

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 1 di 66

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

Attraversamento in subalveo del FIUME ETE MORTO

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

• **SAIPEM SPA**
 Il Progettista
 Dott. Ing. A. PARLATO iscritto all'ordine
 degli ingegneri della Provincia di Avellino al n. 2095
 Tel. 0721.16826841 - Fax 0721.1682019
 • C.F. e P. IVA 00825790157

1	Revisione	Caccavo	Villi	Sciosci	Mar '21
0	Emissione	Caccavo	Caffarelli	Sciosci	Ott '18
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 2 di 66

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Oggetto della relazione	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	Elaborato grafico di progetto	5
1.4	Definizioni	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
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	Regionalizzazione delle portate	15
4.4.1	<u>Premessa</u>	15
4.4.2	<u>Metodologia di Elaborazione - Sintesi</u>	15
4.4.3	<u>Risultati delle elaborazioni</u>	15
4.4.4	<u>Risultati riferiti al caso specifico</u>	16
4.5	Portata di progetto	17
4.6	Validazione dei risultati	17
5	STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	21
5.1	Presupposti e limiti dello studio	21
5.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	22
5.3	Risultati della simulazione idraulica	24
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	29
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	30
6.1	Generalità	30
6.2	Criteri di calcolo	31
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	33
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	34
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	35
7.1	Metodologia costruttiva: TOC	35
7.2	Configurazione geometrica di progetto	35
7.3	Considerazione inerenti alla geometria di trivellazione	36
7.4	Descrizione del sistema operativo TOC	36

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 3 di 66

8	VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA	42
8.1	Premessa	42
8.2	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	43
8.3	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	44
9	CONCLUSIONI	47
	APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - METODOLOGIA DI CALCOLO	48
	APPENDICE 2: STUDIO IDRAULICO - REPORT PROGRAMMA HEC RAS	53

ANNESSO:

- **Elaborato grafico di progetto: LB-B-83402**

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 4 di 66

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 fiume Ete Morto nel tratto basso dello sviluppo del corso d'acqua, nell'ambito del territorio di Sant'Elpidio a Mare.

In corrispondenza del sopracitato attraversamento fluviale, il tracciato del metanodotto in progetto 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.

Le Norme di Attuazione, ai sensi nell'Art.9, comma 1, lettera i), consentono la realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, seppur condizionata al parere vincolante da parte della Autorità idraulica competente.

In tal senso il presente elaborato costituisce uno specifico Studio di Compatibilità idraulica, redatto ai sensi di quanto previsto nelle Norme di Attuazione.

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.

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;
- 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 5 di 66

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 Attuazione del Piano per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti di pericolosità idraulica ai sensi del PAI.

1.3 Elaborato grafico di progetto

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:

- **LB-B-83402**
TOC (Trivellazione orizzontale controllata) - FIUME ETE MORTO

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

1.4 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 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 6 di 66

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 interrimento 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-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 7 di 66

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto basso del corso d'acqua (a circa 5 km dalla confluenza nel Chienti), nell'ambito del territorio di Sant'Elpidio a Mare e a circa 1 km a NE dell'abitato di Casette d'Ete.

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.

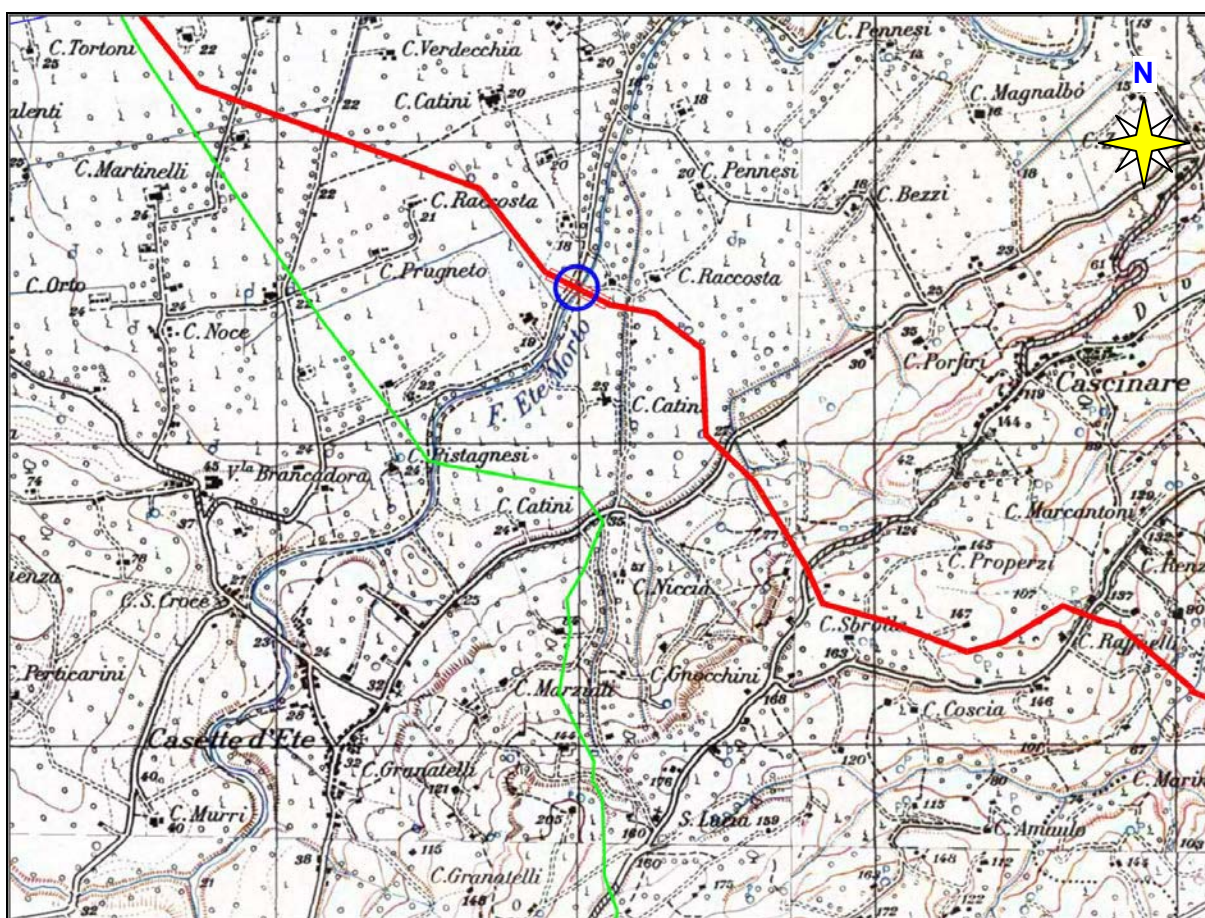


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

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	393930 m E	4791341 m N

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 8 di 66	Rev. 1

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) e l'area di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame (cerchio in rosso).

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante campitura retinata in rosso) il tratto di condotta con posa prevista in trivellazione, ciò in quanto (come meglio specificato in seguito) l'attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame verrà eseguito in trenchless.

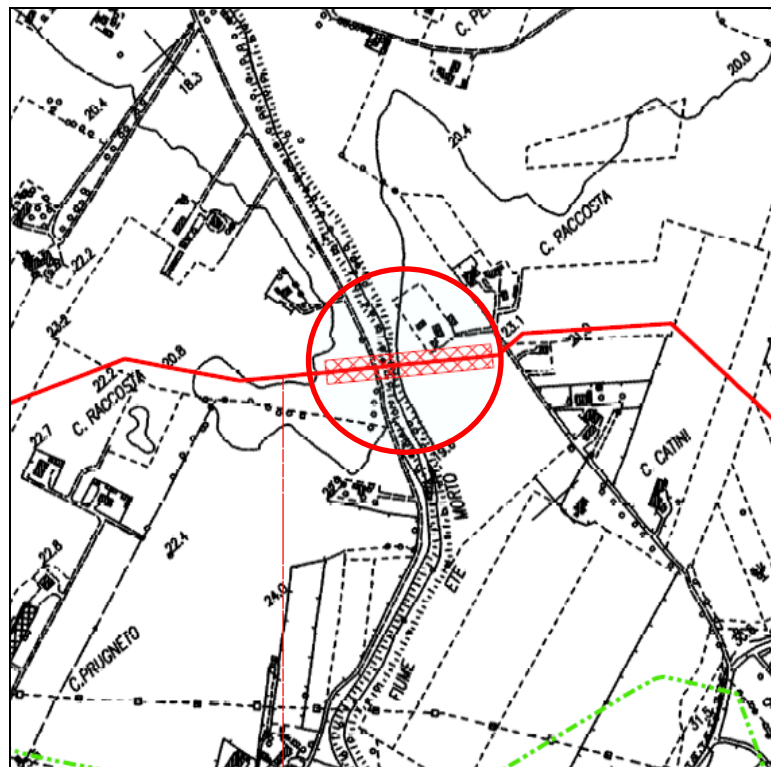


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 9 di 66	Rev. 1

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il Fiume Ete Morto rappresenta un importante affluente di destra del Fiume Chienti, il quale è caratterizzato da un bacino imbrifero di circa 215 kmq.

Nasce presso Sant'Angelo in Pontano, attraversa quasi esclusivamente la provincia di Fermo e affluisce (dopo uno sviluppo dell'asta principale di circa 48 km) nel Chienti a "Osteria del Chienti", a pochi chilometri a monte dalla foce nel Mare Adriatico.

il Bacino si presenta con forma stretta e allungata, con direzione prevalente SO-NE.

Non si rileva la presenza di tributari significativi, né in destra e né in sinistra idrografica.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color arancione) nell'ambito del bacino complessivo del fiume Chienti (in color magenta); nonché è indicata l'area di attraversamento in esame (*figura estrapolata dagli elaborati del Piano di Tutela delle Acque - Regione Marche*).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 11 di 66

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 terminale dello sviluppo del corso d'acqua.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua assume un andamento longitudinale moderatamente sinuoso.

L'alveo presenta una configurazione regolare, con fondo largo circa 15m e sponde abbastanza acclivi alte circa 6 m. Nel lato in sinistra si rileva un arginello che si eleva per circa 2m dal piano campagna circostante.

Il sottosuolo è formato da ghiaie sabbiose appartenenti ai depositi alluvionali.

Nelle immediate vicinanze dell'area d'attraversamento non si rileva la presenza di smottamenti spondali e/o di segni di divagazione d'alveo.

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito in esame nella figura seguente è riportata una foto aerea (estratta da Google Earth) dell'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto (linea in rosso) ed il corso d'acqua.

L'attraversamento in esame, come meglio specifico nel seguito, verrà eseguito in trenchless il cui sviluppo di trivellazione è indicato schematicamente mediante una campitura in giallo a cavallo della condotta da posare.

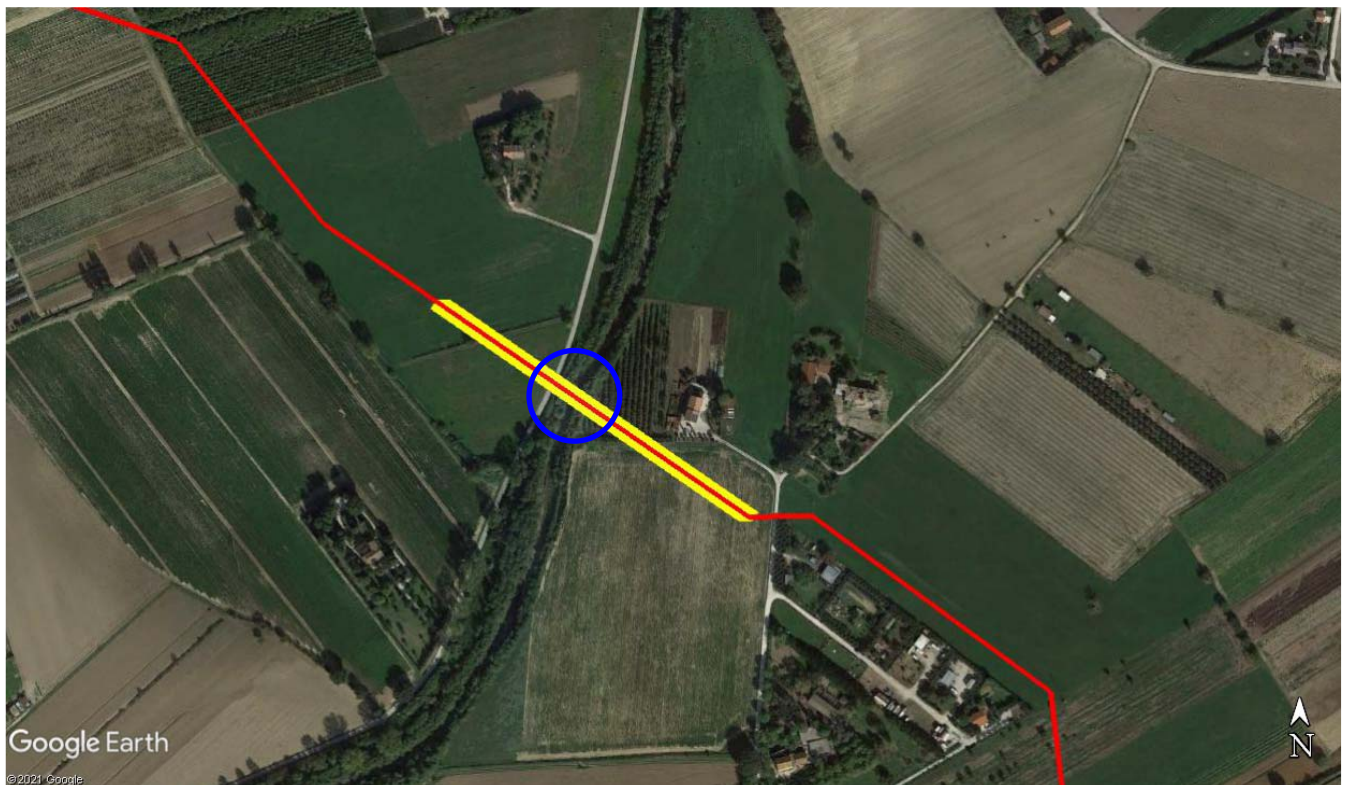


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da google earth)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 12 di 66

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. La stessa linea è stata riportata tratteggiata per indicare che l'attraversamento verrà eseguito mediante l'impiego di tecniche in trenchless e pertanto senza interferire in alcun modo con la configurazione d'alveo esistente.



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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 13 di 66

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.

Infine, come elemento di validazione, si riportano inoltre alcuni risultati di ulteriori studi idrologici eseguiti lungo l'asta del corso d'acqua in esame.

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 terminale dello sviluppo del corso d'acqua (a circa 5 km dalla foce, ossia dalla confluenza nel Chienti).

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-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 14 di 66	Rev. 1

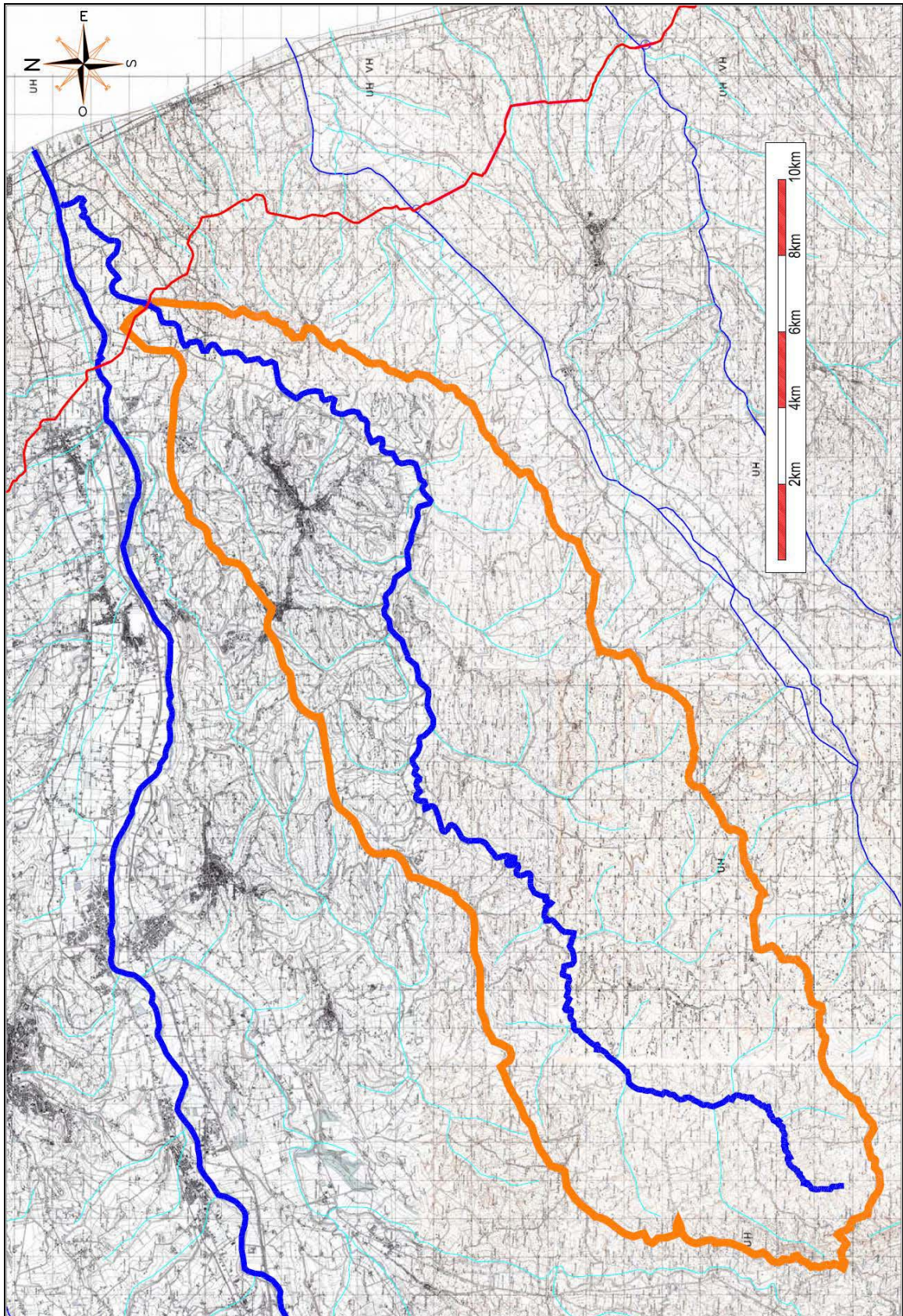


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 15 di 66

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)
Fiume Ete Morto / Sez. di studio	208	43	508	15

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 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:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 16 di 66	Rev. 1

- 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

A livello cautelativo, per bacini inferiore 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"

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)
Fiume Ete Morto / Sez. di studio	43.267° / 13.692°	208	342	401	454	533

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 17 di 66

4.5 Portata di progetto

Si adotta come portata di progetto quella valutata con il "Metodo di Regionalizzazione" ed 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.4.5/A: Portata di progetto - tabella riepilogativa

		Sup. Bacino	Qprogetto	qmax
Sezione Idrologica		(kmq)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
F. Ete Morto	Sez. di studio	208	454	2.18

4.6 Validazione dei risultati

Come ulteriore elemento di validazione delle valutazioni idrologiche di riferimento per lo specifico elaborato, qui di seguito si riportano sinteticamente i risultati delle valutazioni idrologiche eseguite lungo l'asta fluviale del corso d'acqua nell'ambito di uno studio redatto dall'Università di Camerino per conto del Consorzio di Bonifica delle Marche.

Lo studio risulta disponibile on line presso il link <https://www.bonificamarche.it/i-nostri-programmi/studio-per-la-mitigazione-del-rischio-idrogeologico/>

Le valutazioni idrologiche sono state eseguite in considerazione di n.2 differenti metodi per le valutazioni idrologiche, ossia:

- Metodo dell'SNC-CN sia per la stima della pioggia netta che per la trasformazione afflussi-deflussi implementato attraverso il software HEC-HMS;
- Metodo Razionale;

Nel caso in esame il corso d'acqua (fiume Ete Morto) rappresenta un affluente del fiume Chienti, per il quale sono stati considerati vari sottobacini, secondo lo schema riportato nella figura seguente:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 18 di 66

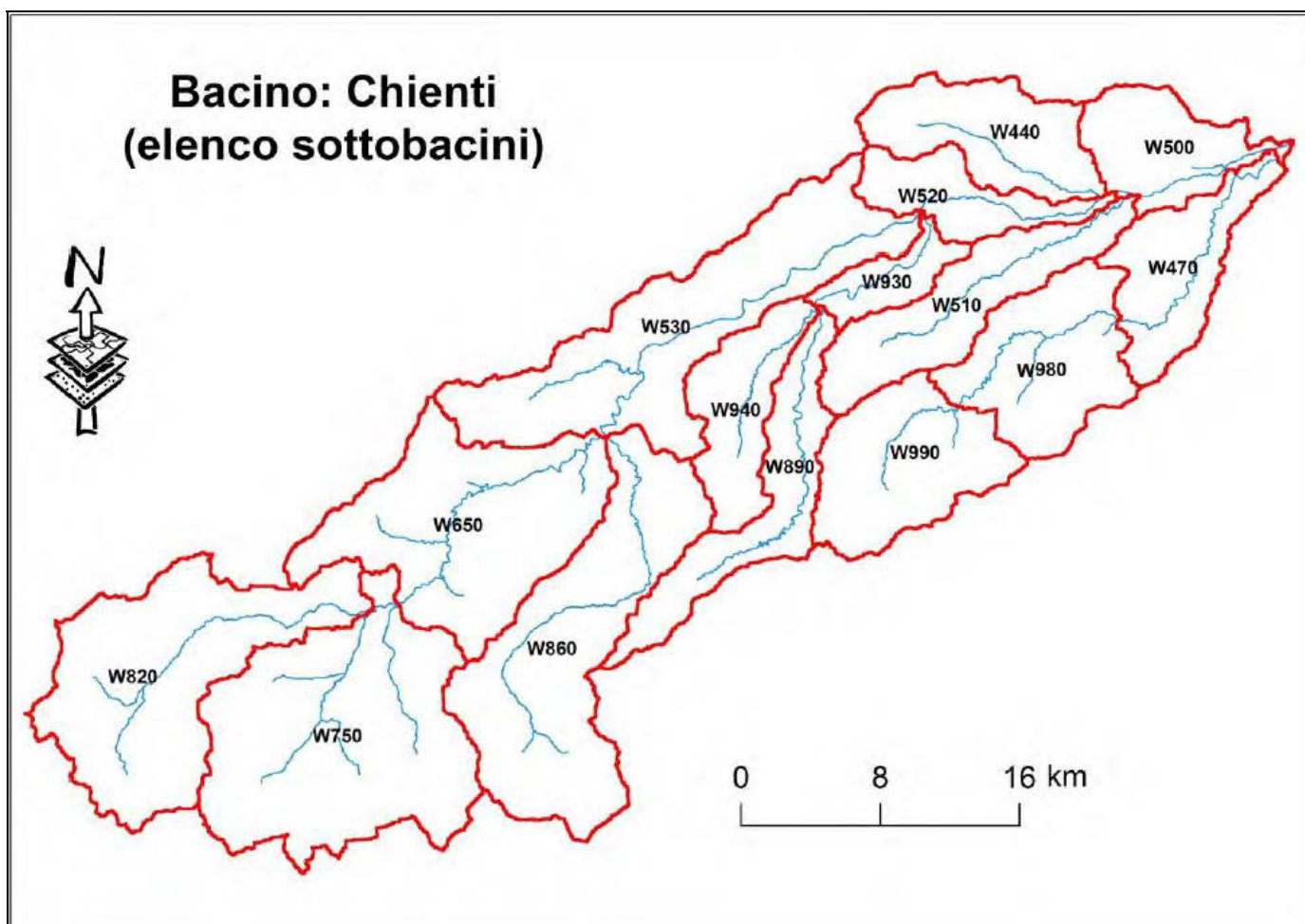


Fig.4.6/A: Studio Università di Camerino - Indicazione dei sottobacini

Per l'Ete Morto i sottobacini di riferimento sono, partendo da monte, verso valle, W990, W980 e W470

Pertanto, sviluppando le elaborazioni idrologiche in considerazione dei parametri morfometrici rappresentativi dei bacini, è stato possibile procedere alla valutazione delle portate di piena riferite a vari tempi di ritorno.

Nella figura seguente è riportato un particolare delle confluenze utilizzate per la modellazione idrologica.

La junction per lo studio di cui al presente elaborato è rappresentata dalla J261.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 19 di 66

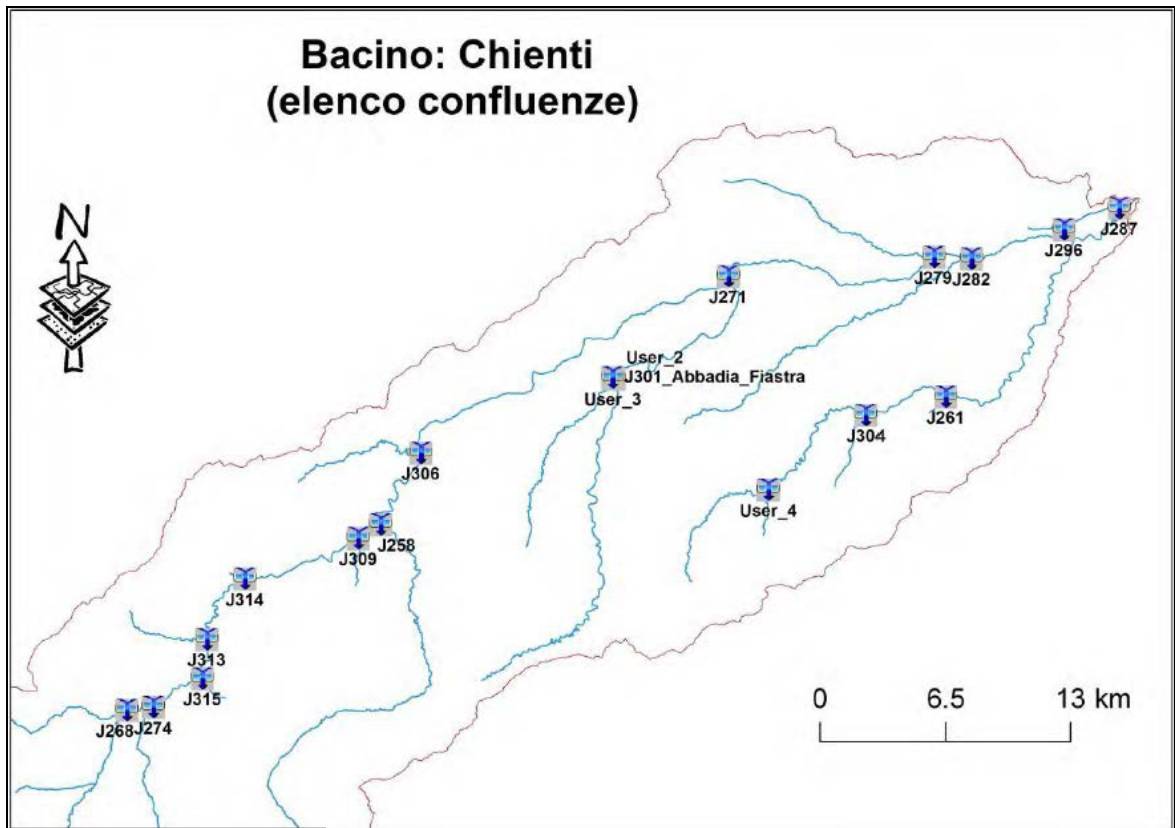


Fig.4.6/B: Indicazioni delle confluenze di studio nel corso d'acqua

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle elaborazioni idrologiche nelle varie confluenze e riferite ad un tempo di ritorno di 50 anni.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 20 di 66	Rev. 1

Tab..4.6/A: Portate $T_r=50$ anni, nelle confluenze principali

Subbasin	Q_{max50} Giandotti (Rational method) (m ³ /s)	Q_{max50} HEC_HMS (calib) (m ³ /s)	Junction	Q_{max50} (HEC-HMS) (calib) (m ³ /s)
W440	43.95	58.7	J258	418.9
W470	51.26	90.9	J261	142.1
W500	48.07	62.5	J268	80.6
W510	50.67	55.7	J271	485.7
W520	28.17	37.0	J274	186.1
W530	91.71	76.8	J279	488.8
W650	93.22	55.6	J282	491.9
W750	131.50	99.7	J287	495.6
W820	103.82	59.3	J296	491.3
W860	163.68	114.8	J301	73.8
W890	58.31	40.0	J304	69.8
W930	20.28	23.6	J306	418.5
W940	50.77	41.2	J309	185.5
W980	57.43	97.1	J311	185.7
W990	78.96	79.7	J313	185.8
			J315	186.1
			foce Chienti	496.9

Esaminando la tabella precedente, si evince che in corrispondenza della J261 è stata valutata una portata riferita ad un tempo di ritorno di 50 anni pari 142.1 mc/s.

Dall'analisi di raffronto con il valore di portata riferito a $TR=50$ anni valutato con il metodo della "Regionalizzazione" (Tab.4.4/A, 4^a colonna), si evince che l'impiego di quest'ultimo metodo determina valutazioni molto più elevate delle portate al colmo di piena, nei confronti degli altri due metodi di elaborazione idrologica considerati nello studio dell'Università di Camerino.

Pertanto la scelta di considerare nel presente elaborato come portate di riferimento nell'ambito di studio, quelle derivanti dal metodo della Regionalizzazione può essere ritenuta conservativa.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 21 di 66	Rev. 1

5 STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE

5.1 Presupposti e limiti dello studio

Nel presente capitolo sono descritte le procedure operative ed i risultati delle analisi condotte per la verifica delle condizioni idrauliche del deflusso di piena del corso d'acqua nel tronco oggetto dell'intervento. In particolare nello specifico si è deciso di svolgere l'analisi idraulica, attraverso una *modellazione in moto permanente* in un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo dell'ambito di attraversamento della condotta.

Lo studio è finalizzato alle seguenti determinazioni:

- stima ed analisi dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso della portata di piena, in corrispondenza delle sezioni interessate dalle opere in progetto;
- valutazione dei potenziali fenomeni erosivi del fondo alveo e degli approfondimenti, che possono verificarsi in concomitanza di eventi di piena eccezionale.

Come esposto nel capitolo precedente, lo studio idraulico è effettuato sulla base della portata al colmo corrispondente al tempo di ritorno $T_r = 200$ anni (al quale si associa la probabilità di non superamento del 99.5%). Tale valore è utilizzato per la stima degli eventuali fenomeni erosivi, che devono dimostrarsi limitati entro condizioni compatibili con le opere di ripristino previste, al fine di assicurare la sussistenza di condizioni di stabilità per la condotta e l'assenza di eventuali interferenze tra questa ed i fenomeni associati al deflusso di piena.

Lo schema utilizzato per la determinazione dei profili idrici è quello di moto permanente monodimensionale (deflusso costante e geometria variabile), con corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture), variazioni di forma dell'alveo e di pendenza longitudinale del fondo compatibili con il modello. La validità delle analisi eseguite in condizioni di moto permanente è avvalorata dalle seguenti considerazioni:

- le valutazioni idrauliche sono condotte per un tratto limitato del corso d'acqua;
- l'assetto idrografico del corso d'acqua è rappresentato mediante sezione delle trasversali all'alveo;
- lo studio è essenzialmente incentrato sugli effetti del massimo valore di livello idrico raggiunto durante gli eventi di piena ed ai corrispondenti regimi di velocità.

I criteri ed i modelli di calcolo utilizzati per le verifiche idrauliche in moto permanente derivano dall'applicazione del software HEC-RAS¹, nella versione 4.1.0, e descritti nei documenti "RAS Hydraulic reference manual", "RAS user's manual", "RAS applications guide".

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

¹ River Analysis System, versione 4.1.0, Gennaio 2010, sviluppato da U.S. Army Corp of Engineers - Hydrologic Engineering Center - 609 Second Street, Davis, CA (U.S.A.).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 22 di 66

5.2 Assetto geometrico e 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 650m.

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 (RS50) coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; la sezione Sez.5 (RS10) rappresenta la sezione idraulica di valle.

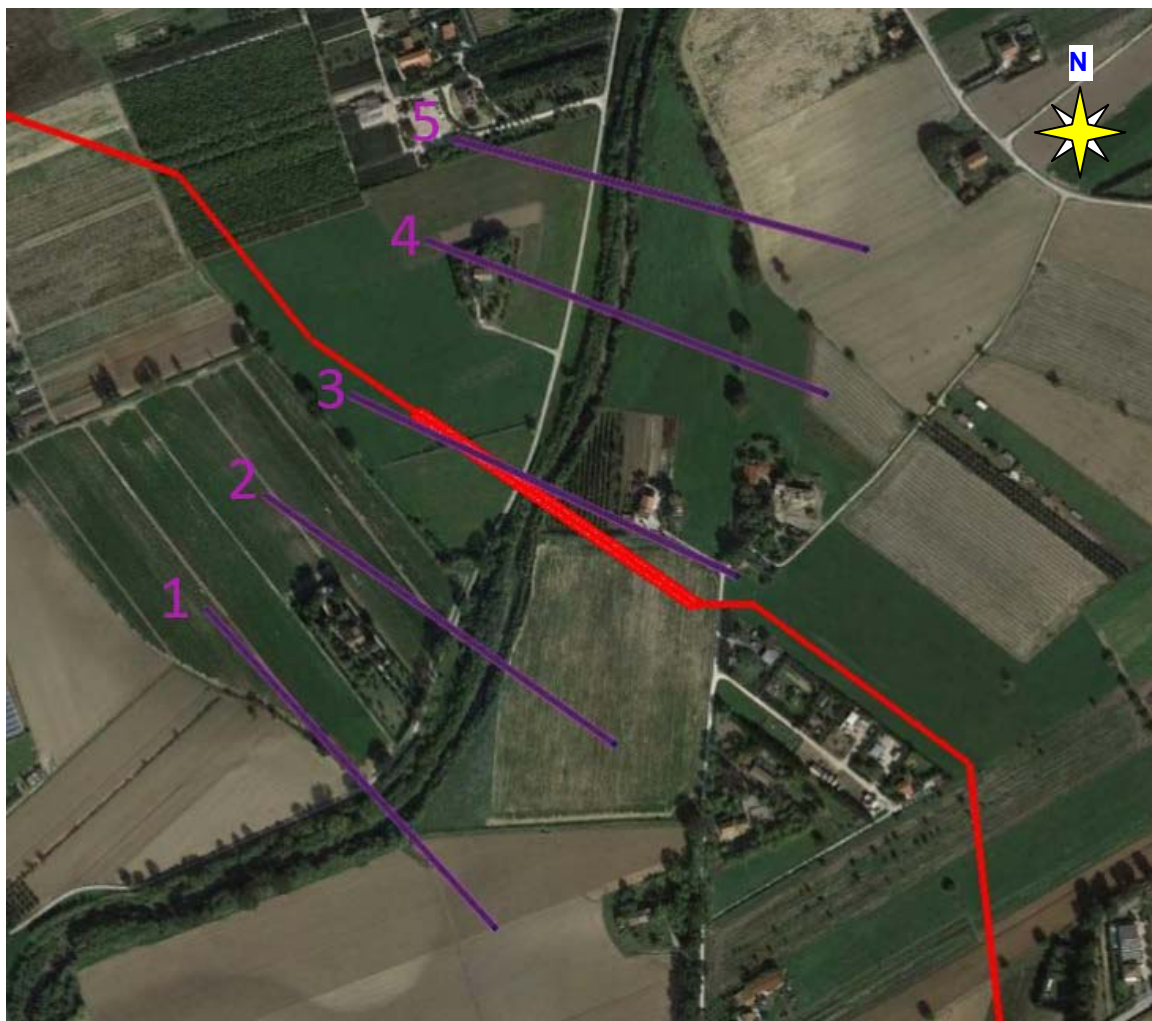


Fig.5.2/A: Foto aerea del tronco d'alveo analizzato e sezioni iniziali di input

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 23 di 66

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
RS50	Sez.1	0.00	176.19	<i>Sezione di monte</i>
RS40	Sez.2	176.19	168.11	
RS30	Sez.3	344.30	174.90	
RS20	Sez.4	519.20	118.00	
RS10	Sez.5	637.20	0.00	<i>Sezione di valle</i>

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.

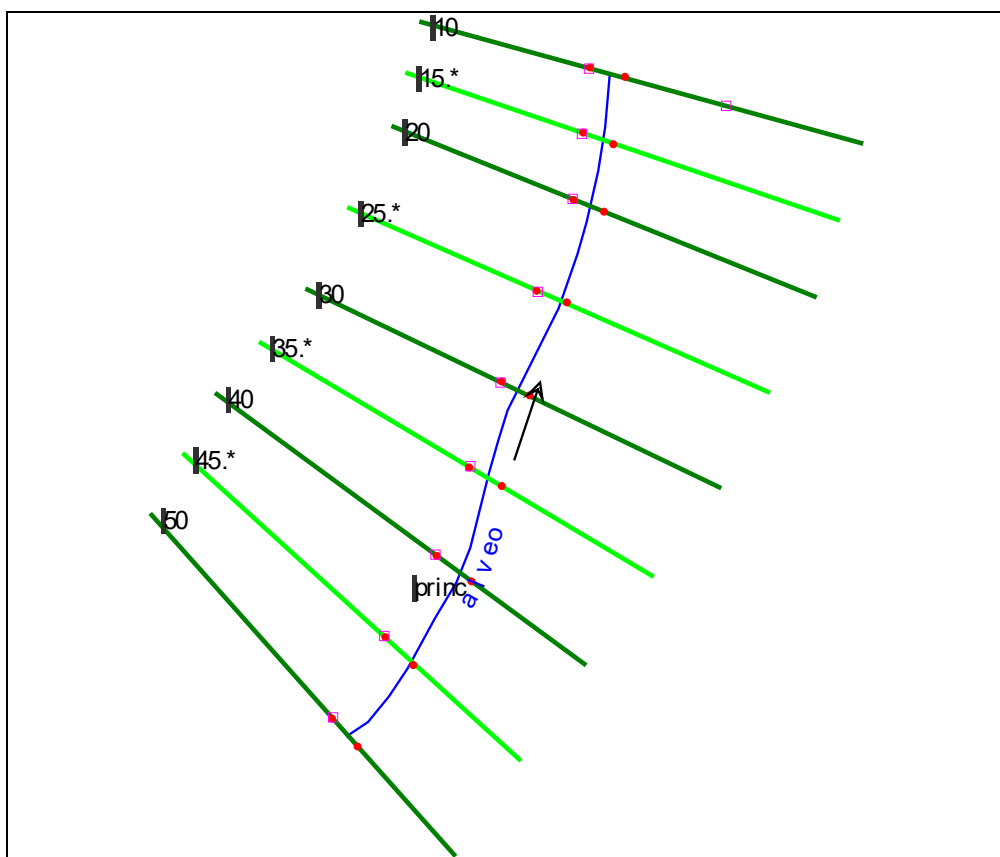


Fig.5.2/B: Modellazione geometrica in Hec Ras (RS50 a monte e RS10 a valle)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 24 di 66

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:

- $Q_{200} = 454 \text{ mc/s}$

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 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 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 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 25 di 66

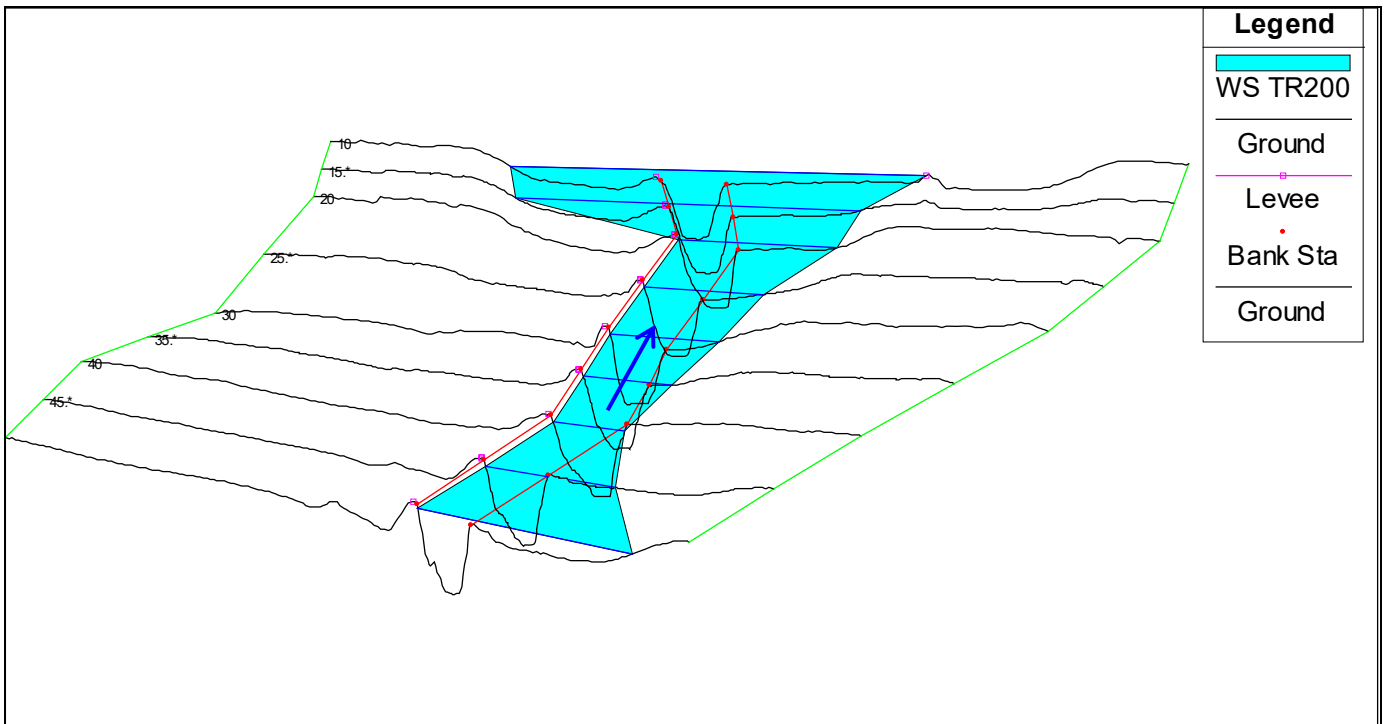


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS50: monte /RS10: valle)

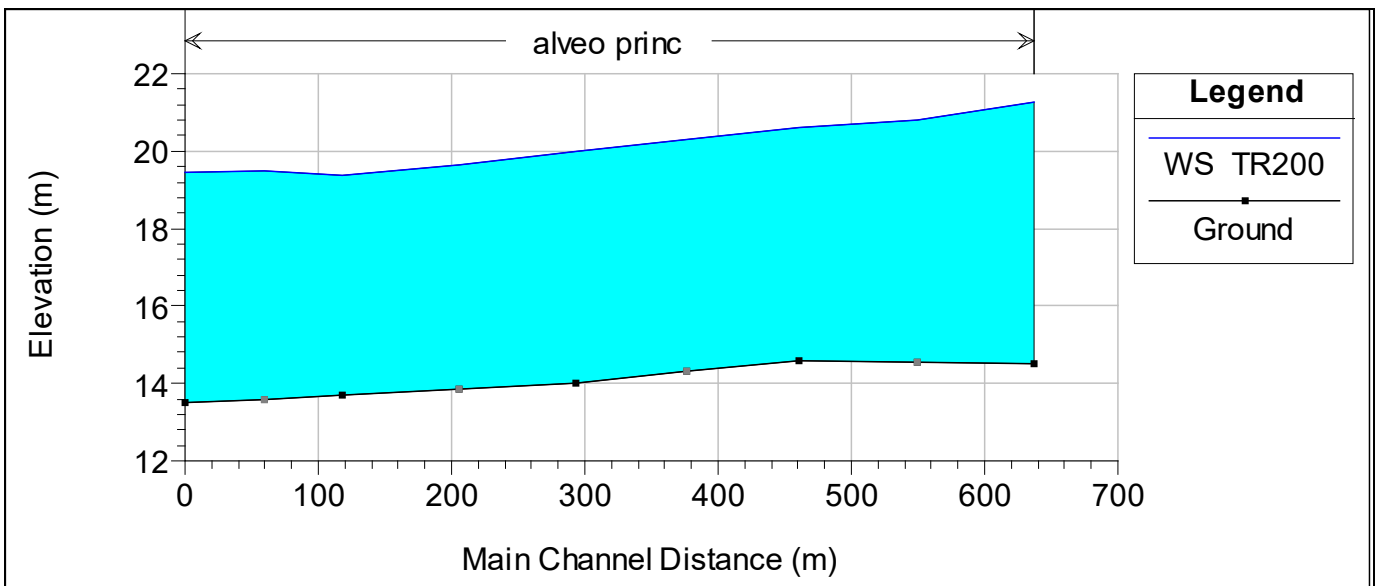


Fig.5.3/B: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale (RS50: monte /RS10: valle)

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-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 26 di 66	Rev. 1

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 C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
50	454	14.51	21.25	19.01	21.51	0.001174	2.48	269.66	125.76	4.62	46.31	0.37
45.*	454	14.55	20.82	18.98	21.34	0.002177	3.21	144.75	59.73	4.13	79.83	0.5
40	454	14.59	20.62	18.93	21.14	0.002311	3.19	142.17	36.84	3.86	80.35	0.52
35.*	454	14.3	20.3	18.72	20.92	0.002673	3.5	130.98	44.01	3.99	95.74	0.56
30	454	14.01	19.99	18.48	20.68	0.002867	3.75	134.72	52.25	4.35	107.98	0.57
25.*	454	13.84	19.63	18.35	20.4	0.003357	3.94	126.57	56.85	4.09	120.8	0.62
20	454	13.68	19.37	18.04	20.1	0.003237	3.84	132.43	74.89	4.09	115.32	0.61
15.*	454	13.59	19.48	18.02	19.85	0.001879	2.99	238.1	161.85	4.1	69.26	0.47
10	454	13.51	19.45	18.02	19.72	0.001502	2.68	288.87	194.08	4.05	55.31	0.42

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;

In aggiunta nel seguito sono presentati le tabelle di sintesi dei risultati della simulazione, relativamente alle sezioni principali trasversali (senza quelle interpolate dal programma) considerate nell'elaborazione.

I principali parametri riportati nel seguito in forma tabellare sono, oltre a quelli già illustrati e riportati nella tabella 5.3/A, qui di seguito indicati:

elementi della geometria d'alveo

- Min Ch El, quota minima dell'alveo medio principale;
- Wt. n-Val, coefficiente di scabrezza di Manning;

parametri globali di deflusso

- Max Chl Depth, profondità massima in alveo;
- Vel. Total, velocità complessiva media di flusso;
- Vel Head, carico cinetico;

parametri parziali delle componenti di deflusso oltre i limiti di sponda (LeftOB, RightOB) e nell'alveo medio principale (Chan)

- Avg. Vel, velocità media nelle aree di deflusso parziale;
- Hydr Depth, altezza liquida equivalente (Flow Area/ Top Width);
- Shear, tensione tangenziale di attrito al perimetro;



PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023081

LOCALITÀ

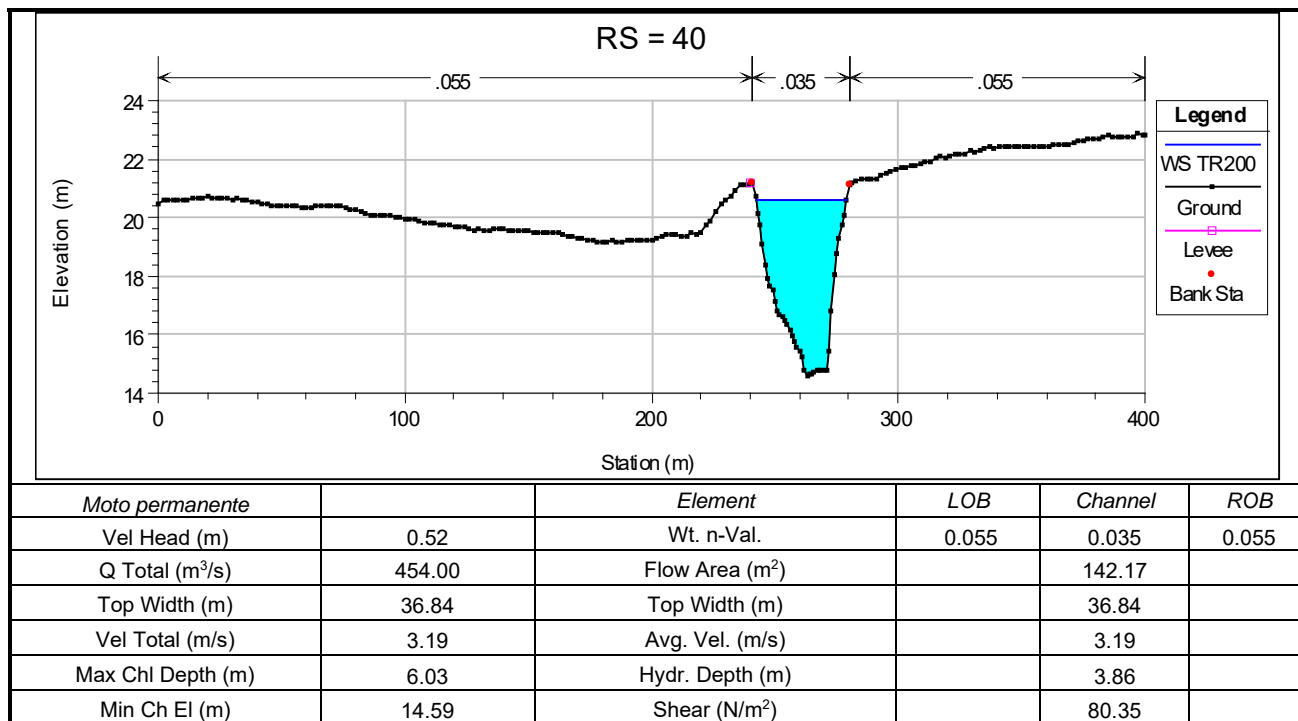
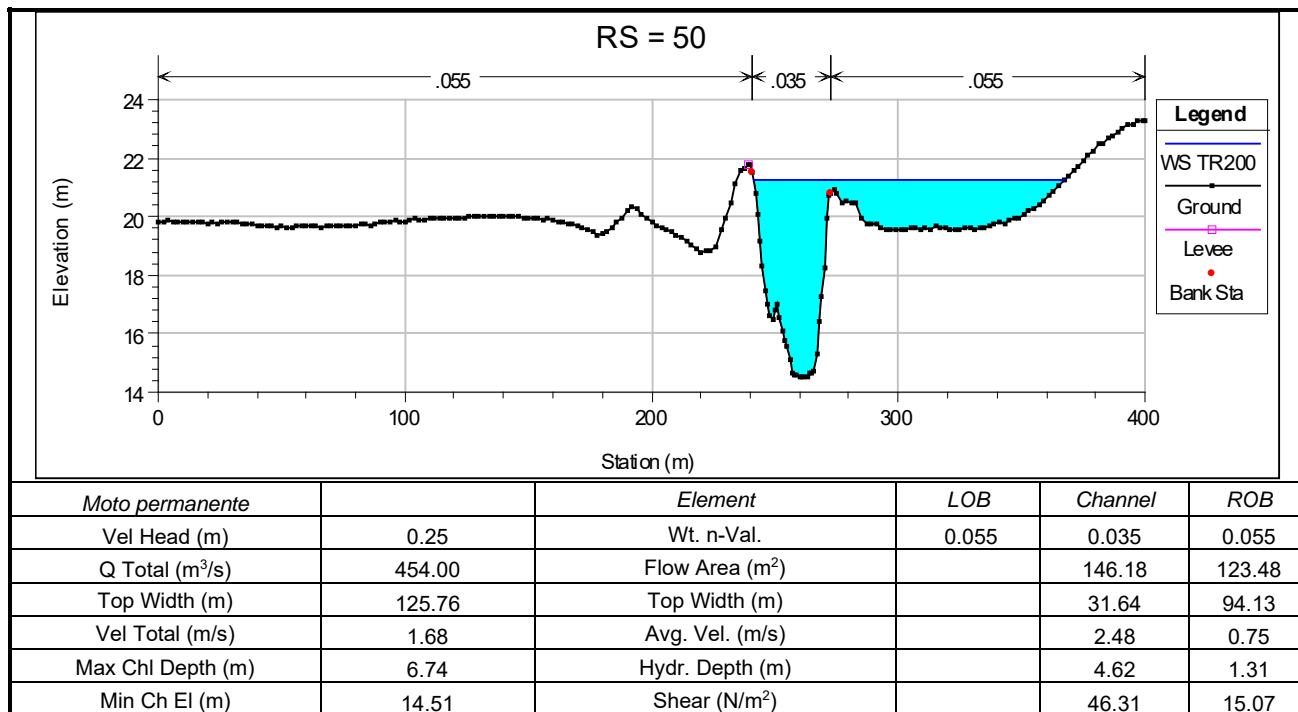
Regione Marche

SPC. LA-E-83073

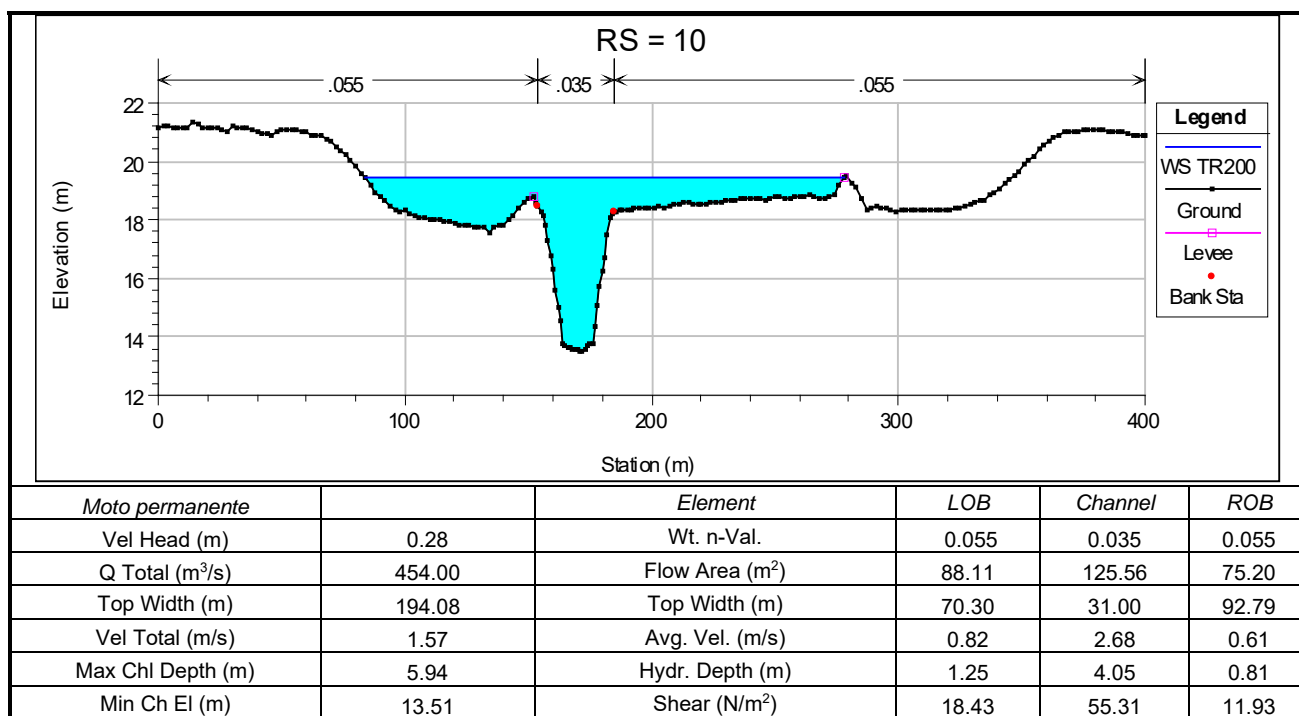
PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

Fg. 27 di 66

Rev.
1



	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 29 di 66



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.

Pertanto dall'esame dei risultati della simulazione idraulica, si rileva che nel tronco idraulico considerato, la sezione d'alveo non risulta sempre in grado di contenere la portata di progetto (portata duecentennale).

Infatti come si rileva dalla Fig.5.3/A esondazioni si verificano nel lato in destra idrografica; seppur per spazi limitati in quanto confinati dal versante laterale.

In sinistra idrografica, l'argine in generale risulta adeguato per evitare esondazioni, seppur con franchi idraulici limitati. Inondazioni in questo lato si rilevano solo nel tratto terminale del tronco idraulico oggetto di studio,

Dall'analisi di confronto con le perimetrazioni delle aree di inondazione individuate nell'ambito del PAI e rappresentate per l'ambito in esame nella Fig.8.2/A (si veda il capitolo 8), si rilevano delle differenze proprio nel lato in sinistra idrografica.

Le velocità di deflusso della corrente risultano generalmente variabili nell'ordine dei 3÷4 m/s, mantenendosi comunque in condizione 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-83073	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 30 di 66	Rev. 1

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-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 31 di 66	Rev. 1

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'erosione². 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 Schoklitsch³ 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.

² 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.

³ Schoklitsch A., "Stauraum verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 32 di 66

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 studiate⁴ 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 Italia⁵, 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.

⁴ Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

⁵ 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-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 33 di 66	Rev. 1

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)
50	454	2.48	125.76	4.62	3.61	4.93	1.53	2.31
45.*	454	3.21	59.73	4.13	7.60	4.66	1.87	2.07
40	454	3.19	36.84	3.86	12.32	4.38	2.12	1.93
35.*	454	3.5	44.01	3.99	10.32	4.61	2.05	2.00
30	454	3.75	52.25	4.35	8.69	5.07	2.03	2.18
25.*	454	3.94	56.85	4.09	7.99	4.88	1.94	2.05
20	454	3.84	74.89	4.09	6.06	4.84	1.78	2.05
15.*	454	2.99	161.85	4.1	2.81	4.56	1.37	2.05
10	454	2.68	194.08	4.05	2.34	4.42	1.28	2.03

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)
50	46.31	0.05
45.*	79.83	0.09
40	80.35	0.09
35.*	95.74	0.11
30	107.98	0.13
25.*	120.8	0.14
20	115.32	0.14
15.*	69.26	0.08
10	55.31	0.06

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 34 di 66

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 di circa **2,30 m**.

Ciò in quanto, poiché il deflusso (significativo) avviene in una sezione di deflusso di larghezza abbastanza esegua, l'energia della corrente risulta significativa.

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-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 35 di 66

7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Metodologia costruttiva: TOC

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

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

Tale tecnica costruttiva è stata individuata nel caso specifico con lo scopo di salvaguardare dalle operazioni di scavo i corpi arginali presenti in adiacenza dell'alveo del corso d'acqua, nonché in considerazione delle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua, della configurazione morfologica dell'alveo ed a seguito della verifica di disponibilità di spazi per l'allestimento della colonna varo.

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

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

7.2 Configurazione geometrica di progetto

Considerazioni preliminari

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

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

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

La garanzia rispetto ai fenomeni di filtrazione in sub-alveo ed alle sollecitazioni indotte in superficie è insita nella configurazione geometrica del tunnel stesso. Infatti, nel corso della sua definizione geometrica è stata privilegiata la geometria di progetto che, interessando terreni posti ad "elevate profondità", soddisfa sostanzialmente ai seguenti criteri di sicurezza:

- le elevate profondità di posa del tunnel presuppongono percorsi preferenziali di filtrazione lungo il suo profilo molto più lunghi di quelli che si avrebbero naturalmente;

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 36 di 66	Rev. 1

- le distanze in orizzontale e le profondità della trivellazione dalle sponde sono particolarmente elevate e dunque sono tali da escludere qualsiasi alterazione dello stato tensionale e di deformazione in superficie.
- La copertura minima individuata per la trivellazione in progetto risulta inoltre tale da assicurare ampi margini di sicurezza rispetto agli eventuali fenomeni erosivi di fondo alveo determinati dalla corrente idrica.

Configurazione di progetto

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

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- Lunghezza dello sviluppo complessivo della trivellazione: di 390m circa;
- Sviluppo complessivo dei tratti rettilinei: 156 m circa;
- Sviluppo del tratto curvilineo: 234 m circa;
- Raggio di curvatura del tratto curvilineo pari a: 900 m;
- Postazione Rig (entrata trivellazione): in destra idrografica, nel lato di valle in senso gas;
- Postazione uscita trivellazione: in sinistra idrografica, nel lato di monte in senso gas;
- angoli sull'orizzontale di entrata e di uscita della trivellazione rispettivamente di 7°51' e di 7°03';
- Pista di varo: lato in sinistra idrografica;
- copertura minima della trivellazione dalle quote di fondo alveo: di 10.5 metri circa;

Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto precedentemente richiamato.

7.3 Considerazione inerenti alla geometria di trivellazione

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

Le profondità di trivellazione e i distacchi orizzontali delle estremità dalle sponde sono particolarmente elevate e dunque sono tali da escludere qualsiasi alterazione dello stato tensionale e di deformazione in superficie.

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

7.4 Descrizione del sistema operativo TOC

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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 37 di 66

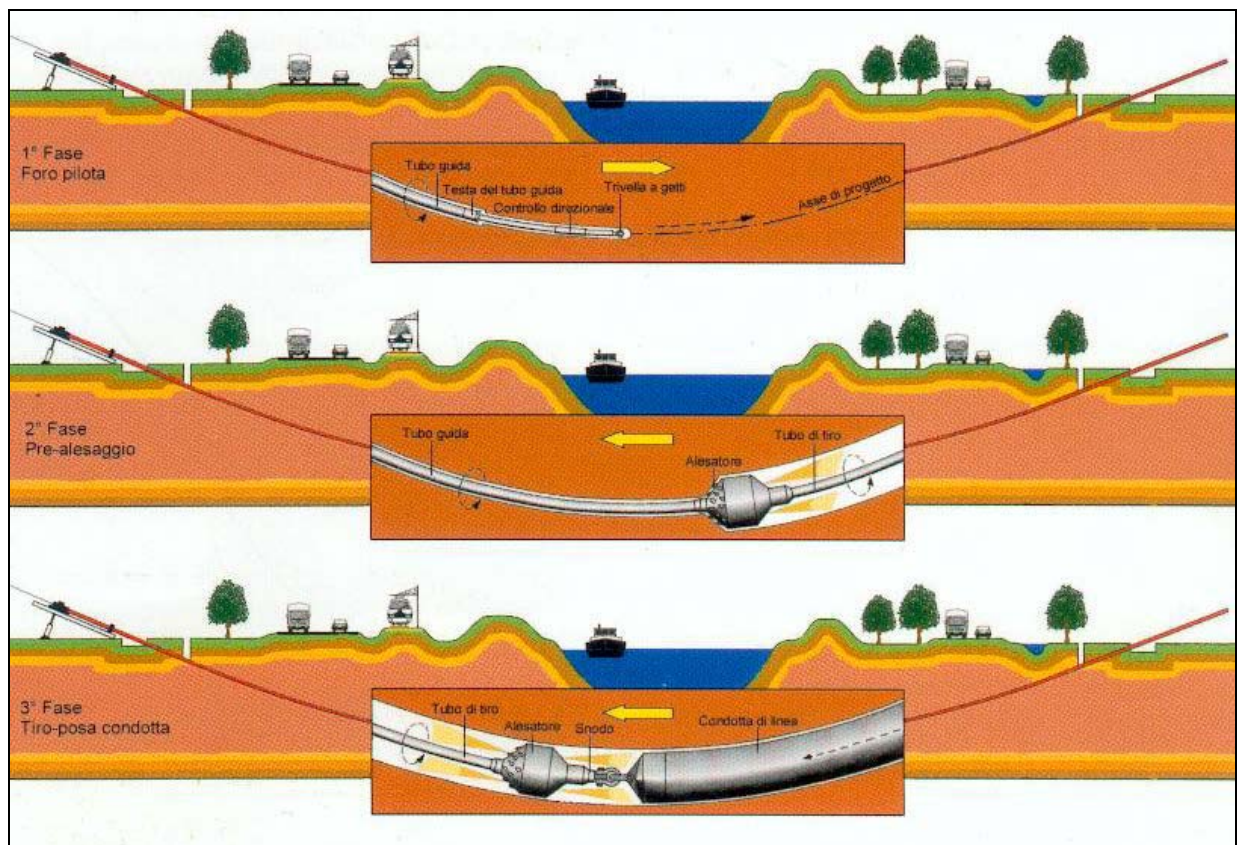
In generale il procedimento impiegato negli attraversamenti mediante l'impiego della metodologia "Trivellazione Orizzontale Controllata" è composto da tre fasi.

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

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

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

Nella figura seguente è riportato uno schema grafico illustrativo delle fasi di lavoro.



T.O.C.- Fasi di lavoro

Esecuzione del foro pilota

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

Nelle fasi di esecuzione del foro pilota, così come nelle successive fasi di alesaggio e di varo della condotta, sarà previsto il monitoraggio in continuo della pressione del

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 38 di 66	Rev. 1

fango di perforazione al fine di eliminare ogni possibile interferenza tra le operazioni di trivellazione ed il sistema fisico circostante.

Al fine di minimizzare le interferenze con l'ambiente esterno e con le falde acquifere (a carattere esclusivamente fisico e comunque di entità molto limitata) si prevederà l'utilizzo di acqua e bentonite (numero CAS 1302-78-9).

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

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

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

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

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

A titolo di esempio nelle figure seguenti si riportano delle foto inerenti alle fasi di esecuzione del foro pilota.



Attravers. F. Po con met. 30" – "Rig", durante la realizzazione del foro pilota

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 39 di 66



Attraversamento F. Po con met. 30" – fase di uscita dell'asta pilota

Alesaggio del foro e tiro-posa della condotta

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

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 40 di 66

Montaggio della condotta

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

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

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

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

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

A titolo di esempio nella figura seguente si riporta una foto di una colonna preassemblata, prima del varo.



Attrav. F. Po con met. 30" – Colonna della pipeline preassemblata sulla pista di varo

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

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

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

Ripristino dell'area di attraversamento

Al termine dei lavori, effettuati i collegamenti della sezione in tunnel con la tubazione di linea alle due estremità della trivellazione, si procede alle operazioni di recupero

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 41 di 66

ambientale dei luoghi. Smobilitato il cantiere di trivellazione, si passa ai movimenti terra per il ripristino morfologico del piano di campagna.

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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 42 di 66

8 VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA

8.1 Premessa

Generalità

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'ex Autorità di Bacino delle Marche è stato approvato con Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 pubblicata sul supplemento n. 5 al BUR n. 15 del 13/02/2004.

Successivamente con DCI n. 68 del 08/08/2016 e' stato approvato, in prima adozione, l'Aggiornamento 2016 al PAI. Con DGR n. 982 del 08/08/2016 sono state approvate le misure di misure di salvaguardia, in attesa della definitiva approvazione dell'Aggiornamento.

I due atti sono pubblicati nel Bollettino Ufficiale della Regione Marche dell'8 settembre 2016. Gli elaborati tecnici dell'aggiornamento sono stati approvati con Decreto n. 49 del 27/07/2016 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino regionale (B.U.R. Marche n. 124 del 16/11/2016), successivamente rettificato con i Decreti n. 55 del 26/09/2016 (B.U.R. Marche n. 17 del 10/02/2017) e n. 61 del 24/10/2016

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 dell'Appennino Centrale.

Norme di Attuazione PAI - Sintesi dei contenuti

Ai sensi dell'Art.6, comma 1, lettera a) delle Norme di Attuazione (di seguito denominate anche N.A), nell'ambito del PAI vengono individuate le fasce di territorio inondabili assimilabili a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni dei principali corsi d'acqua dei bacini regionali.

Dette fasce sono state definitive su base storico- geomorfologica sono comunque associate ad un unico livello di pericolosità "elevata – molto elevata".

Inoltre ai sensi dell'Art.8 delle N.A. vengono individuati i tronchi omogenei per la fascia inondabile. In particolare la fascia fluviale è suddivisa in tronchi distinti in base ai livelli di rischio:

- R4- Aree Inondabili a Rischio molto elevato;
- R3- Aree Inondabili a Rischio elevato;
- R2- Aree Inondabili a Rischio medio;
- R1- Aree Inondabili a Rischio moderato.

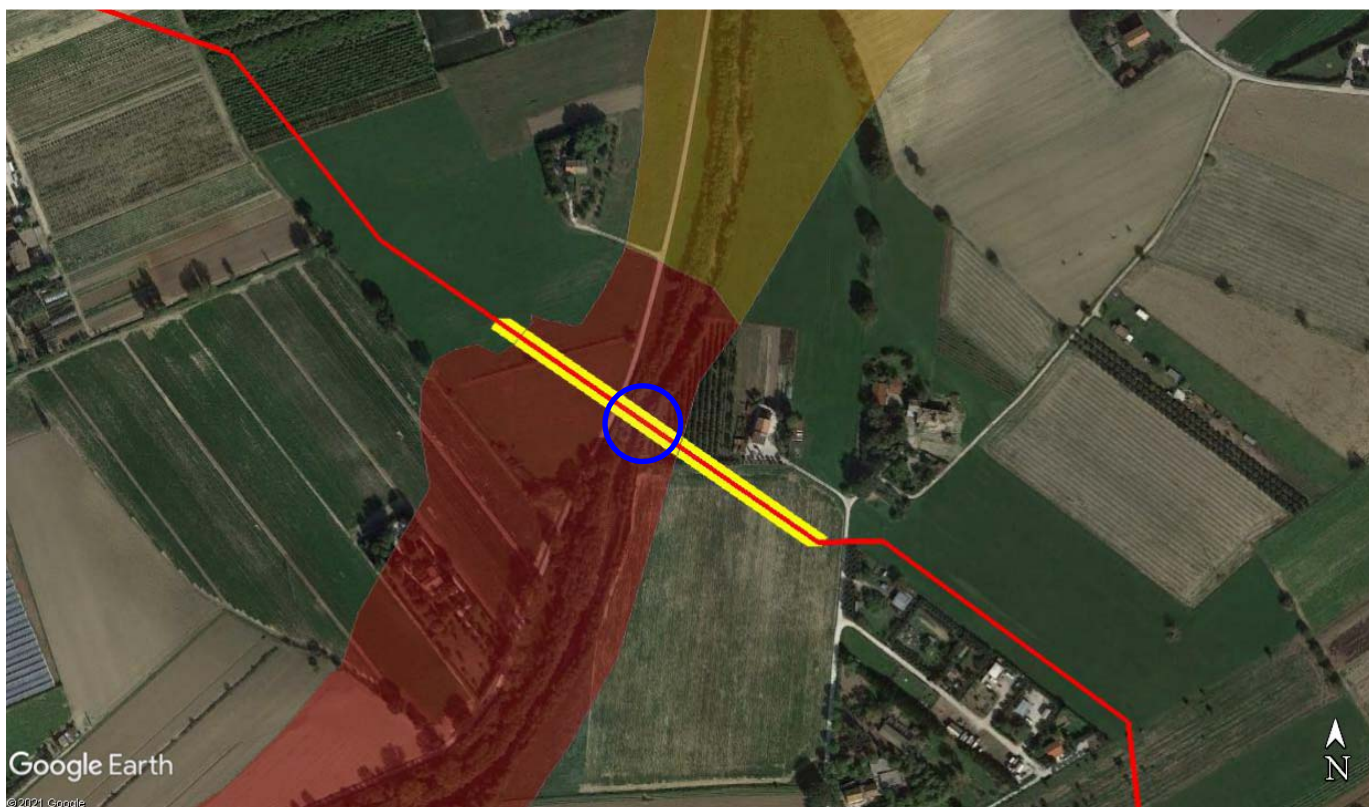
L'Art.9 disciplina gli interventi consentiti nelle aree inondabili.

In particolare, ai sensi dell'Art.9, comma1, lettera i), le N.A. consentono nell'ambito delle aree inondabili la realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, nonché delle relative strutture accessorie; tali opere, di cui il soggetto attuatore dà comunque preventiva comunicazione all'Autorità di bacino contestualmente alla richiesta del parere previsto nella presente lettera, sono condizionate ad uno studio da parte del soggetto attuatore in cui siano valutate eventuali soluzioni alternative, la sostenibilità economica e la compatibilità con la pericolosità delle aree, previo parere vincolante della Autorità idraulica competente che nelle more di specifica direttiva da parte dell'Autorità può sottoporre alla stessa l'istanza.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 43 di 66	Rev. 1





8.2 Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento

Nella figura seguente è riportato uno stralcio di una foto aerea dal quale si può individuare l'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso) con l'alveo del fiume (indicato con un cerchio in blu) e più in generale con le aree inondabili del corso d'acqua stesso (riportate mediante campiture a varia colorazione).



BACINI DI RILIEVO REGIONALE (REGIONE MARCHE)

Titolo II - Piano per l'assetto Idraulico

-  R1 - Aree Inondabili a Rischio moderato (Art. 8, comma 1)
-  R2 - Aree Inondabili a Rischio medio (Art. 8, comma 1)
-  R3 - Aree Inondabili a Rischio elevato (Art. 8, comma 1)
-  R4 - Aree Inondabili a Rischio molto elevato (Art. 8, comma 1)

Tutte le aree perimetrate sono associate ad un unico livello di pericolosità elevata / molto elevata. (Art. 8, comma 1)

Fig.8.2/A: Interferenze tra metanodotto in progetto con le Aree inondabili del corso d'acqua

Dall'analisi della figura precedente si rileva che il metanodotto in progetto in corrispondenza dell'ambito di attraversamento del corso d'acqua interferisce con un'area inondabile a Rischio idraulico molto elevato (R4).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 44 di 66

Dalla stessa Fig.8.2/A si può anche rilevare l'alveo del corso d'acqua (e più in generale gran parte dell'area di inondazione) verrà superato in subalveo mediante trivellazione (il cui sviluppo longitudinale è indicato mediante una campitura in giallo a cavallo della condotta).

Mentre per un breve tratto della zona marginale dell'area d'inondazione in sinistra idrografica la condotta verrà posizionata mediante la tradizionale tecnica degli scavi a cielo aperto. A tal proposito si pone in evidenza che queste porzioni di territorio rappresentano delle aree di laminazione e/o di invaso del corso d'acqua ed in quanto tali, risultano degli ambiti di assoluta sicurezza per la condotta nei confronti dei processi di dinamica fluviale.

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 Attuazione del Piano (Art.9, comma 1, lettera i), risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentito l'interferenza con le fasce inondabili individuate nella cartografia del 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 allagamento dell'area.

La costruzione dell'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 determini alcun mutamento significativo sulle condizioni idrologiche ed idrauliche dell'ambito fluviale interessato dall'interferenza.

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

Considerazioni specifiche

In precedenza è stato evidenziato che la gran parte della regione fluviale (comprendente l'alveo del corso d'acqua, che l'area d'inondazione in destra idrografica e gran parte dell'area d'inondazione in sinistra idrografica) sarà attraversata in trivellazione ad elevate profondità di posa. Pertanto relativamente a quest'ambito, alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali, si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di sufficiente garanzia nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 45 di 66	Rev. 1

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;

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

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

1. *Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena*

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

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

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

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

L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento.

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

Il sistema operativo previsto ha consentito di prevedere il posizionamento della condotta ad elevata profondità di subalveo, quindi ben oltre ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento. La configurazione in subalveo a "corda molle" (con risalite a coperture ordinarie a distanze molto elevate dall'alveo attivo) consente peraltro di essere abbondantemente in sicurezza anche nei confronti di eventuali fenomeni di divagazione laterale dell'alveo attivo del corso d'acqua.

5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*

Essendo l'opera del tutto interrata, nonché essendo prevista la metodologia costruttiva in trivellazione, non saranno introdotte alterazioni al contesto naturale della regione fluviale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 46 di 66

Infine, relativamente al tratto d'interferenza con le aree marginali della regione fluviale ricadente esternamente alla trivellazione, dove il metanodotto verrà posizionato mediante scavi a cielo aperto, si evidenzia quanto segue.

Questa interferenza riguarda delle 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 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 allagamento dell'area.

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 che siano congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme di Attuazione del Piano e pertanto conformi con le relative disposizioni contenute.

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 47 di 66

9 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 fiume ETE MORTO, nel tratto basso dello sviluppo del corso d'acqua, nell'ambito del territorio di Sant'Elpidio a Mare.

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 dell'alveo del corso d'acqua in esame è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento in trenchless, mediante la metodologia esecutiva della *Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)*, ovvero *Horizontal Directional Drilling*.

Detta soluzione operativa consentirà dunque di evitare interferenze tra i lavori di posa del metanodotto con il deflusso naturale del corso d'acqua, nonché eviterà di interrompere la contiguità delle eventuali opere e/o strutture presenti a terra (nello specifico: rilevati arginali).

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

L'adozione ed il rispetto dei criteri e dei vincoli suddetti, sia quelli propri del sistema di trivellazione che quelli più strettamente dipendenti dalla configurazione geometrica della tubazione, offrono pertanto ottime garanzie della stabilità dell'insieme, a breve ed a lungo termine. Pertanto, si può affermare che la tecnica operativa individuata e la geometria del tunnel garantiscono i necessari livelli di sicurezza sia per il metanodotto che per l'alveo sovrastante.

Nell'analisi delle interferenze tra il metanodotto in progetto con le aree di pericolosità idraulica censite dal PAI, è stato evidenziato che l'intervento di progetto non introduce alterazioni al deflusso della corrente e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua e più in generale non determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi della regione fluviale e non implica trasformazioni del territorio e/o cambiamenti circa l'uso del suolo.

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 48 di 66

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 4.1.0, gennaio 2010.

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 addotte 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 ($m^{1/2}/s$);

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 49 di 66

- g , accelerazione di gravità (m/s²);
- h , altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);
- Q , portata (m³/s);
- R , raggio idraulico (m);
- α , coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
- q , portata laterale addotta (m²/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 ragguaglio 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,
- C è il coefficiente di contrazione o espansione.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 50 di 66

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 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 51 di 66

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, $WS^I = Y^I + Z^I$, 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.

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 52 di 66

- 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 e j i pedici 2 e 1 rispettivamente le sezioni di monte e di valle del tratto considerato, si esprime come

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

dove:

- il primo ed il quinto termine rappresentano le spinte idrodinamiche dovute alle quantità di moto (con β coefficiente di ragguaglio 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		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 53 di 66	Rev. 1

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: Etemorto
Project File : Etemorto.prj
Run Date and Time: 13/08/2018 12:28:20

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Plan 01
Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\3Etemorto\Etemorto.p01

Geometry Title: Etemorto
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\3Etemorto\Etemorto.g01

Flow Title : EteMorto
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\3Etemorto\Etemorto.f01

Plan Summary Information:

Number of: Cross Sections = 9 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: EteMorto
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\3Etemorto\Etemorto.f01

Flow Data (m3/s)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 54 di 66	Rev. 1

River alveo Reach princ RS 50 TR200 454

Boundary Conditions

River alveo Reach princ Profile TR200 Upstream Normal S = 0.0015 Downstream Normal S = 0.0015

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Etemorto

Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\3Etemorto\Etemorto.g01

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 50

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 220

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.84	2	19.82	4	19.91	6	19.81	8	19.83
10	19.81	12	19.84	14	19.84	16	19.81	18	19.79
20	19.77	22	19.8	24	19.78	26	19.79	28	19.8
30	19.79	32	19.79	34	19.76	36	19.74	38	19.74
40	19.69	42	19.69	44	19.68	46	19.69	48	19.65
50	19.66	52	19.63	54	19.63	56	19.68	58	19.69
60	19.66	62	19.69	64	19.69	66	19.64	68	19.67
70	19.66	72	19.7	74	19.71	76	19.69	78	19.67
80	19.69	82	19.73	84	19.73	86	19.7	88	19.76
90	19.79	92	19.8	94	19.83	96	19.86	98	19.84
100	19.84	102	19.86	104	19.92	106	19.9	108	19.91
110	19.93	112	19.95	114	19.96	116	19.92	118	19.98
120	19.96	122	19.96	124	19.97	126	20	128	20.04
130	20	132	20	134	20.01	136	20.03	138	19.99
140	20	142	20.03	144	20	146	20	148	19.97
150	19.95	152	19.95	154	19.94	156	19.89	158	19.92
160	19.89	162	19.82	164	19.8	166	19.76	168	19.78
170	19.7	172	19.61	174	19.58	176	19.48	178	19.38
180	19.4	182	19.5	184	19.63	186	19.79	188	19.92
190	20.24	192	20.32	194	20.29	196	20.08	198	19.95
200	19.83	202	19.7	204	19.63	206	19.56	208	19.46
210	19.34	212	19.31	214	19.14	216	19.02	218	18.91
220	18.79	222	18.82	224	18.81	226	18.94	228	19.57
230	19.97	232	20.47	234	21.13	236	21.57	238	21.65
239	21.75	240	21.75	241	21.52	242	20.78	243	20.05
244	19.14	245	18.33	246	17.49	247	17.03	248	16.59
249	16.51	250	16.84	251	16.99	252	16.58	253	16.1
254	15.77	255	15.59	256	15.1	257	14.64	258	14.59
259	14.57	260	14.55	261	14.53	262	14.51	263	14.53
264	14.64	265	14.64	266	14.7	267	15.29	268	16.41
269	17.28	270	18.28	271	19.97	272	20.72	273	20.8
274	20.9	275	20.83	277	20.5	279	20.53	281	20.45
283	20.5	285	19.98	287	19.74	289	19.76	291	19.75
293	19.61	295	19.54	297	19.53	299	19.56	301	19.55
303	19.54	305	19.61	307	19.59	309	19.57	311	19.65
313	19.57	315	19.66	317	19.63	319	19.61	321	19.58
323	19.54	325	19.54	327	19.6	329	19.59	331	19.58
333	19.64	335	19.64	337	19.67	339	19.75	341	19.79
343	19.77	345	19.87	347	19.95	349	19.95	351	20.09
353	20.19	355	20.3	357	20.41	359	20.56	361	20.76
363	20.89	365	21.07	367	21.24	369	21.41	371	21.57
373	21.74	375	21.88	377	22.1	379	22.26	381	22.47
383	22.52	385	22.69	387	22.78	389	22.92	391	23.04
393	23.12	395	23.16	397	23.26	399	23.3	400	23.29

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 55 di 66	Rev. 1

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 241 .035 273 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
241 273 88.095 88.095 88.095 .1 .3
Left Levee Station= 239 Elevation= 21.75

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	21.51	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.25	Wt. n-Val.		0.035	0.055
W.S. Elev (m)	21.25	Reach Len. (m)	88.10	88.10	88.10
Crit W.S. (m)	19.01	Flow Area (m2)		146.18	123.48
E.G. Slope (m/m)	0.001174	Area (m2)		146.18	123.48
Q Total (m3/s)	454.00	Flow (m3/s)		361.94	92.06
Top Width (m)	125.76	Top Width (m)		31.64	94.13
Vel Total (m/s)	1.68	Avg. Vel. (m/s)		2.48	0.75
Max Chl Dpth (m)	6.74	Hydr. Depth (m)		4.62	1.31
Conv. Total (m3/s)	13250.9	Conv. (m3/s)		10564.1	2686.8
Length Wtd. (m)	88.10	Wetted Per. (m)		36.34	94.32
Min Ch El (m)	14.51	Shear (N/m2)		46.31	15.07
Alpha	1.76	Stream Power (N/m s)	19151.15	11442.82	0.00
Frctn Loss (m)	0.14	Cum Volume (1000 m3)	7.16	81.43	14.18
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	6.33	19.80	21.76

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 45.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 316

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	20.165	2	20.195	4	20.245	6	20.21	8	20.225
10	20.22	12	20.225	14	20.255	16	20.235	18	20.23
20	20.235	22	20.23	24	20.22	26	20.24	28	20.24
30	20.21	32	20.215	34	20.195	36	20.155	38	20.15
40	20.105	42	20.085	44	20.065	46	20.055	48	20.025
50	20.035	52	20.025	54	20.015	56	20.045	58	20.025
60	20.015	62	20.03	64	20.05	66	20.025	68	20.025
70	20.035	72	20.065	74	20.06	76	20.02	78	19.985
80	19.975	82	19.965	84	19.95	86	19.905	88	19.92
90	19.93	92	19.925	94	19.94	96	19.935	98	19.915
100	19.895	102	19.895	104	19.94	106	19.9	108	19.865
110	19.875	112	19.875	114	19.87	116	19.82	118	19.85
120	19.835	122	19.82	124	19.82	126	19.82	128	19.81
130	19.795	132	19.77	134	19.795	136	19.82	138	19.795
140	19.795	142	19.79	144	19.785	146	19.775	148	19.77
150	19.75	152	19.73	154	19.73	156	19.69	158	19.705
160	19.68	162	19.645	164	19.61	166	19.565	168	19.565
170	19.505	172	19.44	174	19.395	176	19.35	178	19.28
180	19.275	182	19.34	184	19.415	186	19.49	188	19.555
190	19.72	192	19.775	194	19.755	196	19.66	198	19.58
200	19.53	202	19.495	204	19.505	206	19.485	208	19.45
210	19.38	212	19.32	214	19.235	216	19.24	218	19.18
220	19.15	222	19.285	224	19.36	226	19.57	228	20.01
230	20.29	232	20.605	234	21.02	236	21.34	238	21.385
239	21.425	240	21.48	241	21.345	241.977	20.762	242.024	20.731
242.955	20.118	243.048	20.068	243.932	19.512	244.071	19.404	244.909	18.799
245.095	18.656	245.886	18.04	246.119	17.885	246.864	17.528	247.143	17.435
247.841	17.21	248.167	17.108	248.818	17.02	249.19	16.935	249.795	16.917
250.214	16.919	250.773	16.871	251.238	16.872	251.75	16.733	252.262	16.614
252.727	16.491	253.286	16.329	253.705	16.237	254.31	16.09	254.682	16.027
255.333	15.913	255.659	15.807	256.357	15.561	256.636	15.467	257.381	15.224
257.614	15.194	258.405	15.09	258.591	15.068	259.429	15.009	259.568	14.999
260.452	14.904	260.545	14.894	261.476	14.675	261.523	14.665	262.5	14.55

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 56 di 66

263.324	14.576	263.773	14.591	264.147	14.616	264.971	14.672	265.045	14.677
265.794	14.7	266.318	14.71	266.618	14.722	267.441	14.741	267.591	14.746
268.265	14.906	268.864	15.045	269.088	15.144	269.912	15.841	270.136	16.123
270.735	16.815	271.409	17.552	271.559	17.724	272.382	18.392	272.682	18.612
273.206	19.138	273.955	19.83	274.029	19.872	274.853	20.275	275.227	20.517
275.676	20.689	276.5	20.97	277.472	21.039	277.529	21.038	278.445	21.016
279.587	20.933	280.39	20.877	281.646	20.905	282.335	20.91	283.704	20.882
284.28	20.873	285.763	20.899	286.224	20.909	287.821	20.712	288.169	20.672
289.879	20.599	290.114	20.589	291.938	20.629	292.059	20.633	293.996	20.67
295.949	20.628	296.054	20.628	297.894	20.626	298.112	20.629	299.839	20.612
300.171	20.613	301.783	20.649	302.229	20.654	303.728	20.672	304.288	20.679
305.673	20.688	306.346	20.707	307.618	20.739	308.404	20.741	309.563	20.752
310.462	20.76	311.508	20.775	312.521	20.816	313.453	20.849	314.579	20.842
315.398	20.823	316.638	20.849	317.343	20.868	318.696	20.865	319.287	20.867
320.754	20.877	321.232	20.881	322.812	20.888	323.177	20.886	324.871	20.873
325.122	20.877	326.929	20.925	327.067	20.923	328.987	20.93	329.012	20.93
330.957	20.944	331.046	20.945	332.902	20.963	333.104	20.968	334.846	21.016
335.163	21.02	336.791	21.004	337.221	21.003	338.736	21.037	339.279	21.056
340.681	21.082	341.337	21.087	342.626	21.109	343.396	21.111	344.571	21.099
345.454	21.118	346.516	21.14	347.513	21.156	348.461	21.18	349.571	21.185
350.406	21.189	351.629	21.239	352.35	21.261	353.688	21.289	354.295	21.305
355.746	21.346	356.24	21.359	357.804	21.399	358.185	21.413	359.862	21.49
360.13	21.502	361.921	21.607	362.075	21.616	363.979	21.689	364.02	21.69
365.965	21.785	366.038	21.788	367.909	21.856	368.096	21.863	369.854	21.966
370.154	21.982	371.799	22.086	372.212	22.113	373.744	22.173	374.271	22.189
375.689	22.268	376.329	22.316	377.634	22.403	378.388	22.441	379.579	22.49
380.446	22.537	381.524	22.608	382.504	22.633	383.469	22.652	384.562	22.708
385.413	22.731	386.621	22.738	387.358	22.762	388.679	22.823	389.303	22.848
390.737	22.899	391.248	22.915	392.796	22.947	393.193	22.952	394.854	22.957
395.138	22.967	396.913	23.056	397.083	23.059	398.971	23.069	399.028	23.069
400	23.045								

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .055 241 .035 276.5 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 241 276.5 88.095 88.095 88.095 .1 .3
 Left Levee Station= 239.5 Elevation= 21.48

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	21.34	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.52	Wt. n-Val.		0.035	0.055
W.S. Elev (m)	20.82	Reach Len. (m)	88.10	88.10	88.10
Crit W.S. (m)	18.98	Flow Area (m2)		141.10	3.65
E.G. Slope (m/m)	0.002177	Area (m2)		141.10	3.65
Q Total (m3/s)	454.00	Flow (m3/s)		453.15	0.85
Top Width (m)	59.73	Top Width (m)		34.16	25.57
Vel Total (m/s)	3.14	Avg. Vel. (m/s)		3.21	0.23
Max Chl Dpth (m)	6.27	Hydr. Depth (m)		4.13	0.14
Conv. Total (m3/s)	9731.1	Conv. (m3/s)		9713.0	18.1
Length Wtd. (m)	88.10	Wetted Per. (m)		37.73	25.58
Min Ch El (m)	14.55	Shear (N/m2)		79.83	3.05
Alpha	1.05	Stream Power (N/m s)	19151.15	11466.75	0.00
Frctn Loss (m)	0.20	Cum Volume (1000 m3)	7.16	68.77	8.58
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	6.33	16.90	16.48

CROSS SECTION

RIVER: alveo
 REACH: princ RS: 40

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 223									
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 20.49 2 20.57 4 20.58 6 20.61 8 20.62									
10 20.63 12 20.61 14 20.67 16 20.66 18 20.67									

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 57 di 66

20	20.7	22	20.66	24	20.66	26	20.69	28	20.68
30	20.63	32	20.64	34	20.63	36	20.57	38	20.56
40	20.52	42	20.48	44	20.45	46	20.42	48	20.4
50	20.41	52	20.42	54	20.4	56	20.41	58	20.36
60	20.37	62	20.37	64	20.41	66	20.41	68	20.38
70	20.41	72	20.43	74	20.41	76	20.35	78	20.3
80	20.26	82	20.2	84	20.17	86	20.11	88	20.08
90	20.07	92	20.05	94	20.05	96	20.01	98	19.99
100	19.95	102	19.93	104	19.96	106	19.9	108	19.82
110	19.82	112	19.8	114	19.78	116	19.72	118	19.72
120	19.71	122	19.68	124	19.67	126	19.64	128	19.58
130	19.59	132	19.54	134	19.58	136	19.61	138	19.6
140	19.59	142	19.55	144	19.57	146	19.55	148	19.57
150	19.55	152	19.51	154	19.52	156	19.49	158	19.49
160	19.47	162	19.47	164	19.42	166	19.37	168	19.35
170	19.31	172	19.27	174	19.21	176	19.22	178	19.18
180	19.15	182	19.18	184	19.2	186	19.19	188	19.19
190	19.2	192	19.23	194	19.22	196	19.24	198	19.21
200	19.23	202	19.29	204	19.38	206	19.41	208	19.44
210	19.42	212	19.33	214	19.33	216	19.46	218	19.45
220	19.51	222	19.75	224	19.91	226	20.2	228	20.45
230	20.61	232	20.74	234	20.91	236	21.11	238	21.12
239	21.1	240	21.21	241	21.17	242	20.71	243	20.12
244	19.76	245	19.12	246	18.4	247	17.9	248	17.69
249	17.5	250	17.13	251	16.82	252	16.68	253	16.62
254	16.51	255	16.35	256	16.18	257	15.96	258	15.76
259	15.55	260	15.43	261	15.24	262	14.8	263	14.59
264	14.63	265	14.67	266	14.71	267	14.76	268	14.79
269	14.79	270	14.8	271	14.8	272	15.47	273	16.81
274	18.05	275	18.74	276	19.3	277	19.73	278	20.05
279	20.63	280	21.14	281	21.18	283	21.23	285	21.29
287	21.29	289	21.31	291	21.35	293	21.43	295	21.5
297	21.59	299	21.65	301	21.72	303	21.69	305	21.75
307	21.81	309	21.85	311	21.88	313	21.94	315	22.02
317	22.08	319	22.07	321	22.09	323	22.14	325	22.19
327	22.2	329	22.31	331	22.26	333	22.3	335	22.35
337	22.4	339	22.36	341	22.42	343	22.41	345	22.44
347	22.42	349	22.4	351	22.42	353	22.44	355	22.42
357	22.42	359	22.41	361	22.44	363	22.47	365	22.49
367	22.5	369	22.47	371	22.53	373	22.62	375	22.6
377	22.68	379	22.72	381	22.72	383	22.77	385	22.8
387	22.73	389	22.77	391	22.79	393	22.79	395	22.76
397	22.86	399	22.84	400	22.8				

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 241 .035 280 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
241 280 84.055 84.055 84.055 .1 .3
Left Levee Station= 240 Elevation= 21.21

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	21.14	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.52	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	20.62	Reach Len. (m)	84.06	84.06	84.06
Crit W.S. (m)	18.93	Flow Area (m2)		142.17	
E.G. Slope (m/m)	0.002311	Area (m2)		142.17	
Q Total (m3/s)	454.00	Flow (m3/s)		454.00	
Top Width (m)	36.84	Top Width (m)		36.84	
Vel Total (m/s)	3.19	Avg. Vel. (m/s)		3.19	
Max Chl Dpth (m)	6.03	Hydr. Depth (m)		3.86	
Conv. Total (m3/s)	9443.1	Conv. (m3/s)		9443.1	
Length Wtd. (m)	84.06	Wetted Per. (m)		40.11	
Min Ch El (m)	14.59	Shear (N/m2)		80.35	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	19151.15	11490.70	0.00
Frctn Loss (m)	0.21	Cum Volume (1000 m3)	7.16	56.30	8.42
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	6.33	13.77	15.36

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 58 di 66

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ

RS: 35.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 434	
Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.91	1.784	19.942
5.353	20.012	6.825	20.019
10.705	20.051	11.376	20.066
15.926	20.15	16.058	20.152
20.476	20.16	21.411	20.166
25.026	20.194	26.763	20.181
30.332	20.192	31.852	20.139
35.685	20.135	36.402	20.122
40.952	20.056	41.037	20.054
45.503	20.048	46.39	20.056
50.053	20.054	51.743	20.023
55.311	20.031	56.878	20.028
60.664	20.02	61.429	20.031
65.979	20.035	66.017	20.034
70.529	19.919	71.369	19.91
75.079	19.843	76.722	19.826
80.29	19.804	81.905	19.791
85.643	19.745	86.455	19.72
90.996	19.675	92.78	19.686
96.349	19.605	97.831	19.595
101.701	19.521	102.381	19.504
106.931	19.415	107.054	19.415
111.481	19.323	112.407	19.303
116.032	19.224	117.759	19.2
121.328	19.306	122.857	19.346
126.68	19.29	127.407	19.289
131.958	19.395	132.033	19.397
136.508	19.403	137.386	19.401
141.058	19.389	142.739	19.406
146.307	19.412	147.884	19.393
151.66	19.375	152.434	19.366
156.984	19.34	157.012	19.34
161.534	19.308	162.365	19.311
166.085	19.28	167.718	19.258
171.286	19.255	172.91	19.225
176.639	19.239	177.46	19.255
181.992	19.255	182.011	19.255
186.561	19.244	187.344	19.237
191.111	19.177	192.697	19.221
196.266	19.211	197.937	19.382
201.618	19.457	202.487	19.476
206.971	19.774	207.037	19.778
211.587	20.853	212.324	20.849
214.108	20.881	215	20.83
217.182	19.716	217.909	19.21
219.8	17.982	220.091	17.808
222.273	16.51	223	16.215
225.182	15.654	225.909	15.455
227.8	14.937	228.091	14.876
230.273	14.41	231	14.3
233.059	14.376	233.917	14.402
235.861	14.471	236.147	14.476
238.206	14.483	238.778	14.48
240.722	15.348	241.294	15.849
243.353	17.341	243.639	17.523
245.583	18.797	246.441	19.23
248.5	20.05	249.328	20.053
252.639	20.144	254.295	20.154
257.607	20.261	259.262	20.273
262.574	20.378	264.229	20.454

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 59 di 66	Rev. 1

267.541 20.652 269.197 20.766 269.962 20.812 270.852 20.861 272.487 20.994
272.508 20.995 274.164 21.058 275.013 21.101 275.82 21.125 277.475 21.215
277.538 21.217 279.131 21.279 280.062 21.327 280.787 21.364 282.443 21.448
282.587 21.452 284.098 21.487 285.112 21.535 285.754 21.564 287.41 21.604
287.638 21.61 289.066 21.657 290.163 21.71 290.721 21.739 292.377 21.825
292.688 21.853 294.033 21.966 295.212 21.969 295.689 21.964 297.344 22.036
297.737 22.029 299 22.015 299.828 22.093 300.263 22.107 301.484 22.152
302.788 22.181 303.139 22.188 304.795 22.205 305.312 22.212 306.451 22.217
307.837 22.224 308.107 22.231 309.762 22.232 310.362 22.256 311.418 22.265
312.888 22.246 313.074 22.246 314.729 22.245 315.413 22.262 316.385 22.29
317.938 22.343 318.041 22.346 319.697 22.402 320.462 22.41 321.352 22.403
322.987 22.365 323.008 22.365 324.664 22.38 325.513 22.39 326.32 22.388
327.975 22.39 328.038 22.392 329.631 22.439 330.562 22.453 331.287 22.457
332.943 22.461 333.087 22.458 334.598 22.429 335.612 22.404 336.254 22.393
337.91 22.379 338.138 22.377 339.566 22.366 340.663 22.396 341.221 22.408
342.877 22.436 343.188 22.439 344.533 22.455 345.712 22.48 346.189 22.489
347.844 22.491 348.237 22.486 349.5 22.483 350.763 22.513 351.156 22.522
352.811 22.522 353.288 22.532 354.467 22.555 355.812 22.556 356.123 22.556
357.779 22.549 358.337 22.567 359.434 22.593 360.862 22.581 361.09 22.583
362.746 22.612 363.388 22.626 364.402 22.653 365.913 22.698 366.057 22.699
367.713 22.698 368.438 22.702 369.369 22.725 370.962 22.726 371.025 22.725
372.68 22.754 373.487 22.775 374.336 22.79 375.992 22.825 376.013 22.825
377.648 22.876 378.538 22.88 379.303 22.88 380.959 22.919 381.062 22.92
382.615 22.903 383.587 22.94 384.271 22.98 385.926 23.019 386.112 23.028
387.582 23.096 388.638 23.132 389.238 23.15 390.893 23.125 391.163 23.123
392.549 23.107 393.688 23.059 394.205 23.05 395.861 23.008 396.212 23.002
397.516 22.95 398.737 22.912 399.172 22.893 400 22.845

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 215 .035 248.5 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
215 248.5 84.055 84.055 84.055 .1 .3
Left Levee Station= 213.5 Elevation= 20.89

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	20.92	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.62	Wt. n-Val.		0.035	0.055
W.S. Elev (m)	20.30	Reach Len. (m)	84.06	84.06	84.06
Crit W.S. (m)	18.72	Flow Area (m2)		129.49	1.49
E.G. Slope (m/m)	0.002673	Area (m2)		129.49	1.49
Q Total (m3/s)	454.00	Flow (m3/s)		453.64	0.36
Top Width (m)	44.01	Top Width (m)		32.45	11.56
Vel Total (m/s)	3.47	Avg. Vel. (m/s)		3.50	0.24
Max Chl Dpth (m)	6.00	Hydr. Depth (m)		3.99	0.13
Conv. Total (m3/s)	8780.6	Conv. (m3/s)		8773.8	6.9
Length Wtd. (m)	84.06	Wetted Per. (m)		35.46	11.57
Min Ch El (m)	14.30	Shear (N/m2)		95.74	3.37
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	19151.15	10221.92	0.00
Frctn Loss (m)	0.23	Cum Volume (1000 m3)	7.16	44.88	8.36
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	6.33	10.86	14.87

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 30

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 218

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.33	2	19.31	4	19.41	6	19.42	8	19.47
10	19.5	12	19.54	14	19.63	16	19.69	18	19.66
20	19.69	22	19.71	24	19.74	26	19.78	28	19.7
30	19.77	32	19.74	34	19.72	36	19.69	38	19.66
40	19.68	42	19.71	44	19.7	46	19.68	48	19.71
50	19.65	52	19.64	54	19.67	56	19.66	58	19.66
60	19.59	62	19.56	64	19.56	66	19.52	68	19.55

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 60 di 66

70	19.54	72	19.53	74	19.55	76	19.44	78	19.48
80	19.42	82	19.41	84	19.4	86	19.37	88	19.29
90	19.25	92	19.17	94	19.12	96	19.11	98	18.99
100	18.93	102	18.86	104	18.86	106	18.96	108	19.09
110	19.05	112	19.02	114	19.03	116	19.22	118	19.34
120	19.29	122	19.27	124	19.29	126	19.36	128	19.4
130	19.41	132	19.44	134	19.44	136	19.48	138	19.46
140	19.43	142	19.45	144	19.43	146	19.37	148	19.31
150	19.3	152	19.23	154	19.23	156	19.29	158	19.21
160	19.13	162	19.1	164	19.06	166	19.04	168	19.01
170	18.97	172	18.87	174	19.03	176	18.85	178	18.63
180	18.74	182	18.81	184	19.88	186	20.59	187	20.57
188	20.57	189	20.49	190	19.97	191	19.15	192	18.19
193	16.74	194	15.75	195	15.14	196	14.64	197	14.24
198	14.03	199	14.01	200	14.09	201	14.08	202	14.1
203	14.14	204	14.16	205	14.17	206	14.17	207	14.16
208	14.21	209	14.63	210	15.07	211	15.44	212	16.15
213	16.99	214	17.81	215	18.49	216	18.82	217	18.96
218	18.94	220	18.99	222	19.05	224	19.03	226	19.11
228	19.23	230	19.24	232	19.33	234	19.4	236	19.5
238	19.64	240	19.8	242	19.97	244	20.11	246	20.34
248	20.42	250	20.54	252	20.74	254	20.83	256	20.96
258	21.09	260	21.14	262	21.27	264	21.33	266	21.4
268	21.52	270	21.64	272	21.88	274	21.85	276	22
278	21.95	279	22.1	281	22.19	283	22.23	285	22.23
287	22.24	289	22.25	291	22.18	293	22.24	295	22.23
297	22.2	299	22.26	301	22.34	303	22.42	305	22.42
307	22.37	309	22.36	311	22.36	313	22.37	315	22.45
317	22.48	319	22.5	321	22.45	323	22.38	325	22.34
327	22.3	329	22.38	331	22.45	333	22.49	335	22.56
337	22.57	339	22.54	341	22.6	343	22.58	345	22.63
347	22.62	349	22.6	351	22.7	353	22.69	355	22.71
357	22.74	359	22.78	361	22.79	363	22.82	365	22.77
367	22.8	369	22.86	371	22.93	373	23	375	22.98
377	23.04	379	23.05	381	23.22	383	23.27	385	23.41
387	23.51	389	23.46	391	23.44	393	23.32	395	23.17
397	23.05	399	22.96	400	22.89				

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 189 .035 217 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
189 217 87.45 87.45 87.45 .1 .3
Left Levee Station= 187 Elevation= 20.57

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	20.68	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.70	Wt. n-Val.		0.035	0.055
W.S. Elev (m)	19.99	Reach Len. (m)	87.45	87.45	87.45
Crit W.S. (m)	18.48	Flow Area (m2)		117.57	17.14
E.G. Slope (m/m)	0.002867	Area (m2)		117.57	17.14
Q Total (m3/s)	454.00	Flow (m3/s)		441.11	12.89
Top Width (m)	52.25	Top Width (m)		27.03	25.22
Vel Total (m/s)	3.37	Avg. Vel. (m/s)		3.75	0.75
Max Chl Dpth (m)	5.98	Hydr. Depth (m)		4.35	0.68
Conv. Total (m3/s)	8478.5	Conv. (m3/s)		8237.9	240.7
Length Wtd. (m)	87.45	Wetted Per. (m)		30.62	25.26
Min Ch El (m)	14.01	Shear (N/m2)		107.98	19.08
Alpha	1.21	Stream Power (N/m s)	19151.15	8953.16	0.00
Frctn Loss (m)	0.27	Cum Volume (1000 m3)	7.16	34.49	7.58
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	6.33	8.36	13.33

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 25.*

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 61 di 66	Rev. 1

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 413									
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	20.355	1.91	20.381	2.099	20.39	3.82	20.447	4.198	20.451
5.73	20.451	6.297	20.457	7.64	20.465	8.395	20.466	9.55	20.472
10.494	20.48	11.46	20.469	12.593	20.472	13.37	20.499	14.692	20.536
15.28	20.538	16.791	20.508	17.19	20.508	18.89	20.533	19.101	20.532
20.988	20.515	21.011	20.515	22.921	20.53	23.087	20.532	24.831	20.533
25.186	20.523	26.741	20.468	27.285	20.47	28.651	20.459	29.384	20.434
30.561	20.473	31.483	20.505	32.471	20.599	33.581	20.701	34.381	20.682
35.68	20.65	36.291	20.654	37.779	20.683	38.201	20.676	39.878	20.653
40.111	20.653	41.977	20.63	42.021	20.631	43.931	20.643	44.076	20.646
45.841	20.664	46.174	20.66	47.751	20.68	48.273	20.694	49.661	20.66
50.372	20.651	51.571	20.66	52.471	20.658	53.481	20.667	54.57	20.68
55.392	20.645	56.669	20.567	57.302	20.558	58.767	20.553	59.212	20.55
60.866	20.55	61.122	20.546	62.965	20.501	63.032	20.499	64.942	20.477
65.064	20.475	66.852	20.398	67.163	20.384	68.762	20.353	69.262	20.348
70.672	20.368	71.36	20.355	72.582	20.387	73.459	20.444	74.492	20.421
75.558	20.368	76.402	20.355	77.657	20.352	78.312	20.35	79.756	20.346
80.222	20.331	81.855	20.267	82.132	20.258	83.953	20.177	84.042	20.173
85.952	20.103	86.052	20.098	87.862	20.013	88.151	20.001	89.772	19.941
90.25	19.929	91.683	19.857	92.349	19.804	93.593	19.712	94.448	19.662
95.503	19.56	96.547	19.456	97.413	19.415	98.645	19.38	99.323	19.356
100.744	19.342	101.233	19.339	102.843	19.34	103.143	19.332	104.942	19.206
105.053	19.204	106.963	19.166	107.041	19.165	108.873	19.087	109.14	19.088
110.783	19.147	111.238	19.154	112.693	19.141	113.337	19.107	114.603	19.063
115.436	19.041	116.513	19.025	117.535	19.02	118.423	19.01	119.634	19.012
120.333	19.008	121.733	18.99	122.243	18.982	123.831	18.944	124.153	18.938
125.93	18.914	126.063	18.913	127.974	18.881	128.029	18.881	129.884	18.896
130.128	18.894	131.794	18.869	132.227	18.862	133.704	18.829	134.326	18.823
135.614	18.827	136.424	18.821	137.524	18.794	138.523	18.759	139.434	18.738
140.622	18.711	141.344	18.697	142.721	18.686	143.254	18.684	144.82	18.651
145.164	18.643	146.919	18.63	147.074	18.629	148.984	18.645	149.017	18.644
150.894	18.592	151.116	18.585	152.804	18.578	153.215	18.582	154.714	18.577
155.314	18.574	156.624	18.557	157.413	18.551	158.534	18.585	159.512	18.612
160.444	18.663	161.61	18.723	162.354	18.722	163.709	18.7	164.265	18.709
165.808	18.84	166.175	18.876	167.907	18.893	168.085	18.895	169.995	18.889
170.006	18.89	171.905	19.04	172.105	19.054	173.815	19.158	174.203	19.284
175.725	19.717	176.302	19.827	177.635	20.138	178.401	20.167	178.59	20.167
179.545	20.176	180.5	20.145	181.25	19.685	182	19.24	182.75	18.695
183.5	18.145	184.25	17.59	185	17.15	185.75	16.562	186.5	16.07
187.25	15.697	188	15.325	188.75	15.042	189.5	14.75	190.25	14.44
191	14.205	191.75	14.08	192.5	13.97	193.25	13.913	194	13.86
194.75	13.855	195.5	13.845	196.25	13.887	197	13.885	197.75	13.895
198.5	13.915	199.25	13.925	200	13.93	200.75	13.958	201.5	13.98
202.25	14.222	203	14.65	203.75	15.167	204.5	15.65	205.25	16.355
206	17.125	206.75	17.87	207.5	18.545	208.25	18.745	209	18.85
210.044	18.837	210.92	18.845	212.131	18.885	212.839	18.91	214.219	18.934
214.759	18.932	216.306	18.953	216.678	18.967	218.393	19	218.598	19.006
220.481	19.055	220.518	19.055	222.437	19.07	222.568	19.072	224.357	19.134
224.656	19.144	226.276	19.192	226.743	19.207	227.236	19.227	228.831	19.273
229.156	19.286	230.918	19.395	231.075	19.406	232.995	19.47	233.005	19.47
234.915	19.533	235.093	19.538	236.834	19.578	237.18	19.585	238.754	19.652
239.268	19.677	240.673	19.697	241.355	19.714	242.593	19.756	243.443	19.793
244.513	19.861	245.53	19.907	246.432	19.924	247.617	19.969	248.352	20.003
249.705	20.091	250.271	20.128	251.792	20.199	252.191	20.21	253.88	20.256
254.111	20.267	255.967	20.378	256.03	20.381	257.95	20.463	258.055	20.47
259.869	20.585	260.142	20.602	261.789	20.722	262.229	20.764	263.709	20.903
264.317	20.955	265.628	21.105	266.404	21.184	267.548	21.227	268.492	21.25
269.467	21.315	270.579	21.416	271.387	21.45	272.667	21.482	273.307	21.551
273.71	21.596	275.226	21.688	275.798	21.709	277.146	21.743	277.885	21.771
279.065	21.805	279.973	21.822	280.985	21.842	282.06	21.859	282.905	21.872
283.864	21.874	284.148	21.879	285.784	21.873	286.235	21.864	287.704	21.881
288.322	21.89	289.623	21.887	290.41	21.881	291.543	21.867	292.497	21.85
293.462	21.854	294.585	21.882	295.382	21.905	296.672	21.91	297.302	21.912
298.76	21.944	299.221	21.945	300.847	21.937	301.141	21.931	302.934	21.919
303.06	21.92	304.98	21.9	305.022	21.901	306.899	21.93	307.109	21.931
308.819	21.939	309.197	21.945	310.739	21.995	311.284	22.004	312.658	22.01
313.372	22.015	314.578	22.021	315.459	22.025	316.497	22.013	317.546	22.014
318.417	22.01	319.634	22.009	320.337	22.013	321.721	22.05	322.256	22.065

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 62 di 66

323.809	22.022	324.176	22.022	325.896	22.1	326.095	22.108	327.984	22.101
328.015	22.1	329.935	22.114	330.071	22.115	331.854	22.15	332.158	22.155
333.774	22.159	334.246	22.156	335.693	22.135	336.333	22.127	337.613	22.138
338.421	22.152	339.533	22.15	340.508	22.132	341.452	22.131	342.596	22.142
343.372	22.138	344.683	22.138	345.291	22.137	346.771	22.115	347.211	22.121
348.858	22.156	349.131	22.154	350.945	22.15	351.05	22.151	352.97	22.135
353.033	22.135	354.889	22.138	355.12	22.142	356.809	22.171	357.208	22.164
358.729	22.124	359.295	22.125	360.648	22.135	361.383	22.136	362.568	22.116
363.47	22.112	364.487	22.127	365.557	22.149	366.407	22.172	367.645	22.193
368.327	22.206	369.732	22.23	370.246	22.239	371.82	22.257	372.166	22.253
373.907	22.227	374.085	22.228	375.995	22.27	376.005	22.27	377.925	22.28
378.082	22.273	379.844	22.272	380.169	22.256	381.764	22.134	382.257	22.17
383.683	22.303	384.344	22.361	385.603	22.46	386.432	22.495	387.523	22.502
388.519	22.503	389.442	22.511	390.607	22.517	391.362	22.503	392.694	22.427
393.281	22.389	394.781	22.335	395.201	22.323	396.869	22.266	397.121	22.26
398.956	22.182	399.04	22.177	400	22.15				

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 180.5 .035 209 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
180.5 209 87.45 87.45 87.45 .1 .3
Left Levee Station= 179 Elevation= 20.285

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	20.40	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.78	Wt. n-Val.		0.035	0.055
W.S. Elev (m)	19.63	Reach Len. (m)	87.45	87.45	87.45
Crit W.S. (m)	18.35	Flow Area (m2)		113.14	13.43
E.G. Slope (m/m)	0.003357	Area (m2)		113.14	13.43
Q Total (m3/s)	454.00	Flow (m3/s)		445.57	8.43
Top Width (m)	56.85	Top Width (m)		27.65	29.20
Vel Total (m/s)	3.59	Avg. Vel. (m/s)		3.94	0.63
Max Chl Dpth (m)	5.78	Hydr. Depth (m)		4.09	0.46
Conv. Total (m3/s)	7835.5	Conv. (m3/s)		7690.0	145.5
Length Wtd. (m)	87.45	Wetted Per. (m)		30.83	29.21
Min Ch El (m)	13.84	Shear (N/m2)		120.80	15.14
Alpha	1.18	Stream Power (N/m s)	19151.15	8570.14	0.00
Frctn Loss (m)	0.29	Cum Volume (1000 m3)	7.16	24.41	6.24
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	6.33	5.97	10.95

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 20

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 217

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	21.38	2	21.46	4	21.49	6	21.48	8	21.45
10	21.44	12	21.35	14	21.4	16	21.35	18	21.38
20	21.32	22	21.32	24	21.28	26	21.22	28	21.11
30	21.28	32	21.7	34	21.63	36	21.69	38	21.6
40	21.56	42	21.61	44	21.62	46	21.74	48	21.65
50	21.65	52	21.7	54	21.52	56	21.54	58	21.54
60	21.48	62	21.4	64	21.23	66	21.16	68	21.2
70	21.43	72	21.29	74	21.29	76	21.29	78	21.16
80	21.06	82	20.95	84	20.84	86	20.74	88	20.54
90	20.36	92	20.02	94	19.9	96	19.75	98	19.61
100	19.36	102	19.31	104	19.12	106	19.06	108	18.89
110	18.8	112	18.76	114	18.69	116	18.59	118	18.48
120	18.39	122	18.32	124	18.31	126	18.27	128	18.21
130	18.2	132	18.12	134	18.09	136	18.07	138	18.06
140	18.03	142	18	144	17.97	146	18.04	148	18.06
150	18.05	152	18.2	154	18.46	156	18.5	158	18.68
160	18.92	162	19.15	164	19.36	166	19.54	168	19.56
170	19.76	172	19.8	173	19.14	174	18.51	175	17.83

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 63 di 66

176	17.14	177	16.51	178	16.11	179	15.66	180	15.4
181	15.15	182	14.9	183	14.64	184	14.36	185	13.99
186	13.77	187	13.72	188	13.7	189	13.69	190	13.69
191	13.69	192	13.68	193	13.69	194	13.69	195	13.69
196	13.8	197	14.67	198	15.86	199	17.26	200	18.6
201	18.74	203	18.73	205	18.81	207	18.82	209	18.89
211	18.89	213	18.88	215	18.9	217	18.95	219	19
220	19.03	222	19.05	224	19.16	226	19.14	228	19.11
230	19.07	232	19.02	234	19	236	19.02	238	19.08
240	19.07	242	19.13	244	19.26	246	19.32	248	19.38
250	19.49	252	19.6	254	19.78	256	19.95	258	20.2
260	20.42	262	20.59	264	20.71	266	20.92	268	21.06
270	21.21	272	21.27	274	21.38	276	21.45	278	21.5
279	21.5	281	21.55	283	21.54	285	21.54	287	21.52
289	21.48	291	21.52	293	21.46	295	21.47	297	21.45
299	21.47	301	21.44	303	21.5	305	21.51	307	21.56
309	21.55	311	21.55	313	21.55	315	21.6	317	21.66
319	21.8	321	21.73	323	21.83	325	21.75	327	21.74
329	21.75	331	21.75	333	21.72	335	21.7	337	21.71
339	21.66	341	21.65	343	21.66	345	21.62	347	21.61
349	21.61	351	21.56	353	21.54	355	21.57	357	21.46
359	21.46	361	21.44	363	21.47	365	21.52	367	21.53
369	21.53	371	21.51	373	21.47	375	21.5	377	21.51
379	21.35	381	21.01	383	21.24	385	21.45	387	21.52
389	21.57	391	21.61	393	21.5	395	21.5	397	21.48
399	21.4	400	21.41						

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 172 .035 201 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
172 201 59 59 59 .1 .3
Left Levee Station= 171 Elevation= 19.8

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	20.10	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.74	Wt. n-Val.		0.035	0.055
W.S. Elev (m)	19.37	Reach Len. (m)	59.00	59.00	59.00
Crit W.S. (m)	18.04	Flow Area (m2)		115.96	16.47
E.G. Slope (m/m)	0.003237	Area (m2)		115.96	16.47
Q Total (m3/s)	454.00	Flow (m3/s)		445.48	8.52
Top Width (m)	74.89	Top Width (m)		28.34	46.55
Vel Total (m/s)	3.43	Avg. Vel. (m/s)		3.84	0.52
Max Chl Dpth (m)	5.69	Hydr. Depth (m)		4.09	0.35
Conv. Total (m3/s)	7979.7	Conv. (m3/s)		7830.0	149.7
Length Wtd. (m)	59.00	Wetted Per. (m)		31.92	46.57
Min Ch El (m)	13.68	Shear (N/m2)		115.32	11.23
Alpha	1.23	Stream Power (N/m s)	19151.15	8187.12	0.00
Frctn Loss (m)	0.14	Cum Volume (1000 m3)	7.16	14.39	4.93
C & E Loss (m)	0.11	Cum SA (1000 m2)	6.33	3.52	7.63

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 15.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 432										
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev										
0 21.27 1.895 21.323 2.117 21.327 3.791 21.34 4.234 21.339										
5.686 21.332 6.351 21.325 7.581 21.298 8.468 21.283 9.477 21.292										
10.584 21.279 11.372 21.26 12.701 21.278 13.267 21.309 14.818 21.355										
15.163 21.344 16.935 21.329 17.058 21.325 18.953 21.224 19.052 21.22										
20.849 21.224 21.169 21.222 22.744 21.201 23.286 21.191 24.64 21.18										
25.403 21.163 26.535 21.106 27.519 21.129 28.43 21.157 29.636 21.274										
30.326 21.383 31.753 21.424 32.221 21.413 33.87 21.431 34.116 21.434										
35.987 21.386 36.012 21.385 37.907 21.356 38.104 21.358 39.802 21.348										

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 64 di 66	Rev. 1

40.221	21.341	41.698	21.324	42.338	21.335	43.593	21.357	44.455	21.325
45.488	21.307	46.571	21.315	47.384	21.302	48.688	21.297	49.279	21.319
50.805	21.283	51.174	21.271	52.922	21.309	53.07	21.31	54.965	21.315
55.039	21.314	56.86	21.281	57.156	21.274	58.756	21.244	59.273	21.222
60.651	21.14	61.39	21.116	62.547	21.084	63.506	21.085	64.442	21.08
65.623	21.132	66.337	21.175	67.74	21.123	68.233	21.1	69.857	21.085
70.128	21.077	71.974	21.025	72.023	21.024	73.919	20.928	74.091	20.92
75.814	20.794	76.208	20.764	77.709	20.667	78.325	20.627	79.605	20.557
80.442	20.513	81.5	20.44	82.558	20.339	83.395	20.253	84.675	20.129
85.291	20.065	86.792	19.845	87.186	19.793	88.909	19.665	89.081	19.65
90.977	19.468	91.026	19.463	92.872	19.295	93.143	19.262	94.767	19.105
95.26	19.084	96.663	19.012	97.377	18.949	98.558	18.834	99.494	18.775
100.453	18.74	101.61	18.663	102.349	18.616	103.727	18.557	104.244	18.55
105.844	18.548	106.14	18.535	107.961	18.441	108.035	18.439	109.93	18.367
110.078	18.361	111.826	18.298	112.195	18.286	113.721	18.228	114.312	18.209
115.616	18.176	116.429	18.168	117.512	18.168	118.545	18.159	119.407	18.142
120.662	18.11	121.302	18.095	122.779	18.081	123.198	18.082	124.896	18.054
125.093	18.047	126.988	18	127.013	18	128.884	17.95	129.13	17.944
130.779	17.928	131.247	17.921	132.674	17.91	133.364	17.905	134.57	17.884
135.481	17.868	136.465	17.86	137.597	17.881	138.36	17.89	139.714	17.887
140.256	17.871	141.831	17.811	142.151	17.821	143.948	17.956	144.047	17.962
145.942	18.128	146.065	18.131	147.837	18.154	148.182	18.171	149.733	18.315
150.299	18.376	151.628	18.507	152.416	18.583	153.523	18.715	154.532	18.831
155.419	18.922	156.649	19.038	157.314	19.09	158.766	19.143	159.209	19.149
159.825	19.187	160.883	19.273	161.105	19.266	161.942	19.204	163	19.145
163.95	18.729	164.056	18.685	164.9	18.341	165.111	18.249	165.85	17.869
166.167	17.705	166.8	17.319	167.222	17.075	167.75	16.778	168.278	16.544
168.7	16.361	169.333	16.07	169.65	15.885	170.389	15.529	170.6	15.442
171.444	15.099	171.55	15.062	172.5	14.725	173.45	14.248	173.556	14.194
174.4	14.026	174.611	13.974	175.35	13.809	175.667	13.763	176.3	13.69
176.722	13.679	177.25	13.657	177.778	13.644	178.2	13.636	178.833	13.627
179.15	13.622	179.889	13.615	180.1	13.613	180.944	13.605	181.05	13.604
182	13.595	182.846	13.633	183.222	13.657	183.692	13.685	184.444	13.721
184.538	13.725	185.385	13.74	185.667	13.832	186.231	14.04	186.889	14.346
187.077	14.492	187.923	15.143	188.111	15.269	188.769	15.795	189.333	16.217
189.615	16.452	190.462	17.311	190.556	17.397	191.308	18.067	191.778	18.369
192.154	18.427	193	18.515	193.963	18.518	194.926	18.53	195.08	18.532
195.888	18.556	197.161	18.573	197.814	18.572	199.241	18.59	199.74	18.603
200.702	18.64	201.322	18.645	202.628	18.635	203.402	18.639	204.553	18.642
205.482	18.647	206.479	18.66	207.563	18.662	208.405	18.67	209.643	18.708
210.33	18.728	211.724	18.709	212.256	18.703	212.764	18.717	214.181	18.742
214.844	18.759	216.107	18.818	216.925	18.844	218.033	18.845	219.005	18.85
219.958	18.853	221.085	18.845	221.884	18.837	223.166	18.815	223.809	18.802
225.246	18.778	225.735	18.773	226.698	18.773	227.327	18.77	228.623	18.776
229.407	18.788	230.549	18.816	231.487	18.842	232.474	18.853	233.568	18.841
234.4	18.847	235.648	18.888	236.326	18.921	237.729	18.961	238.251	18.968
239.809	19.002	240.177	19.01	241.889	19.062	242.102	19.071	243.97	19.105
244.028	19.107	245.953	19.167	246.05	19.169	247.879	19.229	248.131	19.24
249.805	19.308	250.211	19.323	251.73	19.406	252.291	19.447	253.656	19.537
254.372	19.594	255.581	19.674	256.452	19.699	257.507	19.715	258.533	19.74
259.433	19.78	260.613	19.84	261.358	19.865	262.693	19.92	263.284	19.946
264.774	20.008	265.209	20.016	266.854	20.031	267.135	20.037	268.935	20.113
269.06	20.117	270.986	20.12	271.015	20.119	272.912	20.108	273.095	20.11
274.136	20.11	274.837	20.118	276.216	20.174	276.763	20.189	278.296	20.197
278.688	20.2	280.377	20.336	280.614	20.354	282.457	20.493	282.54	20.499
283.502	20.505	284.538	20.425	285.428	20.374	286.618	20.348	287.353	20.314
288.698	20.148	289.279	20.086	290.779	19.958	291.205	19.918	292.859	19.919
293.13	19.921	294.94	19.963	295.056	19.964	296.981	19.925	297.02	19.925
298.907	19.952	299.101	19.952	300.833	19.929	301.181	19.925	302.758	19.924
303.261	19.933	304.684	19.937	305.342	19.938	306.609	19.945	307.422	19.947
308.535	19.95	309.503	19.945	310.46	19.952	311.583	19.959	312.386	19.967
313.663	19.988	314.312	20.012	315.744	20.064	316.237	20.057	317.824	20.026
318.163	20.033	319.905	20.089	320.088	20.086	321.985	20.035	322.014	20.035
323.94	20.035	324.065	20.037	325.865	20.064	326.146	20.066	327.791	20.07
328.226	20.079	329.716	20.099	330.307	20.104	331.642	20.119	332.387	20.123
333.567	20.138	334.467	20.163	335.493	20.178	336.548	20.162	337.419	20.158
338.628	20.221	339.344	20.262	340.709	20.286	341.27	20.29	342.789	20.326
343.195	20.339	344.869	20.413	345.121	20.425	346.95	20.491	347.047	20.494
348.972	20.531	349.03	20.532	350.898	20.596	351.111	20.608	352.823	20.722
353.191	20.739	354.749	20.759	355.271	20.765	356.674	20.82	357.352	20.859
358.6	20.924	359.432	20.948	360.526	20.993	361.513	21.046	362.451	21.101

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83073	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 65 di 66	Rev. 1

363.593	21.151	364.377	21.177	365.673	21.207	366.302	21.22	367.754	21.25
368.228	21.258	369.834	21.258	370.154	21.257	371.915	21.235	372.079	21.236
373.995	21.255	375.93	21.29	376.075	21.29	377.856	21.217	378.156	21.208
379.781	21.092	380.236	21.055	381.707	21.136	382.317	21.164	383.633	21.216
384.397	21.241	385.558	21.24	386.477	21.257	387.484	21.272	388.558	21.285
389.409	21.293	390.638	21.302	391.335	21.282	392.719	21.231	393.26	21.225
394.799	21.209	395.186	21.203	396.879	21.191	397.112	21.186	398.96	21.14
399.037	21.14	400	21.155						

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	163	.035	193	.055

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

163	193	59	59	.1	.3
-----	-----	----	----	----	----

Left Levee Station= 161.5 Elevation= 19.405

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	19.85	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.38	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	19.48	Reach Len. (m)	59.00	59.00	59.00
Crit W.S. (m)	18.02	Flow Area (m2)	77.23	123.12	37.75
E.G. Slope (m/m)	0.001879	Area (m2)	77.23	123.12	37.75
Q Total (m3/s)	454.00	Flow (m3/s)	63.46	368.64	21.90
Top Width (m)	161.85	Top Width (m)	72.11	30.00	59.74
Vel Total (m/s)	1.91	Avg. Vel. (m/s)	0.82	2.99	0.58
Max Chl Dpth (m)	5.88	Hydr. Depth (m)	1.07	4.10	0.63
Conv. Total (m3/s)	10472.7	Conv. (m3/s)	1463.8	8503.6	505.3
Length Wtd. (m)	59.00	Wetted Per. (m)	72.56	32.76	59.75
Min Ch El (m)	13.59	Shear (N/m2)	19.61	69.26	11.64
Alpha	2.03	Stream Power (N/m s)	19151.15	7732.28	0.00
Frctn Loss (m)	0.10	Cum Volume (1000 m3)	4.88	7.34	3.33
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	4.20	1.80	4.50

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 10

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 222

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	21.16	2	21.19	4	21.19	6	21.18	8	21.12
10	21.17	12	21.17	14	21.35	16	21.28	18	21.12
20	21.13	22	21.12	24	21.15	26	21.06	28	21
30	21.2	32	21.18	34	21.17	36	21.15	38	21.07
40	21.01	42	20.95	44	20.98	46	20.91	48	21.01
50	21.08	52	21.09	54	21.08	56	21.09	58	21.03
60	20.99	62	20.92	64	20.92	66	20.88	68	20.76
70	20.69	72	20.49	74	20.34	76	20.23	78	20.05
80	19.84	82	19.6	84	19.42	86	19.18	88	18.95
90	18.82	92	18.66	94	18.46	96	18.37	98	18.29
100	18.33	102	18.19	104	18.14	106	18.11	108	18.05
110	18.02	112	18.03	114	17.99	116	17.96	118	17.98
120	17.91	122	17.82	124	17.79	126	17.79	128	17.75
130	17.75	132	17.72	134	17.57	136	17.72	138	17.8
140	17.81	142	18	144	18.15	146	18.4	148	18.6
150	18.73	151	18.75	152	18.81	153	18.63	154	18.49
155	18.3	156	18.14	157	17.81	158	17.29	159	16.8
160	16.33	161	15.6	162	15.02	163	14.55	164	13.78
165	13.67	166	13.61	167	13.61	168	13.58	169	13.56
170	13.54	171	13.52	172	13.51	173	13.58	174	13.68
175	13.76	176	13.79	177	14.34	178	15.05	179	15.75
180	16.28	181	16.72	182	17.47	183	18.05	184	18.21
185	18.29	186	18.3	187	18.33	188	18.35	190	18.33
192	18.37	193	18.41	195	18.38	197	18.4	199	18.43
201	18.42	203	18.49	205	18.39	207	18.44	209	18.52

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83073
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 66 di 66

211	18.54	213	18.58	215	18.58	217	18.55	219	18.53
220	18.54	222	18.54	224	18.58	226	18.63	228	18.6
230	18.67	232	18.66	234	18.69	236	18.75	238	18.72
240	18.74	242	18.7	244	18.7	246	18.68	248	18.73
250	18.83	252	18.78	254	18.76	256	18.76	258	18.79
260	18.81	262	18.79	264	18.85	266	18.79	268	18.72
270	18.72	272	18.83	274	18.86	276	19.17	278	19.48
279	19.51	281	19.25	283	19.13	285	18.71	287	18.37
289	18.39	291	18.46	293	18.41	295	18.41	297	18.35
299	18.3	301	18.32	303	18.34	305	18.35	307	18.33
309	18.31	311	18.32	313	18.33	315	18.32	317	18.35
319	18.32	321	18.33	323	18.38	325	18.39	327	18.47
329	18.53	331	18.57	333	18.67	335	18.66	337	18.87
339	18.93	341	19.06	343	19.24	345	19.38	347	19.5
349	19.65	351	19.88	353	20.03	355	20.18	357	20.4
359	20.53	361	20.71	363	20.83	365	20.91	367	20.99
369	21.01	371	21	373	21.01	375	21.07	377	21.06
379	21.1	381	21.1	383	21.06	385	20.99	387	21
389	21	391	20.99	393	20.95	395	20.91	397	20.9
399	20.88	400	20.9						

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 154 .035 185 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
154 185 0 0 .1 .3
Left Levee Station= 152 Elevation= 18.81
Right Levee Station= 278 Elevation= 19.48

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	19.72	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.28	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	19.45	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	18.02	Flow Area (m2)	88.11	125.56	75.20
E.G. Slope (m/m)	0.001502	Area (m2)	88.11	125.56	75.20
Q Total (m3/s)	454.00	Flow (m3/s)	72.08	335.88	46.04
Top Width (m)	194.08	Top Width (m)	70.30	31.00	92.79
Vel Total (m/s)	1.57	Avg. Vel. (m/s)	0.82	2.68	0.61
Max Chl Dpth (m)	5.94	Hydr. Depth (m)	1.25	4.05	0.81
Conv. Total (m3/s)	11713.3	Conv. (m3/s)	1859.7	8665.7	1187.9
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	70.45	33.44	92.85
Min Ch El (m)	13.51	Shear (N/m2)	18.43	55.31	11.93
Alpha	2.20	Stream Power (N/m s)	19151.15	7277.44	13310.04
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			