'energia non può essere applicata. In tal caso, il codice di calcolo ricorre all'equazione di conservazione della quantità di moto, che, indicando con i pedici 2 e 1 rispettivamente le sezioni di monte e di valle del tratto considerato, si esprime come

$$\frac{\beta_2 Q_2^2}{g A_2} + A_2 Y_{2,b} + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot i - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot J_m - \frac{\beta_1 Q_1^2}{g A_1} - A_1 Y_{1,b} = 0$$

dove:

- il primo ed il quinto termine rappresentano le spinte idrodinamiche dovute alle quantità di moto (con β coefficiente di ragguglio dei flussi di quantità di moto);
- il secondo e il sesto termine rappresentano le spinte idrostatiche dovute alle pressioni (essendo $Y_{2,b}$ e $Y_{1,b}$ gli affondamenti dei baricentri delle sezioni bagnate);
- il terzo termine rappresenta la componente del peso lungo la direzione del moto (con i pendenza longitudinale del fondo dell'alveo, calcolata in base alle quote medie in ciascuna sezione);
- il quarto termine rappresenta i fattori di resistenza al moto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 46 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Appendice 2: Studio Idraulico- Report Programma HEC RAS

HEC-RAS Version 4.1.0 Jan 2010
 U.S. Army Corps of Engineers
 Hydrologic Engineering Center
 609 Second Street
 Davis, California

```

X   X  XXXXXX   XXXX   XXXX   XX   XXXX
X   X  X       X   X   X   X   X   X   X
X   X  X       X       X   X   X   X   X
XXXXXXXX XXXX   X       XXX  XXXX  XXXXXX  XXXX
X   X  X       X       X   X   X   X       X
X   X  X       X   X   X   X   X   X   X
X   X  XXXXXX   XXXX   X   X   X   X  XXXXX
  
```

PROJECT DATA

Project Title: Ausa
 Project File : Ausa.prj

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Plan 01
 Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch-technip\Ausa.p01

Geometry Title: Ausa
 Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch-technip\Ausa.g01

Flow Title : Ausa
 Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch-technip\Ausa.f01

Plan Summary Information:

Number of:	Cross Sections =	12	Multiple Openings =	0
	Culverts =	0	Inline Structures =	0
	Bridges =	0	Lateral Structures =	0

Computational Information

Water surface calculation tolerance = 0.003
 Critical depth calculation tolerance = 0.003
 Maximum number of iterations = 20
 Maximum difference tolerance = 0.1
 Flow tolerance factor = 0.001

Computation Options

Critical depth computed only where necessary
 Conveyance Calculation Method: At breaks in n values only
 Friction Slope Method: Average Conveyance
 Computational Flow Regime: Mixed Flow

FLOW DATA

Flow Title: Ausa
 Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch-technip\Ausa.f01

Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	TR200
Ausa	alveo	50	114

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 47 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	
Ausa	alveo	TR200	Normal S = 0.005	Normal S = 0.002

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Ausa
 Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch-technip\Ausa.g01

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 50

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 18	
Sta	Elev	Sta	Elev
0	29	12.44	28.1
61.11	23.57	77.6	21.62
121.26	18.34	123.41	18
158.17	30.06	164.1	30.67

Manning's n Values		num= 3	
Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	119.89	.035
		131.53	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
	119.89	131.53	29.047	29.047	29.047	.1	.3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	22.70	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.08	Wt. n-Val.	0.050	0.035	0.050
W.S. Elev (m)	22.62	Reach Len. (m)	29.05	29.05	29.05
Crit W.S. (m)	21.46	Flow Area (m2)	70.72	42.13	6.73
E.G. Slope (m/m)	0.000647	Area (m2)	70.72	42.13	6.73
Q Total (m3/s)	114.00	Flow (m3/s)	44.82	65.82	3.37
Top Width (m)	69.04	Top Width (m)	50.74	11.64	6.66
Vel Total (m/s)	0.95	Avg. Vel. (m/s)	0.63	1.56	0.50
Max Chl Dpth (m)	4.62	Hydr. Depth (m)	1.39	3.62	1.01
Conv. Total (m3/s)	4482.8	Conv. (m3/s)	1762.4	2588.0	132.4
Length Wtd. (m)	29.05	Wetted Per. (m)	50.84	13.37	6.90
Min Ch El (m)	18.00	Shear (N/m2)	8.82	19.99	6.18
Alpha	1.73	Stream Power (N/m s)	8322.14	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	3.48	13.57	3.61
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	5.22	4.18	4.51

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 46.6666*

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 32	
Sta	Elev	Sta	Elev
0	29.157	11.331	28.478
33.849	27.254	44.306	26.333
		48.959	25.742
		55.665	24.793
		64.947	23.69

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 48 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

70.685	22.953	78.61	22.318	82.044	22.067	93.221	21.882	109.207	20.703
111.127	18.767	113.288	17.934	114.14	17.807	114.972	17.9	116.244	18.724
116.299	18.729	122.45	20.903	126.082	21.303	127.761	21.572	153.785	28.435
160.278	29.829	162.469	30.022	168.698	30.402	168.79	30.403	169.588	30.417
174.263	30.364	182.5	30.38						

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	109.207	.035	122.45	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.

109.207	122.45	29.047	29.047	29.047	.1	.3
---------	--------	--------	--------	--------	----	----

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 43.3333*

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 32

Sta	Elev								
0	29.313	10.223	28.855	13.807	28.715	20.109	28.455	30.407	27.987
30.537	27.978	39.971	27.237	44.17	26.816	50.219	26.017	58.594	25.015
63.77	24.285	70.92	23.469	74.018	23.163	84.101	22.485	98.523	21.057
100.993	19.195	103.774	17.772	104.87	17.613	105.721	17.75	107.022	19.322
107.079	19.329	113.37	20.847	118.076	21.257	120.251	21.615	153.973	28.512
162.385	29.598	165.224	29.826	173.296	30.134	173.415	30.137	174.449	30.169
180.506	30.082	191.18	30.15						

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	98.523	.035	113.37	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.

98.523	113.37	29.047	29.047	29.047	.1	.3
--------	--------	--------	--------	--------	----	----

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 40

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 19

Sta	Elev								
0	29.47	12.31	29.15	27.11	28.71	39.38	27.89	52.24	26.34
63.23	24.62	87.84	21.41	94.26	17.61	95.6	17.42	96.47	17.6
97.8	19.92	104.29	20.79	110.07	21.21	154.16	28.59	167.98	29.63
178.04	29.87	179.31	29.92	186.75	29.8	199.86	29.92		

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	87.84	.035	104.29	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.

87.84	104.29	27.863	27.863	27.863	.1	.3
-------	--------	--------	--------	--------	----	----

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	22.57	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.23	Wt. n-Val.	0.050	0.035	0.050
W.S. Elev (m)	22.34	Reach Len. (m)	27.86	27.86	27.86
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	3.28	46.41	11.50
E.G. Slope (m/m)	0.001828	Area (m2)	3.28	46.41	11.50

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 49 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Q Total (m3/s)	114.00	Flow (m3/s)	1.67	103.08	9.25
Top Width (m)	36.05	Top Width (m)	7.10	16.45	12.50
Vel Total (m/s)	1.86	Avg. Vel. (m/s)	0.51	2.22	0.80
Max Chl Dpth (m)	4.92	Hydr. Depth (m)	0.46	2.82	0.92
Conv. Total (m3/s)	2666.4	Conv. (m3/s)	39.1	2411.1	216.3
Length Wtd. (m)	27.86	Wetted Per. (m)	7.16	18.92	12.61
Min Ch El (m)	17.42	Shear (N/m2)	8.22	43.95	16.35
Alpha	1.30	Stream Power (N/m s)	9568.88	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)	1.40	9.69	2.82
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	3.04	2.96	3.67

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 36.6666*

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	33							
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 29.397 11.984 29.104 12.216 29.095 25.583 28.546 26.903 28.465									
36.735 27.615 39.08 27.356 51.542 25.528 51.842 25.49 62.748 23.863									
69.935 22.917 78.791 22.034 87.17 21.35 91.305 18.162 92.901 17.44									
94.097 17.3 94.792 17.437 95.854 19.009 96.029 19.033 101.04 20.813									
106.338 21.173 107.506 21.332 116.515 22.692 126.831 24.388 142.134 27.081									
146.753 27.861 156.765 28.881 159.421 29.102 168.642 29.522 169.806 29.589									
172.924 29.64 176.626 29.638 188.643 29.853									

Manning's n Values	num=	3			
Sta n Val Sta n Val Sta n Val					
0 .05 87.17 .035 101.04 .05					

Bank Sta: Left Right	Lengths: Left Channel Right	Coeff Contr.	Expan.
87.17 101.04	27.863 27.863 27.863	.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 33.3333*

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	33							
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 29.323 11.892 29.052 12.122 29.04 25.387 28.343 26.696 28.22									
36.452 27.183 38.779 26.822 51.146 24.679 51.443 24.64 62.265 23.106									
69.398 22.158 78.186 21.557 86.5 21.29 90.137 17.656 91.541 17.269									
92.593 17.18 93.114 17.274 93.909 18.098 94.039 18.116 97.79 20.837									
102.606 21.135 103.668 21.241 111.857 22.316 121.235 23.824 135.147 26.416									
139.346 27.132 148.448 28.351 150.862 28.573 159.244 29.175 160.303 29.257									
163.137 29.415 166.502 29.477 177.427 29.787									

Manning's n Values	num=	3			
Sta n Val Sta n Val Sta n Val					
0 .05 86.5 .035 97.79 .05					

Bank Sta: Left Right	Lengths: Left Channel Right	Coeff Contr.	Expan.
86.5 97.79	27.863 27.863 27.863	.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 30

INPUT

CENT.MDT.GG.GEN.09650 REV. 00

File dati: _7_T.Ausa (c.a)

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 50 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Description:

Station Elevation Data	num=	19
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev		
0 29.25 11.8 29 25.19 28.14 36.17 26.75 50.75 23.83		
68.86 21.4 77.58 21.08 85.83 21.23 88.97 17.15 91.09 17.06		
92.05 17.2 94.54 20.86 99.83 21.15 107.2 21.94 115.64 23.26		
128.16 25.75 140.13 27.82 153.35 29.19 166.21 29.72		

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val		
0 .05 85.83 .035 94.54 .05		

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right	Coeff Contr.	Expan.
85.83 94.54 37.53 37.53 37.53	.1	.3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	22.36	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.40	Wt. n-Val.	0.050	0.035	0.050
W.S. Elev (m)	21.95	Reach Len. (m)	37.53	37.53	37.53
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	13.91	30.85	8.00
E.G. Slope (m/m)	0.003514	Area (m2)	13.91	30.85	8.00
Q Total (m3/s)	114.00	Flow (m3/s)	12.48	94.58	6.94
Top Width (m)	42.52	Top Width (m)	21.08	8.71	12.73
Vel Total (m/s)	2.16	Avg. Vel. (m/s)	0.90	3.07	0.87
Max Chl Dpth (m)	4.89	Hydr. Depth (m)	0.66	3.54	0.63
Conv. Total (m3/s)	1923.2	Conv. (m3/s)	210.6	1595.6	117.1
Length Wtd. (m)	37.53	Wetted Per. (m)	21.12	12.67	12.78
Min Ch El (m)	17.06	Shear (N/m2)	22.69	83.91	21.57
Alpha	1.70	Stream Power (N/m s)	7957.78	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.12	Cum Volume (1000 m3)	0.81	6.37	1.99
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	1.90	1.90	2.62

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
REACH: alveo RS: 25.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	38
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev		
0 28.965 11.094 28.851 11.701 28.833 20.705 28.358 24.979 28.075		
29.984 27.586 35.867 26.917 40.442 26.228 50.324 24.697 51.203 24.591		
67.925 22.429 68.282 22.383 76.929 21.69 85.11 21.26 88.426 17.869		
89.972 17.209 90.665 17.03 92.008 17.114 92.595 17.429 95.49 20.615		
98.925 20.757 101.957 20.927 110.346 21.578 110.967 21.651 121.284 23.082		
123.874 23.486 135.457 25.673 136.59 25.832 146.15 27.076 146.886 27.028		
147.191 27.07 149.069 27.973 151.223 28.214 157.013 28.7 167.384 29.181		
168.316 29.201 179.044 29.377 183.105 29.455		

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val		
0 .05 85.11 .035 95.49 .05		

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right	Coeff Contr.	Expan.
85.11 95.49 37.53 37.53 37.53	.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
REACH: alveo RS: 20

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	24
------------------------	------	----

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 51 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

Sta	Elev								
0	28.68	11	28.69	20.53	28.3	29.73	27.67	40.1	26.63
50.77	25.47	67.35	23.41	84.39	21.29	89.51	17.33	90.24	17
92.72	17.04	96.44	20.37	100.5	20.5	114	21.27	129.99	23.29
143.68	25.78	156.32	27.05	157.19	26.85	157.55	26.89	159.77	28.43
169.16	29.09	182.52	29.18	195.2	29.17	200	29.19		

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val	Sta n Val	Sta n Val
0 .05	84.39 .035	96.44 .05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	84.39	96.44		31.547	31.547	31.547		.1	.3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	22.10	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.26	Wt. n-Val.	0.050	0.035	0.050
W.S. Elev (m)	21.84	Reach Len. (m)	31.55	31.55	31.55
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	1.22	39.98	19.88
E.G. Slope (m/m)	0.001921	Area (m2)	1.22	39.98	19.88
Q Total (m3/s)	114.00	Flow (m3/s)	0.45	97.33	16.22
Top Width (m)	38.54	Top Width (m)	4.42	12.05	22.07
Vel Total (m/s)	1.87	Avg. Vel. (m/s)	0.37	2.43	0.82
Max Chl Dpth (m)	4.84	Hydr. Depth (m)	0.27	3.32	0.90
Conv. Total (m3/s)	2601.3	Conv. (m3/s)	10.2	2220.9	370.2
Length Wtd. (m)	31.55	Wetted Per. (m)	4.45	14.75	22.13
Min Ch El (m)	17.00	Shear (N/m2)	5.14	51.06	16.92
Alpha	1.48	Stream Power (N/m s)	9575.58	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.07	Cum Volume (1000 m3)	0.41	3.74	1.02
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	1.05	1.12	1.34

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 16.6666*

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	38
Sta Elev	Sta Elev	Sta Elev
0 28.59	11.485 28.264	21.435 27.716
53.008 24.915	60.547 24.099	66.809 23.152
83.472 21.525	88.11 21.137	91.369 18.307
96.039 17.107	96.565 17.242	100.047 20.313
109.837 21.149	118.181 21.889	121.921 22.388
148.832 26.133	161.885 27.431	162.238 27.391
165.448 28.391	171.181 28.7	175.145 28.87
194.053 28.917	202.036 28.905	206.993 28.913

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val	Sta n Val	Sta n Val
0 .05	88.11 .035	100.047 .05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	88.11	100.047		31.547	31.547	31.547		.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 13.3333*

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	38
Sta Elev	Sta Elev	Sta Elev

CENT.MDT.GG.GEN.09650 REV. 00

File dati: _7_T.Ausa (c.a)

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-007	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 52 di 52	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-035

0	28.5	11.97	27.838	22.34	27.132	32.351	26.366	43.635	25.392
55.246	24.36	63.104	23.624	69.629	22.476	73.288	22.095	78.798	21.52
86.996	21.208	91.83	20.983	95.239	17.729	97.446	17.088	98.247	16.933
99.919	17.184	100.409	17.444	103.653	20.257	107.979	20.735	109.154	20.874
113.753	21.49	122.362	22.509	126.221	23.049	137.204	24.443	139.398	24.677
153.983	26.486	167.45	27.812	167.814	27.81	168.377	27.779	168.76	27.799
171.125	28.352	177.041	28.58	181.13	28.65	188.159	28.631	195.363	28.654
200.636	28.659	208.873	28.64	213.987	28.637				

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val	Sta n Val	Sta n Val
0 .05	91.83 .035	103.653 .05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
91.83	103.653	31.547	31.547	31.547	.1	.3	

CROSS SECTION

RIVER: Ausa
 REACH: alveo RS: 10

INPUT

Description:	num=	19								
Station Elevation Data	Sta Elev									
	0 28.41	65.66	23.15	72.45	21.8	81.99	20.89	90.52	20.89	
	95.55	20.83	99.11	17.15	102.25	16.9	103.8	17.26	107.26	20.2
	112.93	21.03	117.67	21.83	130.52	23.71	141.84	25.15	173.39	28.23
	182.9	28.46	194.36	28.38	207.22	28.4	220.98	28.36		

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val	Sta n Val	Sta n Val
0 .05	95.55 .035	107.26 .05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
95.55	107.26	0	0	0	.1	.3	

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	21.87	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.30	Wt. n-Val.	0.050	0.035	0.050
W.S. Elev (m)	21.57	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	20.21	Flow Area (m2)	11.87	40.29	6.31
E.G. Slope (m/m)	0.002001	Area (m2)	11.87	40.29	6.31
Q Total (m3/s)	114.00	Flow (m3/s)	7.32	102.22	4.46
Top Width (m)	41.33	Top Width (m)	20.73	11.71	8.89
Vel Total (m/s)	1.95	Avg. Vel. (m/s)	0.62	2.54	0.71
Max Chl Dpth (m)	4.67	Hydr. Depth (m)	0.57	3.44	0.71
Conv. Total (m3/s)	2548.5	Conv. (m3/s)	163.6	2285.3	99.7
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	20.76	14.40	9.00
Min Ch El (m)	16.90	Shear (N/m2)	11.22	54.89	13.77
Alpha	1.53	Stream Power (N/m s)	10580.05	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			