

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 1 di 34

Rifacimento metanodotto Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto
DN 650 (26"), DP 75 bar
ed opere connesse

Attraversamento in subalveo del TORRENTE ASOLA

STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO

• **SAIPEM SPA**
 Il Progettista
 Dott. Ing. A. PARLATO iscritto all'ordine
 degli ingegneri della Provincia di Avellino al n. 2095
 Tel. 0721.16026841 - Fax 0721.1602019
 • C.F. e P. IVA 00825790157

0	Emissione	Caccavo	Caffarelli	Sciosci	Ott '18
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 2 di 34	Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Oggetto della relazione	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	Definizioni	4
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3	CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME	8
3.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	8
3.2	Descrizione dell'area d'intervento	9
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	11
4.1	Generalità	11
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	11
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	11
4.4	Regionalizzazione delle portate	12
4.4.1	<u>Premessa</u>	12
4.4.2	<u>Metodologia di Elaborazione - Sintesi</u>	13
4.4.3	<u>Risultati delle elaborazioni</u>	13
4.4.4	<u>Risultati riferiti al caso specifico</u>	14
4.5	Portata di progetto	14
5	VALUTAZIONI IDRAULICHE	15
5.1	Premessa e metodologia di calcolo	15
5.2	Assetto geometrico e modellazione idraulica	15
5.3	Risultati della simulazione idraulica	17
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	19
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	20
6.1	Generalità	20
6.2	Criteri di calcolo	21
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	23
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	23
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	24
7.1	Premessa	24
7.2	Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto	24
7.3	Prescrizioni sulla geometria della condotta ed interventi di ripristino	26
7.4	Compatibilità interventi con l'assetto del corso d'acqua	26
8	CONCLUSIONI	29

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 3 di 34

APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - REPORT PROGRAMMA HEC RAS

30

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 4 di 34	Rev. 0

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto denominato "*Rifacimento metanodotto Ravenna - Chieti, tratto Recanati – San Benedetto del T., DN 650 (26") - DP 75 bar*", intende realizzare un metanodotto che si sviluppa nell'ambito dei territori delle Marche e dell'Abruzzo, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del torrente Asola, in un ambito di confine tra i territori di Montelupone (Mc) e Montecosaro (Mc).

In corrispondenza del sopracitato attraversamento fluviale, il tracciato del metanodotto in progetto non interferisce con delle aree censite di pericolosità idraulica (aree inondabili) ai sensi del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'ex Autorità di Bacino Regionale delle Marche.

1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

Lo scopo del presente elaborato è quello di illustrare 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;
- 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;

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 5 di 34	Rev. 0

punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Tubazione

Insieme di tubi, uniti tra loro, comprese le curve ottenute mediante formatura a freddo.

Diametro nominale (DN)

Indicazione convenzionale, che serve quale riferimento univoco per individuare la grandezza dei tubi e dei diversi elementi accoppiabili. Si indica con DN seguito dal numero, che ne esprime la grandezza in millimetri o pollici ("inches").

Trincea

Scavo a cielo aperto, con definita sezione geometrica, finalizzata alla collocazione interrata della tubazione.

Trenchless

Tecnologie per lo scavo del terreno, finalizzate alla posa della condotta in sotterraneo, alternative alla trincea (microtunnel, gallerie, trivellazioni sub-verticali realizzate con "Raise borer", trivellazioni orizzontali controllate – T.O.C., ecc.).

Profondità d'interramento o Copertura della tubazione

Distanza compresa tra la generatrice superiore esterna della tubazione o del relativo manufatto di protezione, ove presente, e la superficie del terreno (piano campagna o fondo alveo).

Copertura minima

Valore minimo della profondità di interramento della tubazione, che vien stabilito in ciascun tratto della linea caratterizzato dalle medesime condizioni generali di esecuzione.

Pista di lavoro

Fascia di territorio, resa disponibile lungo l'asse del tracciato, predisposta per il transito dei normali mezzi di cantiere e per l'esecuzione delle fasi di scavo e di montaggio della condotta, entro la quale devono essere contenuti tutti i lavori di costruzione e posa.

Alveo

Sede del libero deflusso delle acque, delimitato da cigli di sponda e/o da pareti interne di tratti arginati. Comprende le aree morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, in quanto sedimenti storicamente interessati dal deflusso o attualmente interessati da andamento pluricursale e da naturali divagazioni delle correnti, e le aree manifestamente soggette alle dinamiche evolutive del corso d'acqua. La sua delimitazione è, di norma, individuata graficamente dalle Autorità aventi competenza sui corpi idrici o da strumenti di pianificazione.

Opere di ripristino

Opere di sistemazione e di recupero ambientale delle aree attraversate dal metanodotto; possono essere correlate e contestuali a lavori di consolidamento e stabilizzazione dei terreni o di regimazione e difesa idraulica della condotta, tra cui: sistemazioni arginali; ripristino di strade e servizi interferiti dal tracciato; ripristini morfologici; ripristini vegetazionali.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 6 di 34	Rev. 0

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto medio-alto dello sviluppo del corso d'acqua, in un ambito rurale al confine tra i territori di Montelupone (Mc) e Montecosaro (Mc).

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 in particolare 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.

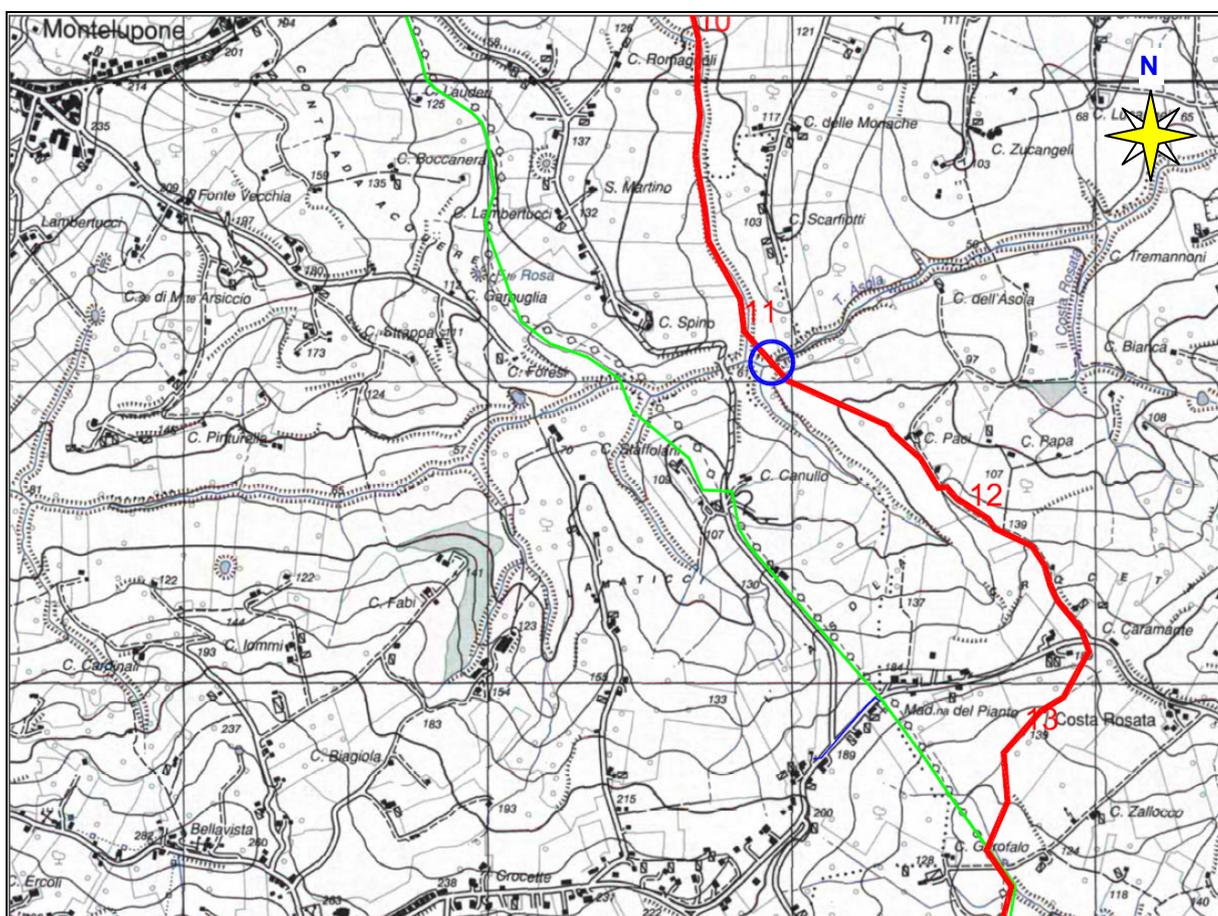


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

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	386870 m E	4798852 m N

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 7 di 34

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 (linea in rosso), il metanodotto in esercizio da dismettere (linea in verde) e l'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame (cerchio in blu).

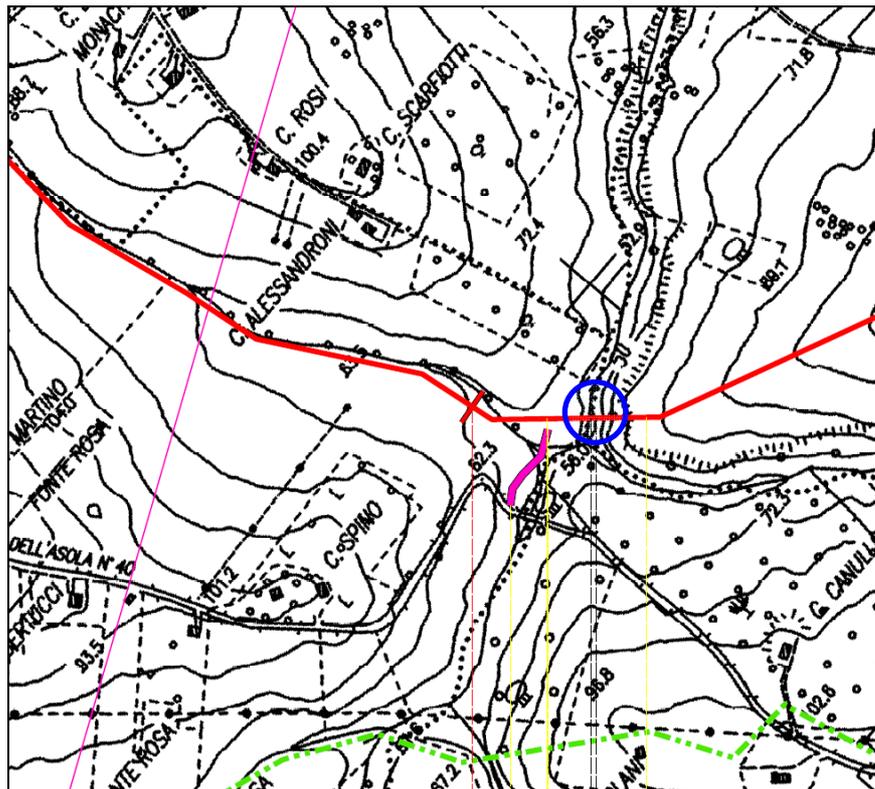


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

Nella figura precedente il tratto in magenta rappresenta l'impronta della pista da realizzare dalla viabilità ordinaria per il raggiungimento della fascia di lavoro.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 8 di 34

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il torrente Asola rappresenta un corso d'acqua minore il quale, unitamente al fosso Pilocco, si sviluppa nell'interbacino litoraneo tra il fiume Potenza a Nord e il fiume Chienti a Sud.

E' caratterizzato da un bacino imbrifero della superficie complessiva di circa 33 kmq, che si sviluppa in direzione Ovest- Est.

Nasce a circa 2 km a NO di Morrovalle e dopo uno sviluppo dell'asta principale di circa 13.5 km sfocia in mare immediatamente a Sud di Porta Potenza Picena.

Non si rileva la presenza di affluente particolarmente significativi.

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 del corso d'acqua. Nella stessa figura è anche riportato mediante un cerchio in rosso l'ambito d'interferenza in esame tra il metanodotto in progetto e l'alveo del corso d'acqua.

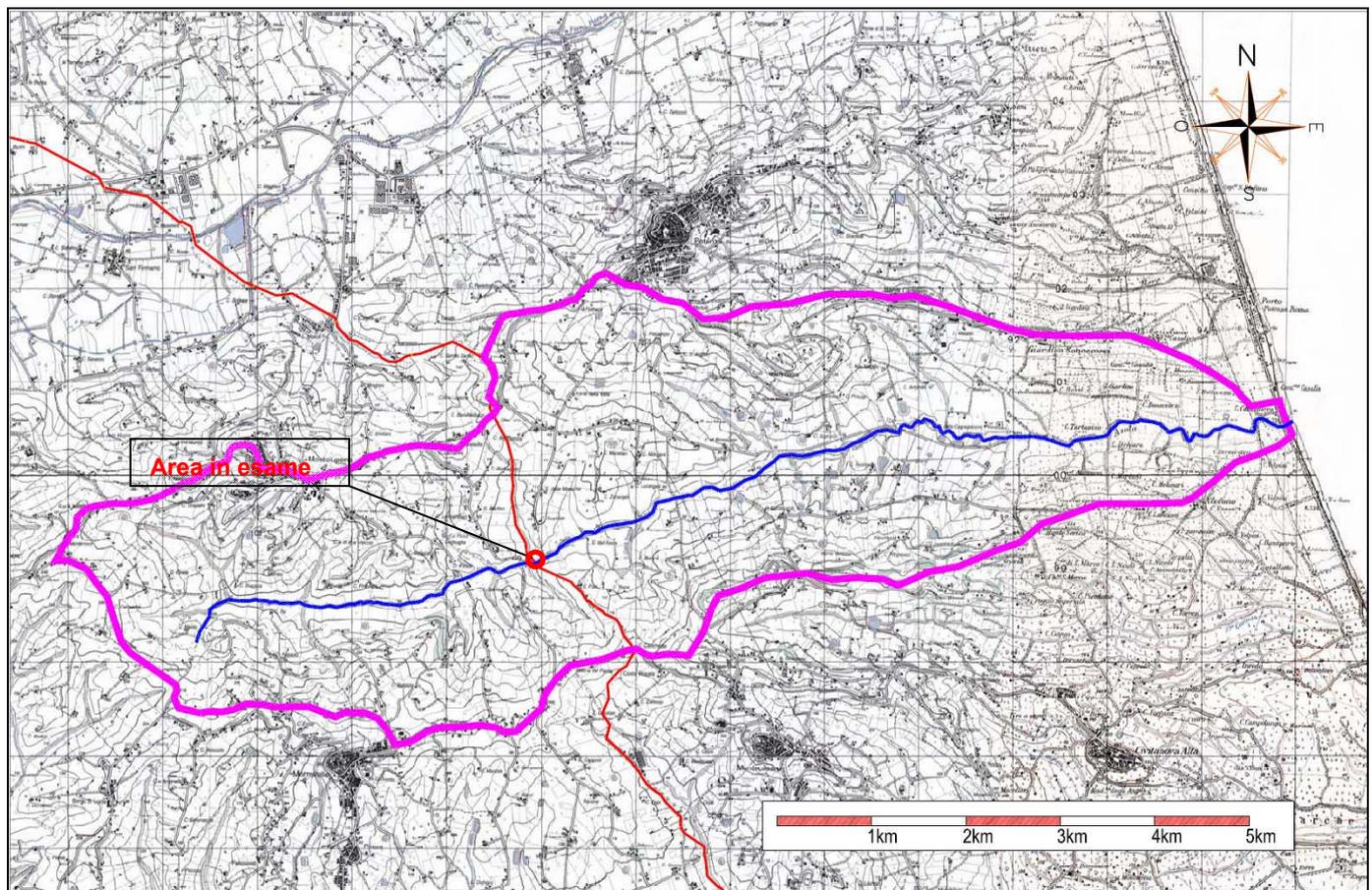


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione dell'ambito di studio

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 9 di 34

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- alto dello sviluppo del corso d'acqua.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua è caratterizzato da un andamento planimetrico moderatamente sinuoso.

L'alveo presenta una configurazione incisa, con dimensioni alquanto modeste e con sponde (mediamente acclivi) interessate da una folta vegetazione arbustiva e arborea.

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 (linea in rosso) ed il corso d'acqua.



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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 10 di 34

Nella figura seguente è inoltre riportata una foto del corso d'acqua eseguita in prossimità dell'ambito d'interferenza e più esattamente in corrispondenza del ponte della S.P.n.40, presente poco a monte dell'attraversamento in progetto.



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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 11 di 34	Rev. 0

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.

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

Nell'ambito del territorio della Regione Marche è stato sviluppato uno studio di regionalizzazione denominato *Studio di regionalizzazione sul territorio marchigiano (Fondazione CIMA - Maggio 2016)*, finalizzato all'individuazione delle precipitazioni intense e delle portate massime al colmo di piena, associate a vari tempi di ritorno.

In tal senso per la valutazione delle portate di piena nella sezione idrologica di riferimento nel presente elaborato ci si avvale dei risultati conseguiti nello studio sopracitato.

4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino

Si assume come sezione di studio quella di attraversamento da parte della linea in progetto, la quale ricade nel tratto medio-alto dello sviluppo del corso d'acqua (a circa 9.5 km dalla foce nel Mar Adriatico).

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dalle tavolette IGM, con la delimitazione del bacino sotteso dalla sezione di studio e con indicazione dell'asta principale del corso d'acqua. Nella stessa figura il tracciato di progetto è indicato mediante una linea in colore rosso.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 12 di 34

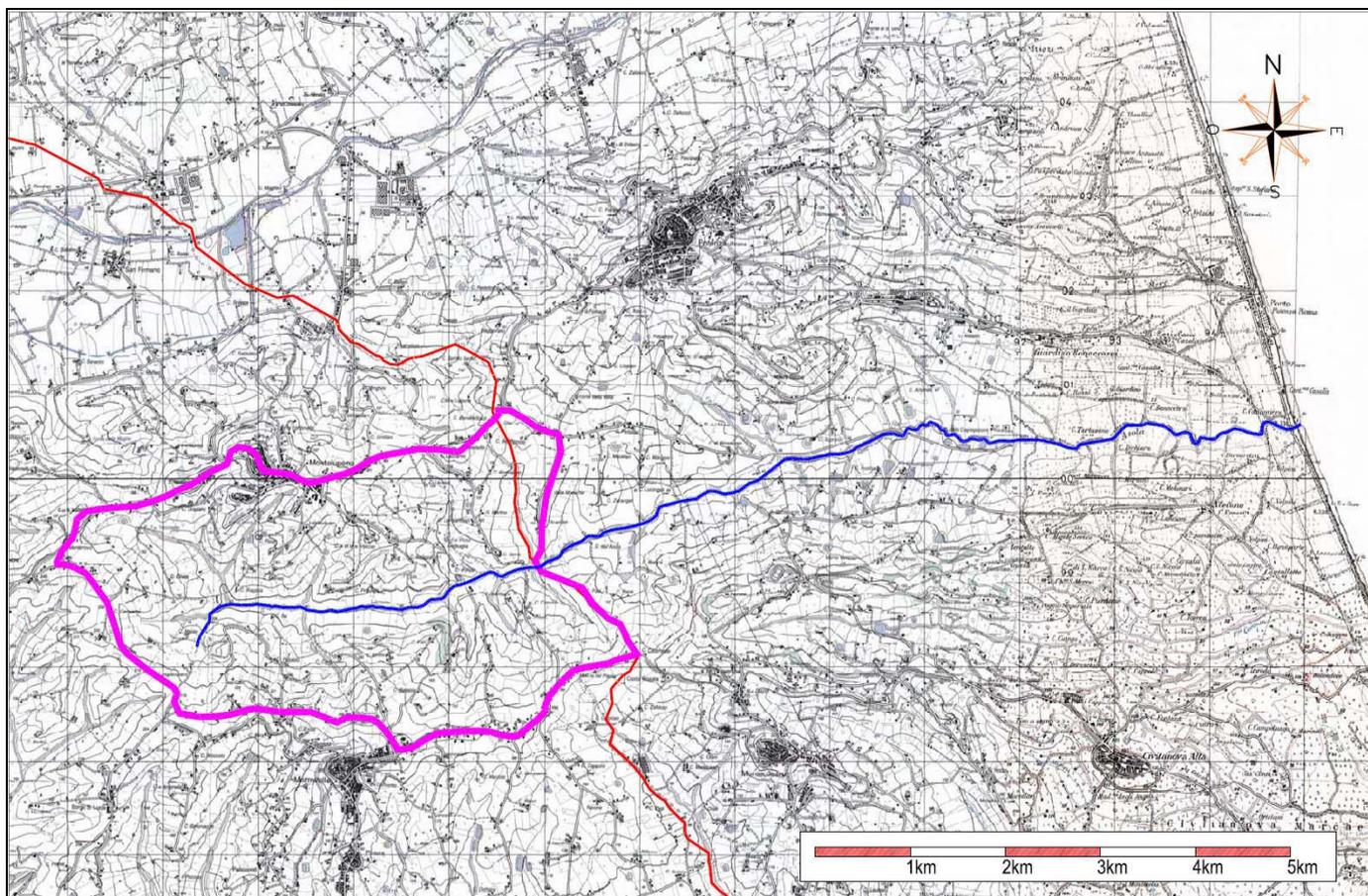


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

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)
Torrente Asola / Sez. di studio	11.7	4.1	282	52

4.4 Regionalizzazione delle portate

4.4.1 Premessa

In data 17 febbraio 2015 è stata stipulata la convenzione tra il Commissario Delegato Maltempo Maggio 2014 e Fondazione CIMA per “La modellazione e definizione delle grandezze idrologiche utili alla progettazione per la messa in sicurezza strutturale e non strutturale del reticolo idrografico principale della Regione Marche” (Reg Int: 2015/28 – Nr. 670). Il documento, a norma dell’articolo 6 della convenzione, è la descrizione delle attività svolte da Fondazione CIMA per la regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena per la stima dei tempi di ritorno delle

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 13 di 34	Rev. 0

grandezze idrologiche. Obiettivo del lavoro è la definizione della regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena con diversi tempi di ritorno per i corsi d'acqua nel territorio marchigiano.

4.4.2 Metodologia di Elaborazione - Sintesi

Per realizzare la regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena non è stato possibile utilizzare un approccio diretto che utilizzi le serie storiche di portata per la molto scarsa numerosità del campione.

È stato quindi utilizzato un approccio indiretto che prevede la generazione di eventi sintetici di precipitazione utilizzando i risultati ottenuti nella procedura di regionalizzazione delle piogge estreme e l'uso del modello idrologico Continuum calibrato e validato sul territorio regionale per determinare la risposta dei bacini.

La procedura utilizzata per la regionalizzazione delle portate al colmo è composta di tre fasi:

1. generazione di un set di eventi pluviometrici estremi sintetici
2. esecuzione di simulazioni idrologiche per ognuno degli eventi pluviometrici generati
3. stima della distribuzione di probabilità in ogni punto del reticolo

Il modello idrologico è stato calibrato su bacini di medio-grandi dimensioni presenti sul territorio regionale (l'area del bacino più piccolo calibrato è pari a 50 kmq) per cui i risultati della regionalizzazione su tali aree sono ritenuti affetti da una minor incertezza rispetto ai risultati ottenuti per bacini di piccole dimensioni (alcuni kmq) per cui non erano disponibili serie storiche di portata per la calibrazione.

4.4.3 Risultati delle elaborazioni

I risultati delle elaborazioni sono stati sintetizzati mediante delle mappe di quantili, visualizzabili con qualunque software GIS.

In sintesi sono stati forniti i seguenti allegati:

- Mappe_Regionalizzazione_Q.zip: mappe in formato ESRI grid, lat-lon EPSG-4326, delle:
 - a. Portate per diversi tempi di ritorno (T= 2, 5, 10, 20, 50, 100, 150, 200, 500 anni).
 - b. Area drenata da ciascun punto sul reticolo modellistico (espressa in km²).

Inoltre per bacini con area drenata inferiore a 50 kmq, come metodo alternativo all'utilizzo delle mappe dei quantili, risulta possibile valutare la portata indice (portata media dei massimi di piena annuali) in funzione dell'area drenata, in considerazione dell'algoritmo qui di seguito riportato:

$$Q_i = 1.6119 A^{0.9735} \quad [m^3/s]$$

Si applicano i valori del fattore di crescita K_T riportati nella Tabella seguente per ottenere il quantile desiderato: $Q(T) = K_T \times Q_i$

Tempo di ritorno [anni]	2	5	10	20	50	100	150	200	500	1000
Fattore di crescita K_T	0.864	1.375	1.755	2.155	2.730	3.207	3.505	3.725	4.482	5.115

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 14 di 34	Rev. 0

A livello cautelativo, per bacini inferiori ai 50 kmq, viene suggerito di utilizzare entrambi i metodi e poi di utilizzare i valore massimi.

4.4.4 Risultati riferiti al caso specifico

La visualizzazione dei quantili di riferimento per la sezione idrologica di studio è stata eseguita mediante l'impiego del software QGIS.

In particolare le portate al colmo di piena, riferite a n.4 differenti tempi di ritorno, sono riportate nella tabella seguente.

Tab.4.4/A: Portate al colmo di piena / Metodo "Regionalizzazione Marche" (quantili)

Corso d'acqua / Sezione Studio	Coord. Geografiche WGS84-EPGS4326 Latitudine /Longitudine	Superficie Bacino (kmq)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=50anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=100anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=200anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=500anni)
Torrente Asola/ Sez. di studio	43.336° / 13.605°	11.70	56.5	59.6	65	77.4

In aggiunta, poiché nello specifico il bacino sotteso è inferiore a 50 kmq, per la valutazione delle portate si utilizzano anche gli algoritmi illustrati nel sottoparagrafo precedente. I risultati delle elaborazioni sono sintetizzati nella tabella seguente.

Tab.4.4/B: Portate al colmo di piena / Metodo "Regional. Marche" (algoritmi per Sup<50 kmq)

Corso d'acqua / Sezione Studio	Sup. Bacino (kmq)	Portata Indice (mc/s)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=50anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=100anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=200anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=500anni)
Torrente Asola	11.7	17.7	48.2	56.7	65.8	79.2

I risultati di cui alla tabella precedente (Tab.4.4/B) risultano molto prossimi nei confronti di quelli valutati con il metodo dei quantili di cui alla Tab.4.4/A.

4.5 Portata di progetto

Dall'analisi di raffronto dei risultati conseguiti con le valutazioni dei quantili e quelli derivanti dagli algoritmi per bacini inferiori a 50 kmq, si evince che i primi determinano risultati di poco superiori per tempi di ritorno di 50 e 100 anni; mentre si verificano situazioni inverse per tempi di ritorno di 200 e 500 anni.

In tal senso si adotta come portata di progetto quella associata ad un tempo di ritorno (TR) pari a 200 anni, di cui alla Tab. 4.4/B.

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.4.5/A: Portata di progetto - tabella riepilogativa

		Sup. Bacino	Qprogetto	qmax
Sezione Idrologica		(kmq)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
T.Asola	Sez. di studio	11.7	65.8	5.62

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 15 di 34

5 VALUTAZIONI IDRAULICHE

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, considerando un breve tronco d'alveo 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), i cui i tabulati di output del programma di calcolo sono riportati in *Appendice 1*.

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

Al fine di eseguire la modellazione idraulica nell'ambito di riferimento è stato considerato un breve tronco d'alveo a cavallo della sezione di attraversamento del metanodotto, per uno sviluppo complessivo di circa 100m.

I dati geometrici di base derivano da un rilievo topografico effettuato tramite volo Lidar (appositamente eseguito per la progettazione del metanodotto in esame), che ha consentito la definizione di dettaglio delle caratteristiche geometriche dell'alveo e delle sponde lungo lo sviluppo del tronco d'alveo oggetto di analisi.

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 apprezzabili tali da modificarne il deflusso della corrente.

Entrando nello specifico, nella figura seguente è riportato uno stralcio di una foto aerea (estratta da google earth), nel quale le sezioni trasversali utilizzate per il calcolo idraulico sono indicate in magenta, mentre il tracciato di linea in progetto è indicato colore in rosso. La sezione Sez.1 (RS30) coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; la sezione Sez.3 (RS10) rappresenta la sezione idraulica di valle.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 16 di 34



Fig.5.2/A: Foto aerea del 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 sezioni.

Tab.5.2/A: quadro geometrico generale della modellazione

SEZIONE IDRAULICA (River Station)	SEZIONE DEL RILIEVO	PROGRESSIVA (m)	DISTANZA dalla Sez. succ. (m)	DESCRIZIONE
RS30	Sez.1	0.00	50.10	Sezione di monte
RS20	Sez.2	50.10	50.31	
RS10	Sez.3	100.41	0.00	Sezione di valle

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:

- $Q_{200} = 65,8$ 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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 17 di 34

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 individuati per i tratti immediatamente esterni alle 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);
- 0,055 per le aree golenari 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 1*, 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.

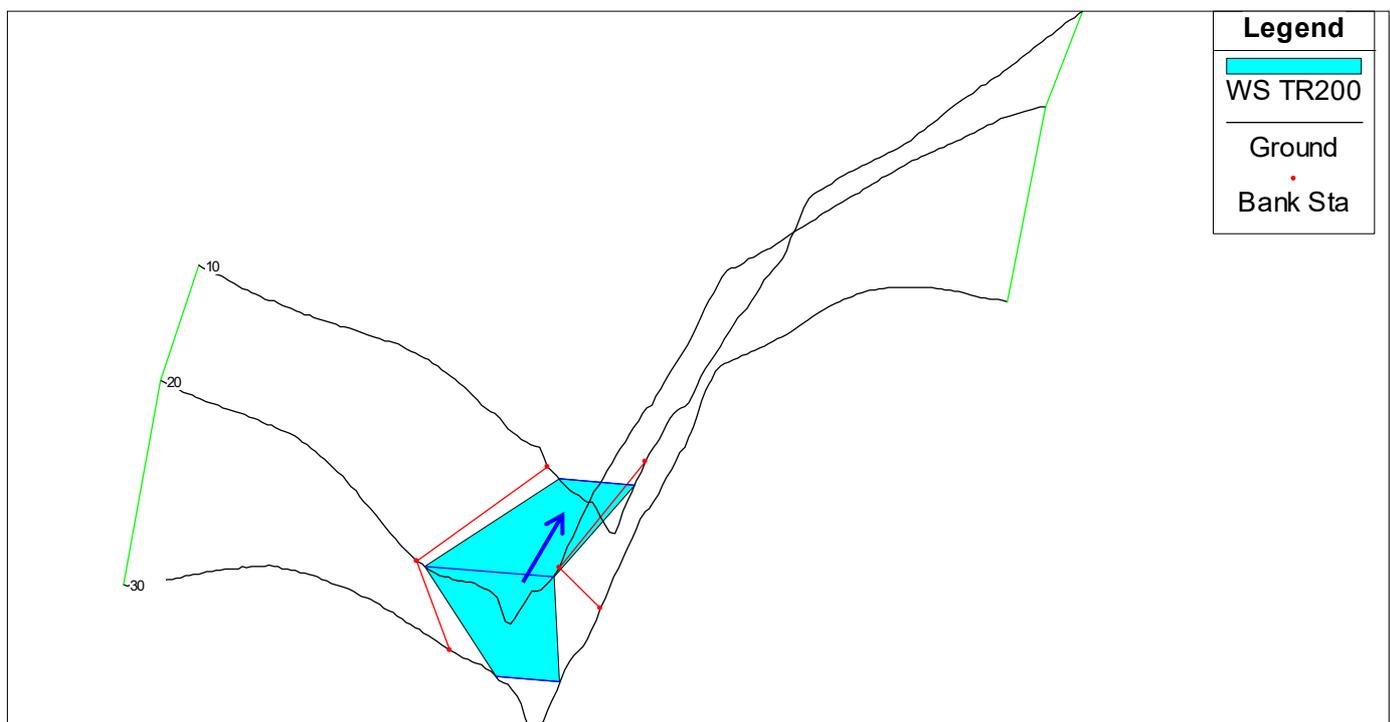


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS30: monte /RS10: valle)

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 18 di 34
				Rev. 0

Tab.5.3/A: Tabella Riepilogativa generale di Output

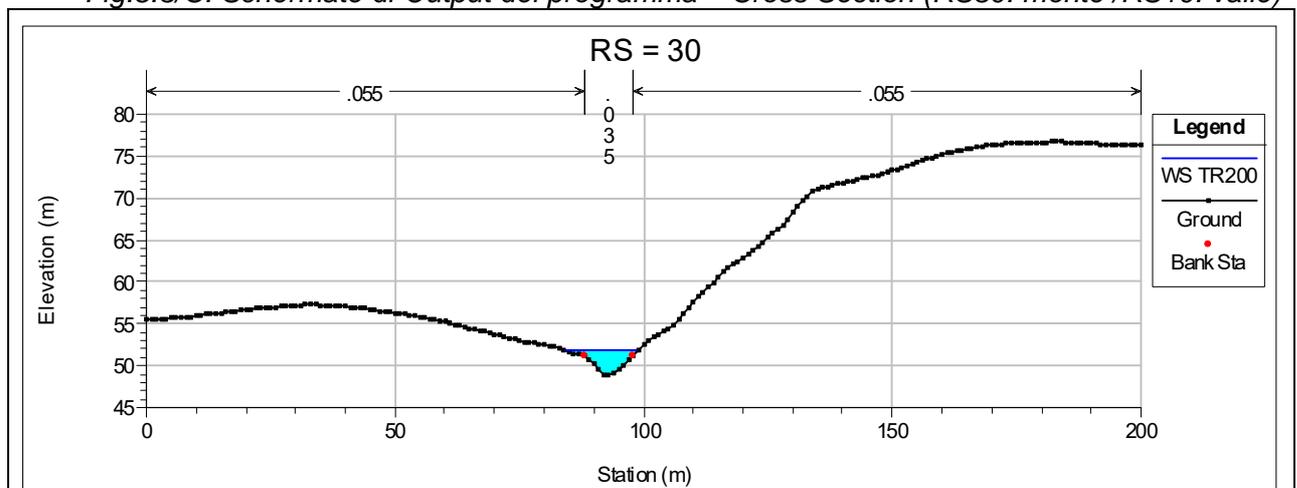
River Station	Q Total (m3/s)	Min Ch Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Hydr Depth max (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
30	65.8	48.84	51.78	51.55	52.37	0.007142	3.42	20.25	14.33	2.94	118.21	0.79
20	65.8	48.69	51.69	51.41	52.02	0.004358	2.74	31.34	29.12	3	74.86	0.64
10	65.8	48.27	51.13	50.99	51.72	0.007011	3.59	22.28	16.77	2.86	126.38	0.8

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

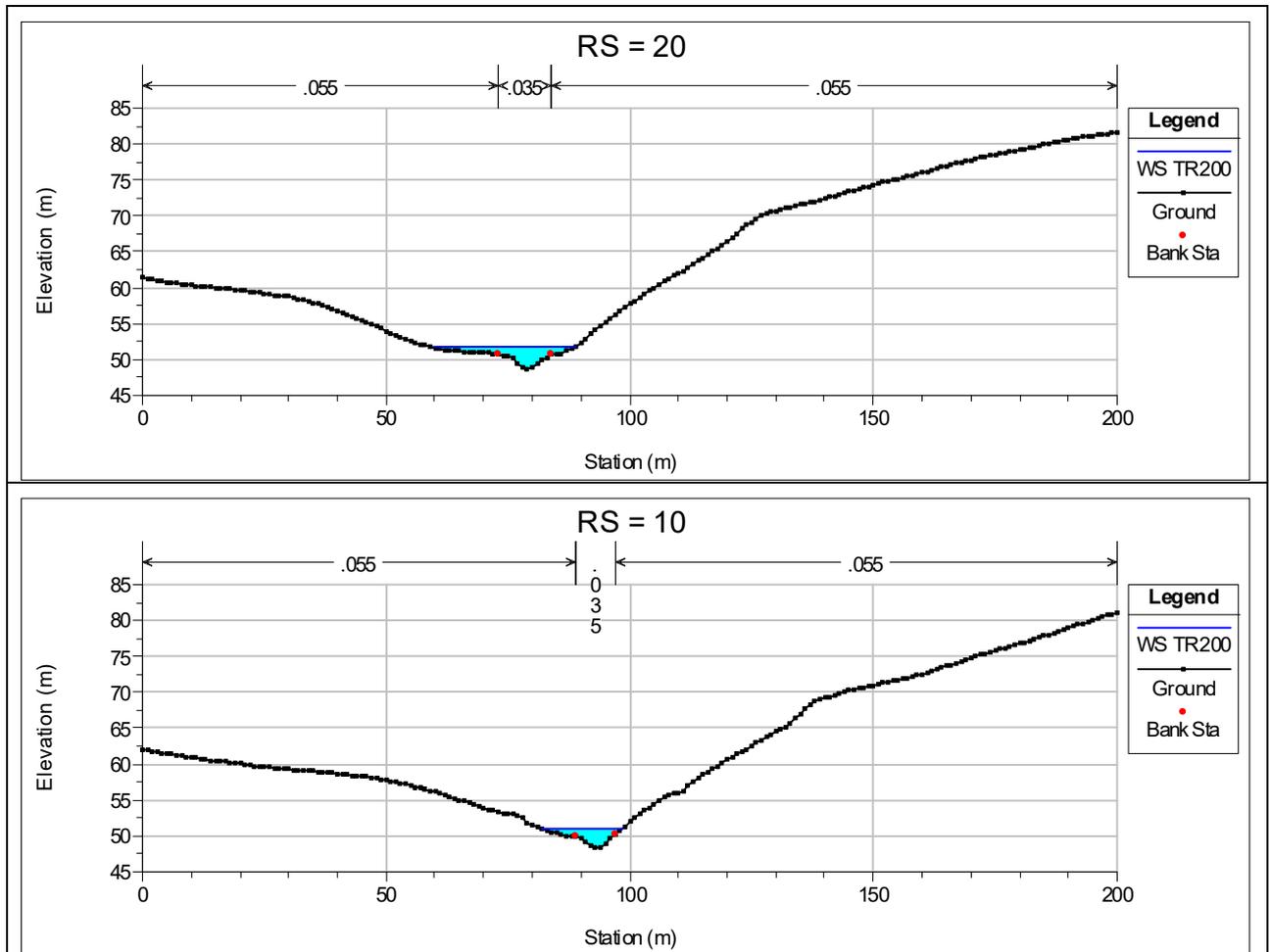
- River Station: Numero identificativo della sezione;
- Q Total: Portata complessiva defluente nell'intera sez. trasversale;
- Min. Ch Elev: Quota minima di fondo alveo;
- W.S. Elev: Quota del pelo libero;
- Crit W.S.: Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della linea 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 nel canale principale dell'alveo;
- Flow Area: Area della sezione liquida effettiva;
- Top Width: Larghezza superficiale della sezione liquida;
- Hydr Depth C: Altezza liquida media nel canale principale dell'alveo;
- Shear Chnl: Tensione di attrito nel canale principale dell'alveo
- Froude Chnl: Numero di Froude nel canale principale dell'alveo;

Nella figura seguente si riportano le schermate di output relative alle varie sezioni principali di calcolo (Cross Section) considerate nell'elaborazione di calcolo.

Fig.5.3/C: Schermate di Output del programma – Cross Section (RS30: monte /RS10: valle)



	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 19 di 34



5.4 Analisi dei risultati conseguiti

Nel paragrafo precedente sono state riportate le principali schermate di output del programma HEC-RAS; mentre in *Appendice 1* 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 breve tronco idraulico considerato, essendo la sezione d'alveo di dimensioni alquanto modeste, la stessa non risulta in grado di contenere completamente la portata di progetto (portata duecentennale).

Tuttavia, essendo i versanti laterali caratterizzati da pendenze significative, le aree di esondazione risultano comunque confinate nelle immediate adiacenze dell'alveo di magra del corso d'acqua.

Le velocità di deflusso della corrente risultano variabili nell'ordine dei 3÷4.5 m/s, mantenendosi comunque nelle condizioni di corrente lenta ($FR < 1$).

Per la valutazione 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		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 20 di 34	Rev. 0

6 VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO

6.1 Generalità

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

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 21 di 34	Rev. 0

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 dovuto alle piene (Schoklitsch, Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsch² 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 Schoklitsch:

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

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 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.

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 22 di 34	Rev. 0

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

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		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 23 di 34	Rev. 0

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 e/o calcolati in funzione dei 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)
30	65.8	3.42	14.33	2.94	4.59	3.54	1.43	1.47
20	65.8	2.74	29.12	3	2.26	3.38	1.14	1.50
10	65.8	3.59	16.77	2.86	3.92	3.52	1.36	1.43

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

Tab.6.3/B: Diametro limite dei clasti trasportati

River Station	Shear Chan (N/m ²)	Diametro limite clasti trasportati (m)
30	118.21	0.14
20	74.86	0.09
10	126.38	0.15

6.4 Considerazione sui risultati conseguiti

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente al tronco d'alveo di interferenza con il metanodotto in progetto, le massime erosioni attese al fondo alveo si attestano intorno al valore dell'ordine dei **1.5 m**.

La corrente, nel tratto in esame, inoltre risulta potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 15 cm.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fig. 24 di 34	Rev. 0

7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Premessa

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

In particolare, in considerazione delle caratteristiche del corso d'acqua e dei risultati delle valutazioni conseguite, 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 in subalveo;
- le caratteristiche tipologiche e dimensionali delle opere di difesa idraulica.

7.2 Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto

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

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

Infatti, in attraversamenti, come quello in esame, che non necessitano dell'applicazione di differenti metodologie (per presenza di infrastrutture prossime alle sponde quali 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.

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 25 di 34	Rev. 0

- 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 da tomboni e/o da argini, ture ecc., per consentire il normale deflusso delle acque. Per i corsi d’acqua ampi e/o con deflusso significativo di acqua, i lavori verranno eseguiti per tratti successivi. In questo caso anche gli interventi temporanei di deviazione del flusso verranno adattati nel corso dei lavori, con lo scopo di operare sempre nelle condizioni favorevoli.

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

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

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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 26 di 34

7.3 Prescrizioni sulla geometria della condotta ed interventi di ripristino

Le configurazioni di attraversamento in subalveo, allo stato attuale, sono state già progettualmente definite esclusivamente relativamente agli attraversamenti dei corsi d'acqua principali.

Nel caso in esame si sta analizzando un attraversamento relativo ad un torrente, il quale seppur caratterizzato da una significativa importanza, non rappresenta un corso d'acqua principale della Regione Marche e pertanto, per quanto detto, non è stato ancora definito il profilo di subalveo della condotta.

A tal proposito nel presente elaborato si stabiliscono i requisiti minimi da dover rispettare nella fase di progetto dell'attraversamento specifico.

Copertura di progetto

Relativamente al profilo di posa della condotta in progetto in subalveo dell'attraversamento in esame, in considerazione dei risultati delle stime dei fenomeni erosivi precedentemente riportati e delle condizioni peculiari rilevate nel contesto d'intervento, si prescrive una copertura minima in alveo 3 m (riferita alla profondità della generatrice superiore del tubo nei confronti della quota minima di fondo alveo).

Detta profondità di posa delle condotte, 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.

Interventi di ripristino

Le opere di difesa idraulica da realizzare nell'ambito fluviale in esame:

- Protezioni spondali in massi naturali e/o in legname da realizzare lungo le sponde dell'alveo del corso d'acqua per tutta la fascia interessata dai lavori. Nel caso specifico si ritiene che le opere debbano avere uno sviluppo longitudinale non inferiore ai 25m per ciascun lato;

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

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

7.4 Compatibilità interventi con l'assetto del corso d'acqua

Nel presente paragrafo vengono analizzate le condizioni di compatibilità degli interventi in progetto nei confronti dell'assetto idrologico - idraulico del corso d'acqua e dei relativi processi di dinamica fluviale.

Pertanto in merito agli aspetti connessi alla specifica interferenza idraulica in corrispondenza dell'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 è da escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente;
- La configurazione morfologica dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, verrà mantenuta praticamente invariata nei confronti della situazione

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 27 di 34	Rev. 0

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 di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è stata stabilita anche in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua e sono tali da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, ecc.).

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

1. *Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena*

Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata, con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato dalla costruzione della condotta nessun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.

2. *Riduzione della capacità di laminazione e/o di invaso dell'alveo*

La condotta in progetto, essendo completamente interrata, non crea alcun ostacolo al corretto deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esondazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.

3. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo*

L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento, e garantendo con la realizzazione d'opere di ripristino le preesistenti caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.

4. *Interazioni in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua*

Gli interventi previsti non costituiscono elementi d'interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto 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.

Infine, relativamente ai tratti di metanodotto ricadenti esternamente all'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua, ma comunque collocati all'interno della regione fluviale (aree di esondazione), 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 28 di 34

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 almeno 1,5 m nei confronti del piano campagna, salvo tratti a copertura maggiorata progettualmente stabiliti) 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 alle metodologie costruttive ed alla configurazione geometrica della condotta nell'ambito in esame, non determinino alcun incremento dei livelli di pericolosità idraulica e pertanto si ritiene quindi che l'opera in progetto risulti COMPATIBILE con il contesto idraulico dell'ambito in esame.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 29 di 34

8 CONCLUSIONI

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

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del torrente ASOLA, in un ambito di confine tra i territori di Montelupone (Mc) e Montecosaro (Mc).

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. Gli interventi di progetto assicurano dunque il ripristino della configurazione d'alveo preesistente e garantiscono inoltre le adeguate condizioni di sicurezza della condotta, per tutto il periodo di esercizio.

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

In ultimo, nel presente elaborato, sono state analizzate le condizioni di compatibilità degli interventi in progetto nei confronti dell'assetto idrologico - idraulico del corso d'acqua e dei relativi processi di dinamica fluviale.

Alla luce di quanto evidenziato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti lo specifico attraversamento siano compatibili con il contesto idraulico dell'ambito in esame.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ <p style="text-align: center;">Regione Marche</p>		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 30 di 34	Rev. 0

APPENDICE 1: 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   XXXXXXXX  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: Asola
Project File : Asola.prj
Run Date and Time: 14/08/2018 09:04:24

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Plan 01
Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\12Asola\Asola.p01

Geometry Title: Asola
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\12Asola\Asola.g01

Flow Title : Asola
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\12Asola\Asola.f01

Plan Summary Information:

```

Number of:  Cross Sections =   3   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: Asola

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 31 di 34	Rev. 0

Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\l2Asola\Asola.f01

Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	TR200
alveo	princ	30	65.8

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
alveo	princ	TR200	Normal S = 0.004	Normal S = 0.007

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Asola

Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\l2Asola\Asola.g01

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 30

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 201

Sta	Elev								
0	55.43	1	55.44	2	55.51	3	55.56	4	55.6
5	55.65	6	55.7	7	55.8	8	55.83	9	55.85
10	55.94	11	56.03	12	56.1	13	56.14	14	56.26
15	56.31	16	56.39	17	56.44	18	56.55	19	56.6
20	56.63	21	56.75	22	56.79	23	56.86	24	56.9
25	56.92	26	56.95	27	57.07	28	57.08	29	57.15
30	57.18	31	57.21	32	57.24	33	57.28	34	57.26
35	57.23	36	57.13	37	57.16	38	57.11	39	57.09
40	57.02	41	56.99	42	56.92	43	56.86	44	56.81
45	56.72	46	56.64	47	56.53	48	56.47	49	56.43
50	56.32	51	56.27	52	56.15	53	56.03	54	55.89
55	55.86	56	55.76	57	55.63	58	55.49	59	55.32
60	55.2	61	55.09	62	54.93	63	54.78	64	54.59
65	54.49	66	54.33	67	54.21	68	54.05	69	53.89
70	53.76	71	53.62	72	53.45	73	53.29	74	53.15
75	53.01	76	52.88	77	52.79	78	52.72	79	52.6
80	52.52	81	52.43	82	52.28	83	52.12	84	51.91
85	51.63	86	51.51	87	51.42	88	51.15	89	50.75
90	50.31	91	49.49	92	48.84	93	48.96	94	49.12
95	49.47	96	50.05	97	50.66	98	51.29	99	51.93
100	52.58	101	53.09	102	53.4	103	53.65	104	54.04
105	54.43	106	54.95	107	55.62	108	56.3	109	56.94
110	57.63	111	58.25	112	58.82	113	59.35	114	59.94
115	60.53	116	61.13	117	61.72	118	62.19	119	62.41
120	62.79	121	63.31	122	63.86	123	64.32	124	64.77
125	65.27	126	65.85	127	66.21	128	66.82	129	67.41
130	68.22	131	69.1	132	69.67	133	70.23	134	70.76
135	71.15	136	71.27	137	71.42	138	71.58	139	71.67
140	71.84	141	71.94	142	72.07	143	72.22	144	72.37
145	72.51	146	72.68	147	72.79	148	72.97	149	73.12
150	73.3	151	73.44	152	73.64	153	73.88	154	74.07
155	74.25	156	74.46	157	74.64	158	74.81	159	74.99
160	75.18	161	75.32	162	75.46	163	75.6	164	75.72
165	75.84	166	75.99	167	76.07	168	76.17	169	76.25
170	76.3	171	76.37	172	76.44	173	76.52	174	76.56
175	76.57	176	76.59	177	76.58	178	76.6	179	76.63
180	76.63	181	76.66	182	76.71	183	76.7	184	76.7
185	76.68	186	76.66	187	76.62	188	76.6	189	76.58
190	76.58	191	76.51	192	76.44	193	76.42	194	76.35

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 32 di 34

195 76.33 196 76.33 197 76.32 198 76.31 199 76.26
200 76.26

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 88 .035 98 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 88 98 50.1 50.1 50.1 .1 .3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	52.37	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.59	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	51.78	Reach Len. (m)	50.10	50.10	50.10
Crit W.S. (m)	51.55	Flow Area (m2)	1.08	18.98	0.19
E.G. Slope (m/m)	0.007142	Area (m2)	1.08	18.98	0.19
Q Total (m3/s)	65.80	Flow (m3/s)	0.74	64.96	0.10
Top Width (m)	14.33	Top Width (m)	3.55	10.00	0.77
Vel Total (m/s)	3.25	Avg. Vel. (m/s)	0.68	3.42	0.54
Max Chl Dpth (m)	2.94	Hydr. Depth (m)	0.30	1.90	0.25
Conv. Total (m3/s)	778.6	Conv. (m3/s)	8.7	768.7	1.2
Length Wtd. (m)	50.10	Wetted Per. (m)	3.62	11.24	0.92
Min Ch El (m)	48.84	Shear (N/m2)	20.83	118.21	14.60
Alpha	1.10	Stream Power (N/m s)	9575.58	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.28	Cum Volume (1000 m3)	0.53	1.93	0.17
C & E Loss (m)	0.08	Cum SA (1000 m2)	0.94	1.00	0.30

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 20

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 201

Sta	Elev								
0	61.34	1	61.27	2	61.16	3	61.02	4	60.94
5	60.79	6	60.7	7	60.64	8	60.55	9	60.47
10	60.37	11	60.29	12	60.2	13	60.15	14	60.05
15	60	16	59.92	17	59.88	18	59.79	19	59.73
20	59.63	21	59.55	22	59.5	23	59.39	24	59.29
25	59.24	26	59.14	27	58.98	28	58.94	29	58.86
30	58.77	31	58.63	32	58.46	33	58.28	34	58.11
35	57.94	36	57.68	37	57.5	38	57.26	39	57
40	56.83	41	56.58	42	56.34	43	56.06	44	55.79
45	55.46	46	55.18	47	54.92	48	54.66	49	54.36
50	54	51	53.74	52	53.46	53	53.19	54	52.91
55	52.65	56	52.41	57	52.15	58	52	59	51.82
60	51.62	61	51.49	62	51.39	63	51.25	64	51.18
65	51.15	66	51.07	67	51.02	68	51.02	69	51
70	50.95	71	50.91	72	50.83	73	50.69	74	50.59
75	50.51	76	50.2	77	49.51	78	48.82	79	48.69
80	49.04	81	49.47	82	49.9	83	50.31	84	50.7
85	50.78	86	50.86	87	51.15	88	51.42	89	51.76
90	52.21	91	52.91	92	53.51	93	54.08	94	54.61
95	55.23	96	55.8	97	56.33	98	56.86	99	57.26
100	57.69	101	58.13	102	58.61	103	59.11	104	59.55
105	59.96	106	60.4	107	60.84	108	61.26	109	61.7
110	62.06	111	62.23	112	62.77	113	63.26	114	63.71
115	64.16	116	64.62	117	65.01	118	65.41	119	65.92
120	66.44	121	66.92	122	67.59	123	68.18	124	68.67
125	69.15	126	69.63	127	70.07	128	70.48	129	70.64
130	70.71	131	70.86	132	71.07	133	71.26	134	71.41
135	71.59	136	71.73	137	71.9	138	72.04	139	72.26
140	72.44	141	72.61	142	72.83	143	73	144	73.19
145	73.4	146	73.57	147	73.74	148	73.94	149	74.15
150	74.34	151	74.5	152	74.71	153	74.86	154	75.02
155	75.19	156	75.37	157	75.52	158	75.69	159	75.88

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83082
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 33 di 34

160	76.06	161	76.22	162	76.44	163	76.68	164	76.79
165	76.94	166	77.12	167	77.29	168	77.45	169	77.65
170	77.8	171	77.96	172	78.08	173	78.22	174	78.4
175	78.49	176	78.61	177	78.76	178	78.9	179	79.03
180	79.18	181	79.31	182	79.47	183	79.63	184	79.76
185	79.93	186	80.08	187	80.23	188	80.36	189	80.51
190	80.67	191	80.79	192	80.93	193	80.98	194	81.1
195	81.2	196	81.27	197	81.38	198	81.46	199	81.55
200	81.61								

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 73 .035 84 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
73 84 50.31 50.31 50.31 .1 .3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	52.02	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.34	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	51.69	Reach Len. (m)	50.31	50.31	50.31
Crit W.S. (m)	51.41	Flow Area (m2)	7.52	20.82	3.00
E.G. Slope (m/m)	0.004358	Area (m2)	7.52	20.82	3.00
Q Total (m3/s)	65.80	Flow (m3/s)	6.15	57.06	2.59
Top Width (m)	29.12	Top Width (m)	13.33	11.00	4.78
Vel Total (m/s)	2.10	Avg. Vel. (m/s)	0.82	2.74	0.86
Max Chl Dpth (m)	3.00	Hydr. Depth (m)	0.56	1.89	0.63
Conv. Total (m3/s)	996.7	Conv. (m3/s)	93.1	864.3	39.3
Length Wtd. (m)	50.31	Wetted Per. (m)	13.39	11.88	4.91
Min Ch El (m)	48.69	Shear (N/m2)	24.02	74.86	26.11
Alpha	1.50	Stream Power (N/m s)	9575.58	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.27	Cum Volume (1000 m3)	0.32	0.94	0.09
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	0.52	0.48	0.16

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 10

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 201

Sta	Elev								
0	62.05	1	61.93	2	61.8	3	61.71	4	61.58
5	61.51	6	61.38	7	61.27	8	61.15	9	61.01
10	60.9	11	60.85	12	60.72	13	60.6	14	60.53
15	60.38	16	60.31	17	60.31	18	60.18	19	60.1
20	60.04	21	59.96	22	59.81	23	59.75	24	59.66
25	59.66	26	59.54	27	59.49	28	59.41	29	59.36
30	59.29	31	59.22	32	59.14	33	59.1	34	59.03
35	59.02	36	58.97	37	58.81	38	58.8	39	58.74
40	58.66	41	58.6	42	58.5	43	58.46	44	58.41
45	58.34	46	58.21	47	58.13	48	58	49	57.91
50	57.76	51	57.64	52	57.57	53	57.4	54	57.25
55	57.07	56	56.88	57	56.68	58	56.53	59	56.33
60	56.12	61	55.92	62	55.69	63	55.41	64	55.19
65	55.02	66	54.85	67	54.73	68	54.44	69	54.16
70	53.92	71	53.68	72	53.53	73	53.36	74	53.2
75	53.06	76	53.02	77	52.93	78	52.48	79	51.83
80	51.55	81	51.32	82	51.07	83	50.81	84	50.58
85	50.43	86	50.3	87	50.09	88	49.99	89	49.97
90	49.63	91	49.16	92	48.67	93	48.33	94	48.27
95	48.81	96	49.58	97	50.27	98	50.82	99	51.39
100	51.97	101	52.6	102	53.13	103	53.57	104	53.92
105	54.36	106	55.01	107	55.42	108	55.71	109	55.92
110	56.03	111	56.31	112	56.9	113	57.46	114	58.01
115	58.5	116	58.9	117	59.27	118	59.72	119	60.25
120	60.71	121	61.07	122	61.5	123	61.82	124	62.12
125	62.53	126	63	127	63.36	128	63.83	129	64.2

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83082	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 34 di 34	Rev. 0

130	64.49	131	64.8	132	65.17	133	65.68	134	66.43
135	67.02	136	67.63	137	68.25	138	68.87	139	69.11
140	69.26	141	69.41	142	69.59	143	69.81	144	70.04
145	70.25	146	70.4	147	70.56	148	70.67	149	70.84
150	70.98	151	71.13	152	71.29	153	71.45	154	71.59
155	71.73	156	71.91	157	72	158	72.21	159	72.39
160	72.56	161	72.74	162	72.95	163	73.18	164	73.41
165	73.63	166	73.84	167	74.09	168	74.32	169	74.57
170	74.78	171	74.99	172	75.21	173	75.39	174	75.61
175	75.79	176	75.99	177	76.24	178	76.39	179	76.6
180	76.8	181	76.98	182	77.19	183	77.42	184	77.64
185	77.85	186	78.06	187	78.31	188	78.53	189	78.76
190	78.99	191	79.21	192	79.39	193	79.63	194	79.87
195	80.12	196	80.37	197	80.53	198	80.74	199	80.92
200	81.13								

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	89	.035	97	.055

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

89	97	0	0	0	.1	.3
----	----	---	---	---	----	----

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	51.72	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.60	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	51.13	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	50.99	Flow Area (m2)	5.17	16.44	0.66
E.G. Slope (m/m)	0.007011	Area (m2)	5.17	16.44	0.66
Q Total (m3/s)	65.80	Flow (m3/s)	6.24	59.03	0.53
Top Width (m)	16.77	Top Width (m)	7.23	8.00	1.54
Vel Total (m/s)	2.95	Avg. Vel. (m/s)	1.21	3.59	0.79
Max Chl Dpth (m)	2.86	Hydr. Depth (m)	0.72	2.06	0.43
Conv. Total (m3/s)	785.8	Conv. (m3/s)	74.5	705.0	6.3
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	7.34	8.95	1.76
Min Ch El (m)	48.27	Shear (N/m2)	48.47	126.38	25.94
Alpha	1.34	Stream Power (N/m s)	9575.58	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			