

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 1 di 64

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

Attraversamento in subalveo del TORRENTE MENOCCHIA

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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 2 di 64	Rev. 0

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	9
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	12
4.1	Generalità	12
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	12
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	12
4.4	Regionalizzazione delle portate	14
4.4.1	<u>Premessa</u>	14
4.4.2	<u>Metodologia di Elaborazione - Sintesi</u>	14
4.4.3	<u>Risultati delle elaborazioni</u>	14
4.4.4	<u>Risultati riferiti al caso specifico</u>	15
4.5	Portata di progetto	16
4.6	Validazione dei risultati	16
5	STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	20
5.1	Presupposti e limiti dello studio	20
5.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	21
5.3	Risultati della simulazione idraulica	23
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	28
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	29
6.1	Generalità	29
6.2	Criteri di calcolo	30
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	32
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	33
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	34
7.1	Metodologia costruttiva: TOC	34
7.2	Configurazione geometrica di progetto	34
7.3	Considerazione inerenti alla geometria di trivellazione	35
7.4	Descrizione del sistema operativo TOC	35

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 3 di 64

8	VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA	41
8.1	Premessa	41
8.2	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	42
8.3	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	43
9	CONCLUSIONI	46
	APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - METODOLOGIA DI CALCOLO	47
	APPENDICE 2: STUDIO IDRAULICO - REPORT PROGRAMMA HEC RAS	52
	ANNESSO:	
•	Elaborato grafico di progetto: LB-B-83408	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 4 di 64	Rev. 0

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

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

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del torrente Menocchia nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua, in un ambito di confine tra i territori di Massignano e di Cupra Marittima.

In corrispondenza del sopraccitato 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 5 di 64

attraversamento, con particolare riferimento alla valutazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo;

- Descrizione delle scelte progettuali inerenti la metodologia costruttiva, la geometria della condotta in subalveo e le eventuali opere di presidio idraulico;
- Valutazioni inerenti la compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento, in riferimento ai criteri stabiliti nelle Norme di 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-83408**
TOC (Trivellazione orizzontale controllata) - TORRENTE MENOCCHIA

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.).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 6 di 64

Profondità d'interramento o Copertura della tubazione

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

Copertura minima

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

Pista di lavoro

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

Alveo

Sede del libero deflusso delle acque, delimitato da cigli di sponda e/o da pareti interne di tratti arginati. Comprende le aree morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, in quanto sedimi 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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 7 di 64

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto terminale del corso d'acqua (a circa 1,7 km dalla foce) e a circa 1 km a monte del ponte dell'autostrada A14, in un ambito di confine tra i territori di Massignano e di Cupra Marittima.

Al fine di consentire un inquadramento territoriale dell'ambito di attraversamento, qui di seguito si riporta una corografia in scala 1:25.000 (estratta dalle tavolette IGM), dove in particolare il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso, il metanodotto in fase di dismissione è indicato tramite una linea in verde e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu.

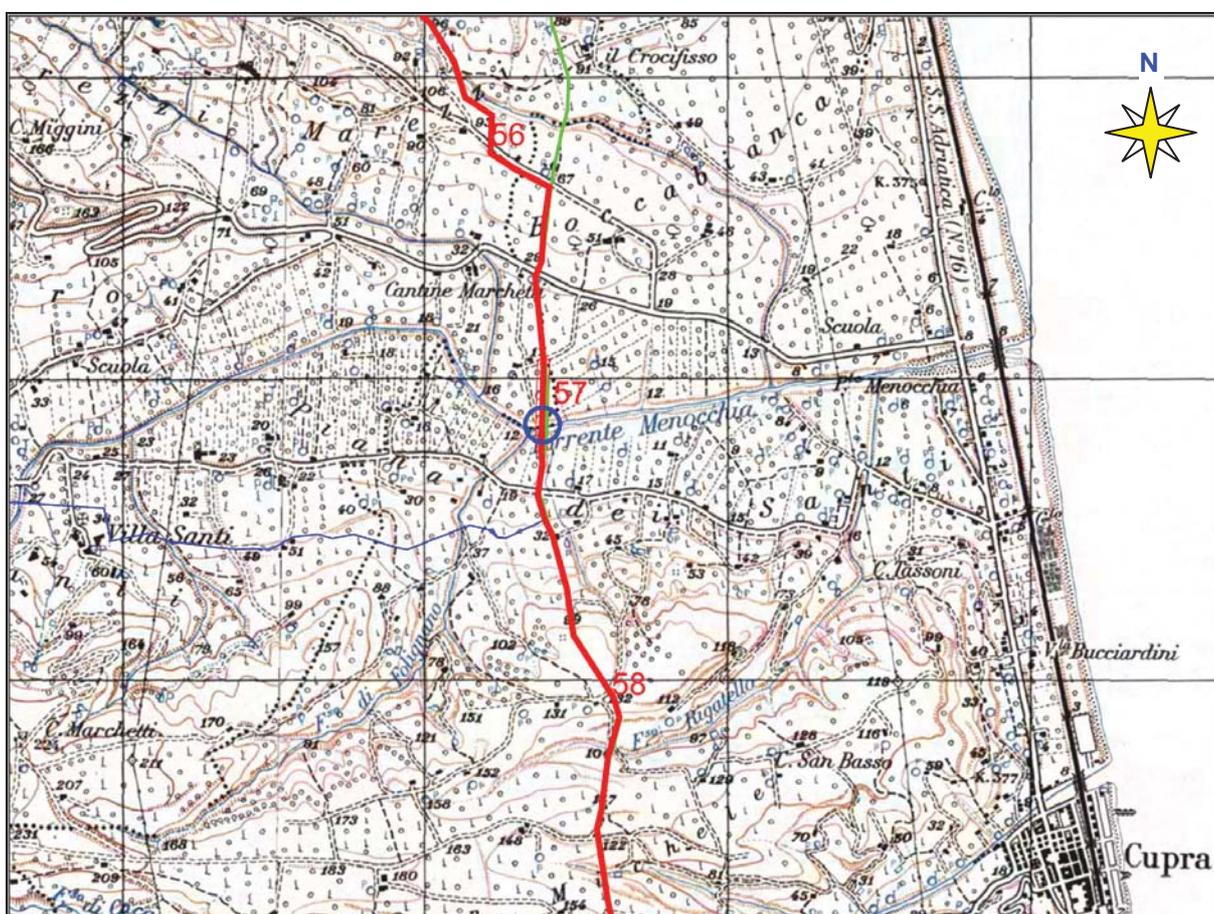


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

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

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

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua		
Coordinate Piane WGS84 - Fuso 33: Est /Nord	405306 m E	4765649 m N

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 8 di 64	Rev. 0

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (CTR in scala 1:10.000), dal quale si può individuare il tracciato del metanodotto in progetto (linea in rosso), il metanodotto in esercizio da dismettere (linea in verde), gli altri metanodotti in esercizio (linee in blu) e l'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame (cerchio in blu).

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.

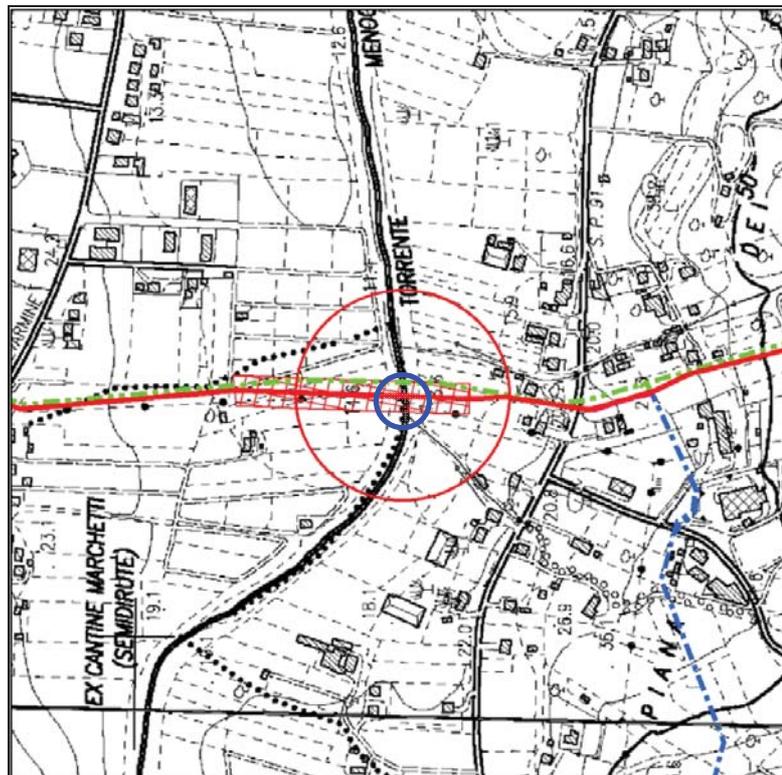


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 9 di 64

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il Torrente Menocchia rappresenta un corso d'acqua significativo, che è caratterizzato da un bacino imbrifero della superficie di circa 93 kmq.

Nasce da La Grottaccia (313 m), presso Montalto delle Marche, e sfocia nel Mare Adriatico, dopo un percorso dell'asta fluviale di circa 25.5 km, fra il Tesino e l'Aso a Ponte Menocchia, nel territorio di Cupra Marittima.

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

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color arancione), su una base cartografica costituita dalle tavolette IGM, con indicazione dell'asta del corso d'acqua. Nella stessa figura è anche riportato mediante un cerchio in rosso l'ambito d'interferenza in esame tra il metanodotto in progetto e l'alveo del corso d'acqua.

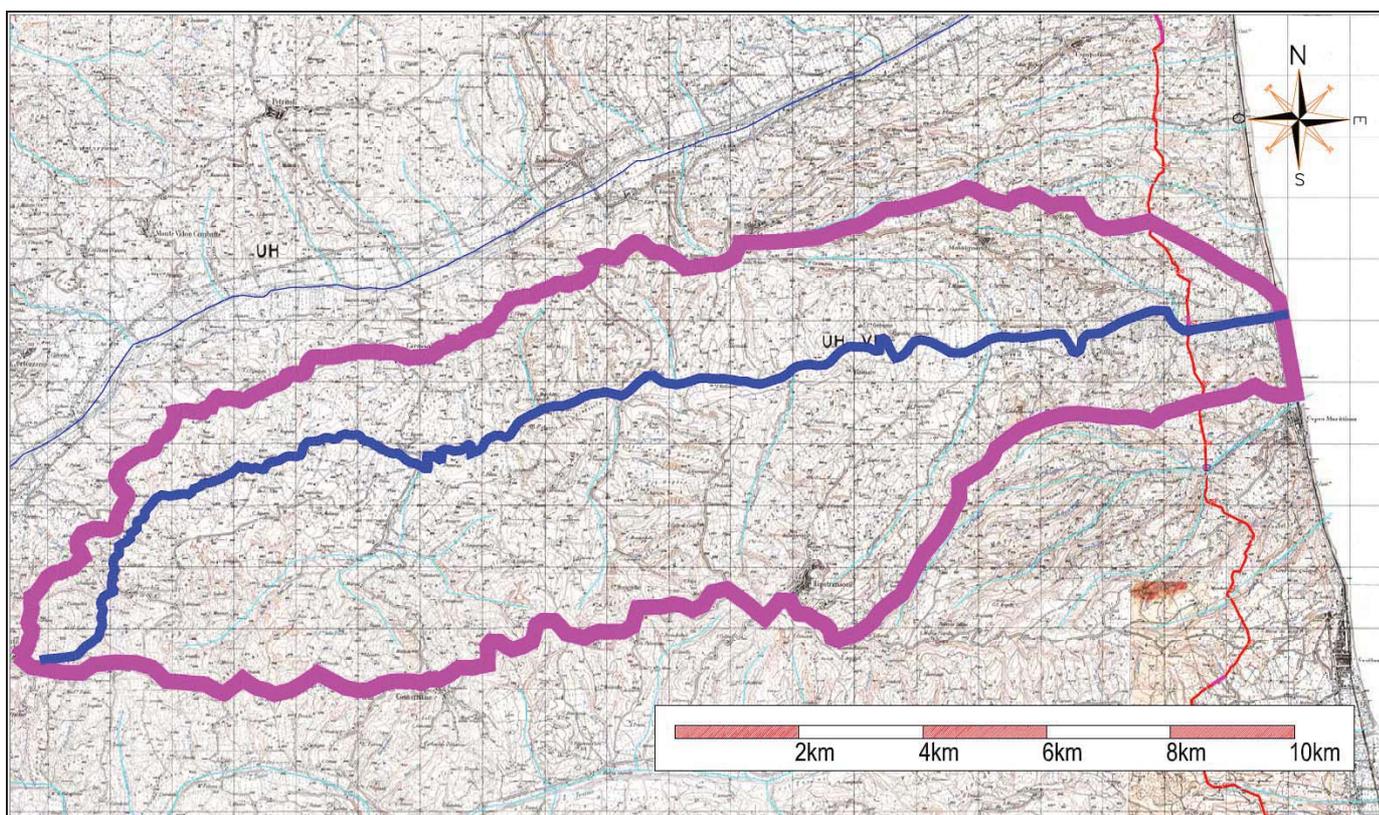


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione dell'ambito di studio

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.

L'ambito di attraversamento ricade immediatamente a valle di un'ansa del corso d'acqua, successivamente la quale il torrente si sviluppa con una direzione rettilinea sino alla foce.

L'alveo presenta una configurazione regolarizzata, con letto fluviale largo circa

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 10 di 64

10÷15 m, strette aree golenari e rilevati arginali che si elevano di circa 3÷3.5m dal piano di golena e dal piano campagna circostante.

Nell'intorno dell'attraversamento non sono state eseguite indagini geognostiche. Il sottosuolo è formato da ghiaie sabbiose appartenenti ai depositi alluvionali attuali e recenti.

Le sponde ed i rilevati arginali sono interessati da una folta vegetazione prevalentemente arbustiva (canneti). Nelle immediate vicinanze dell'area d'attraversamento non si rilevano segnali di smottamenti e/o di erosioni spondali.

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.

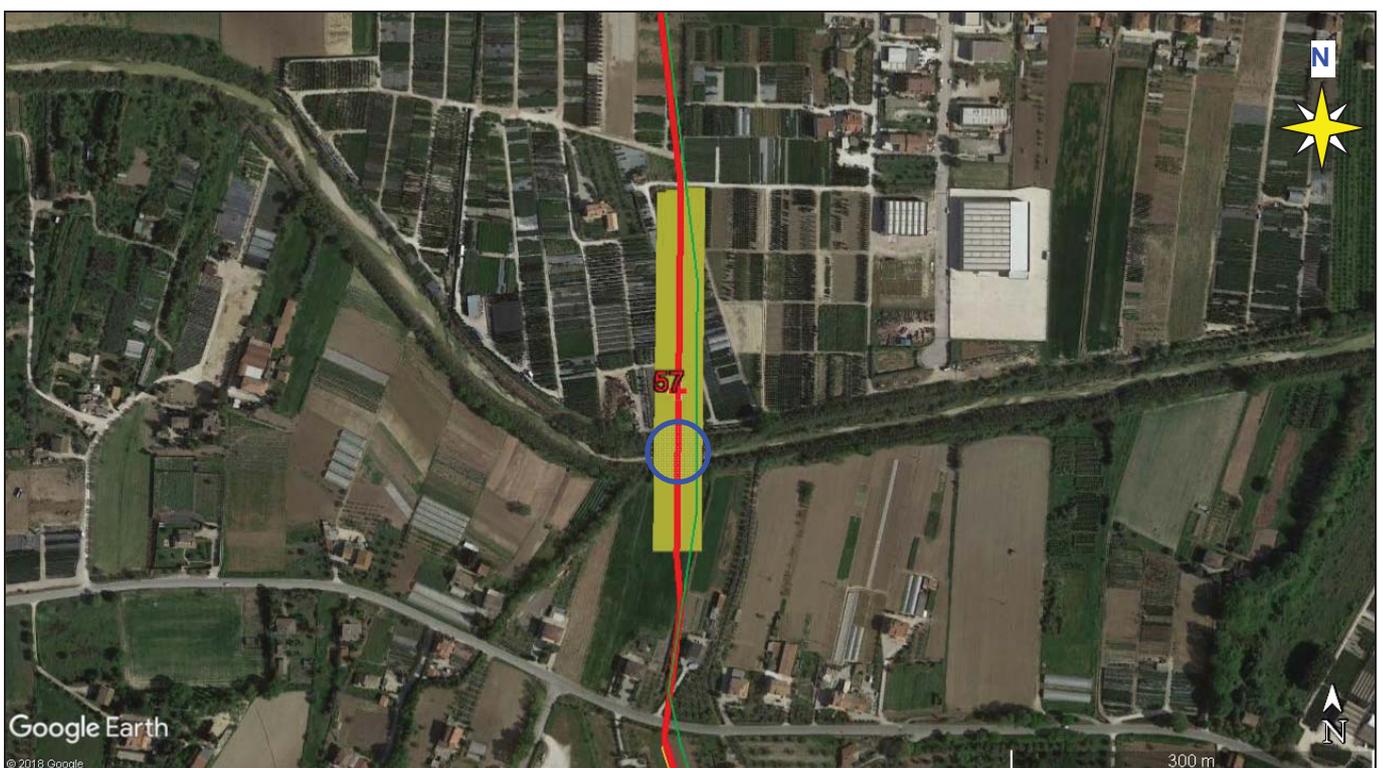


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da google earth)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 11 di 64

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. La linea in blu punto e tratto rappresenta invece un metanodotto in esercizio.



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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 12 di 64	Rev. 0

4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

4.1 Generalità

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

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

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

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

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

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

4.2 Considerazioni specifiche preliminari

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

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

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 1.7 km dalla foce nel Mar Adriatico).

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



PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83077	
PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 13 di 64	Rev. 0

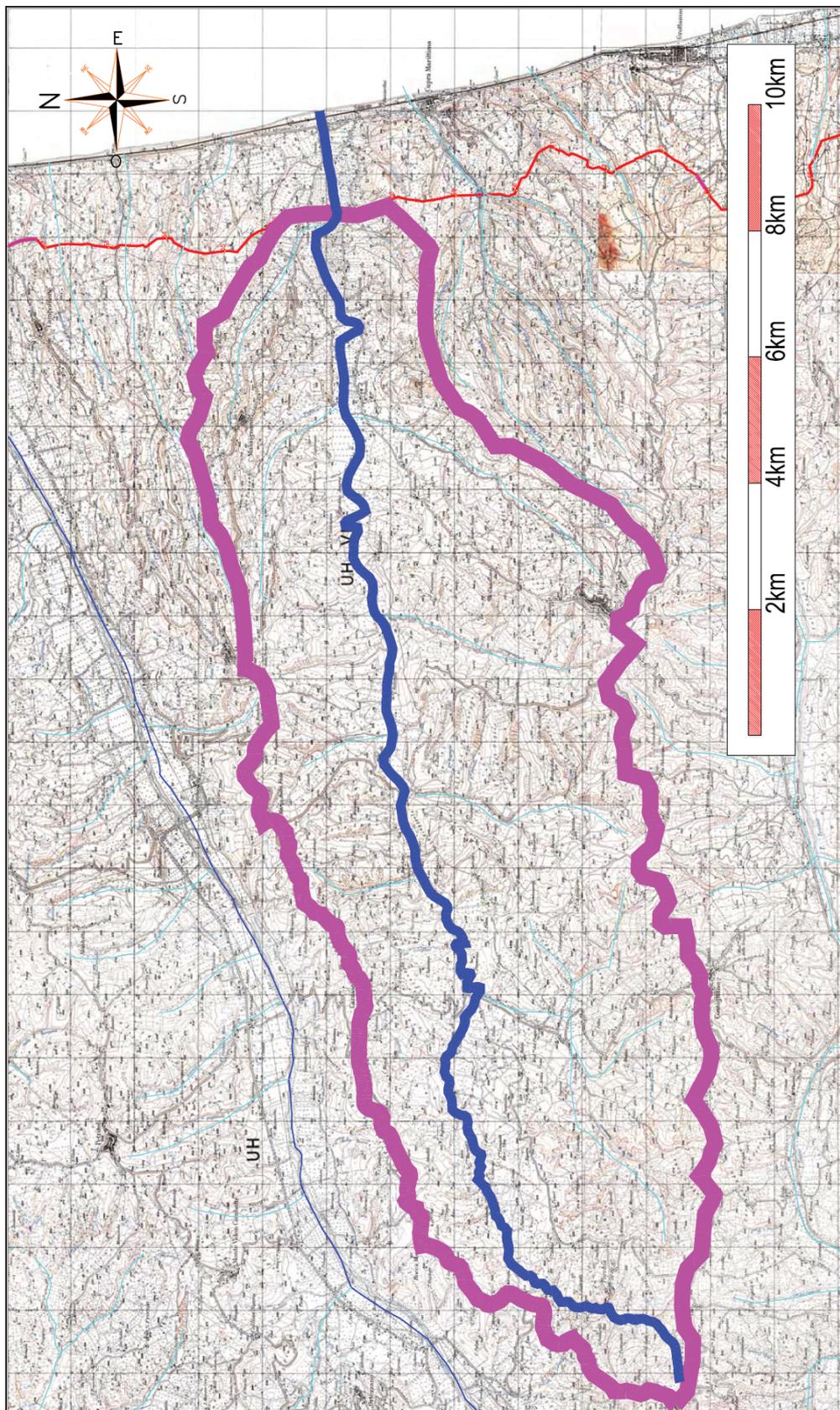


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 14 di 64	Rev. 0

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

Tab.4.3/A: Parametri morfometrici

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Lungh. asta principale (km)	Altitudine max Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
Torrente Menocchia / Sez. di studio	91	23.8	508	11

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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 15 di 64

In sintesi sono stati forniti i seguenti allegati:

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

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

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

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

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

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)
Torr. Menocchia/ Sez. di studio	43.038° / 13.838°	91	241	264	288	351

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 16 di 64

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)
T.Menocchia	Sez. di studio	91	288	3.16

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 del corso d'acqua in esame sono stati considerati vari sottobacini, secondo lo schema riportato nella figura seguente:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 17 di 64

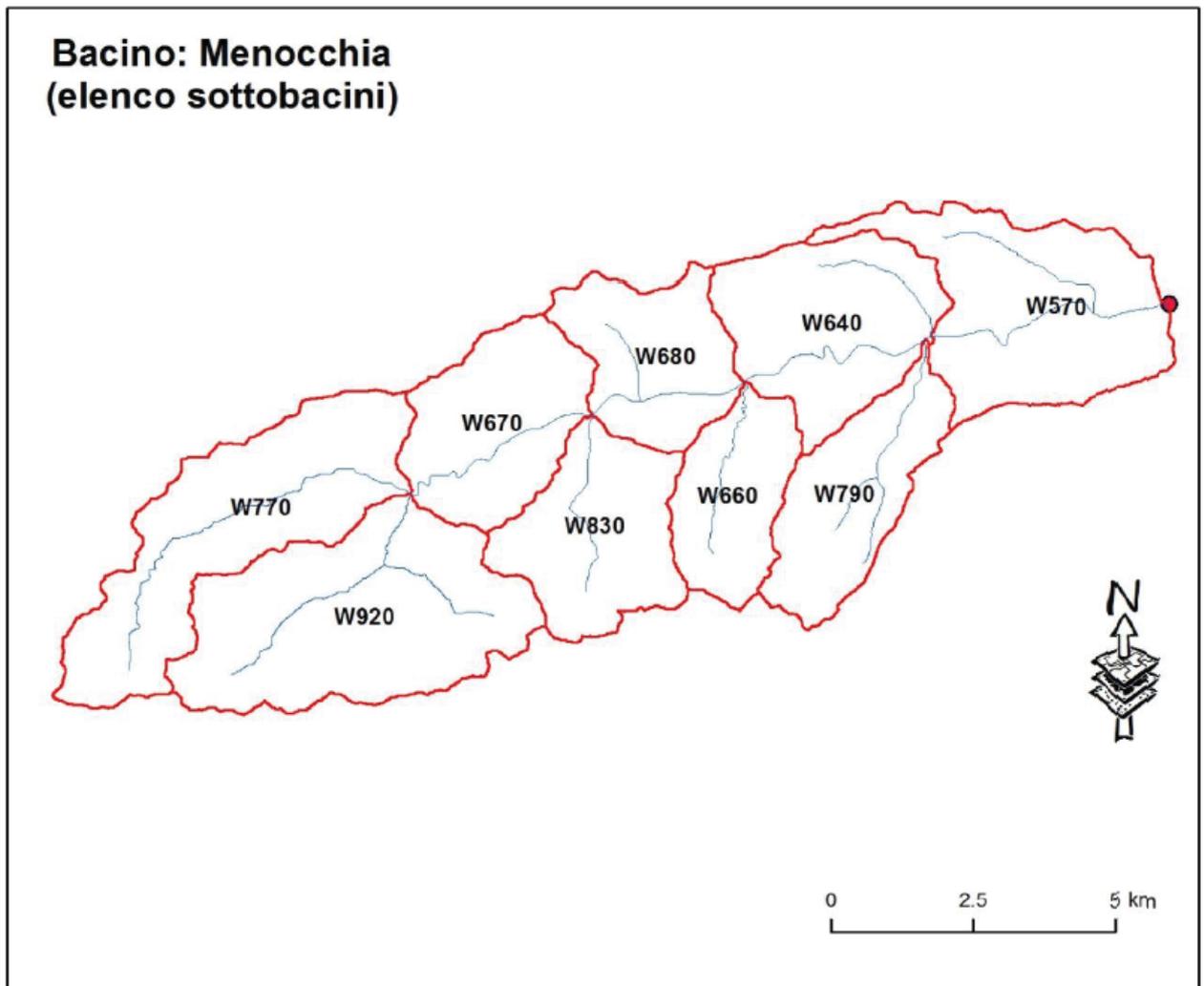


Fig.4.6/A: Studio Università di Camerino - Indicazione dei sottobacini

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.

L'ambito in esame ricade non lontano dalla foce e pertanto può essere considerata la junction (foce Menocchia - Outlet Menocchia), come confluenza di riferimento.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 19 di 64	Rev. 0

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

Subbasin Junction	Q_{max50} (HEC-HMS) (m ³ /s)	Q_{max100} (HEC-HMS) (m ³ /s)	Q_{max200} (HEC-HMS) (m ³ /s)
J108	21.8	26	30.2
J111	61.3	73	84.4
J114	42.5	50.6	58.6
J119	88.4	105.3	121.4
J124	14.5	17.4	20.3
J127	72	85.8	99.2
J132	88	104.8	120.9
J133	88	104.8	120.9
J136	88.3	105.2	121.3
J140	61.3	73	84.3
J143	42.4	50.4	58.4
J145	42.4	50.4	58.4
J148	21.8	25.9	30.2
J150	21.8	26	30.2
Outlet_Menocchia	100.8	120.3	139

Esaminando la tabella precedente, si evince che in corrispondenza della confluenza di riferimento "Outlet_Menocchia" si individuano valori di portata significativamente inferiori nei confronti di quelli valutati con il metodo della "Regionalizzazione" (si veda la Tab.4.4/A).

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-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 20 di 64	Rev. 0

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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 21 di 64

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 625m.

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.

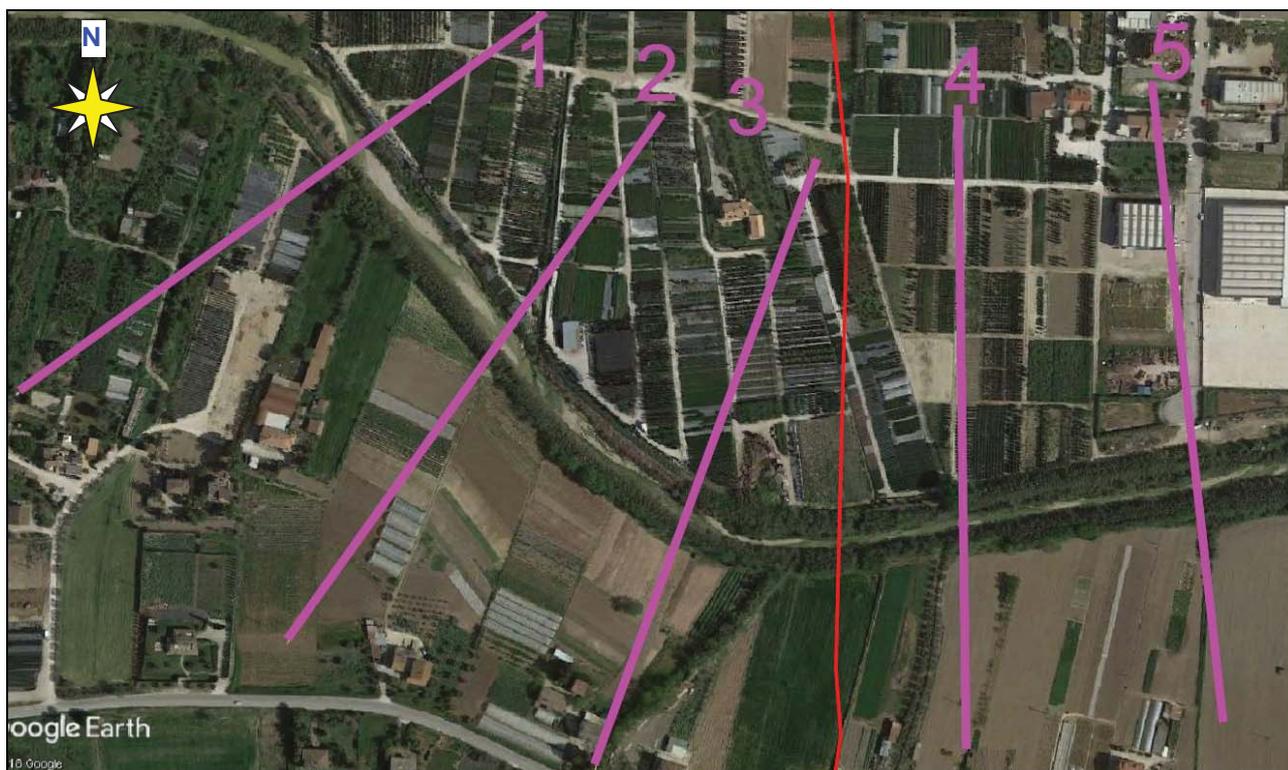


Fig.5.2/A: Foto aerea del tronco d'alveo analizzato e sezioni iniziali di input

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 22 di 64

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	147.71	Sezione di monte
RS40	Sez.2	147.71	156.80	
RS30	Sez.3	304.51	175.46	
RS20	Sez.4	479.97	145.39	
RS10	Sez.5	625.36	0.00	Sezione di valle

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

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

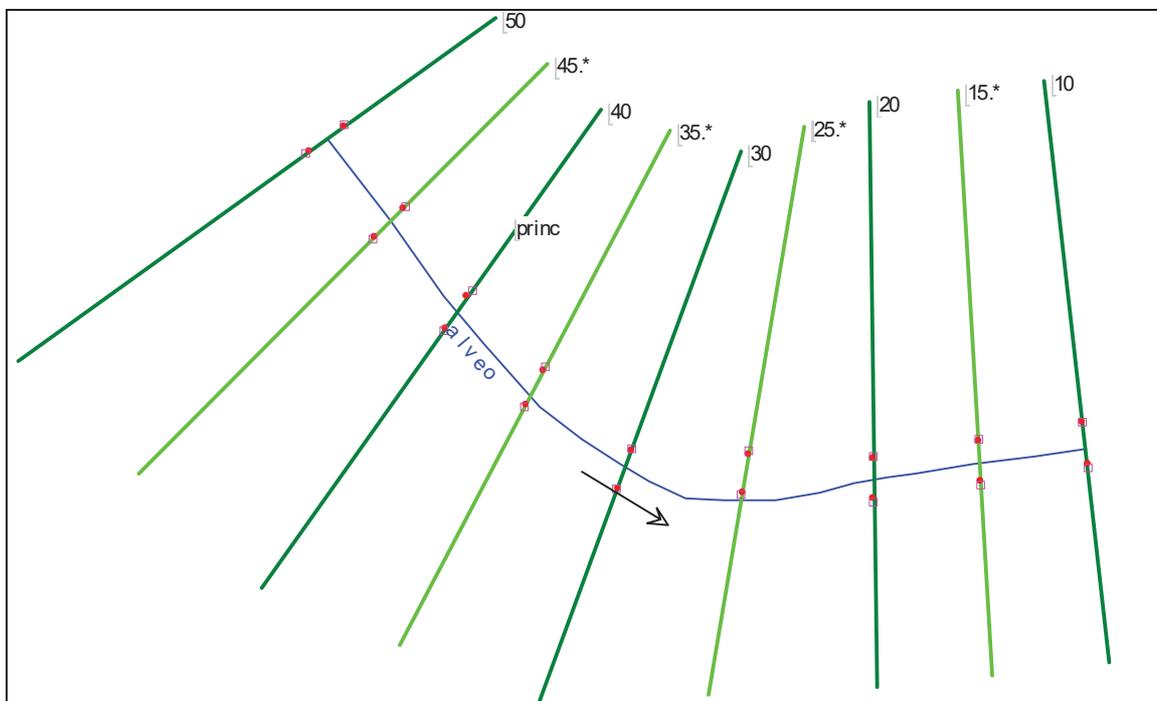


Fig.5.2/B: Modellazione geometrica in Hec Ras (RS50 a monte e RS10 a valle)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 23 di 64

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:

- $Q_{200}=288$ 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 condizione 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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 24 di 64

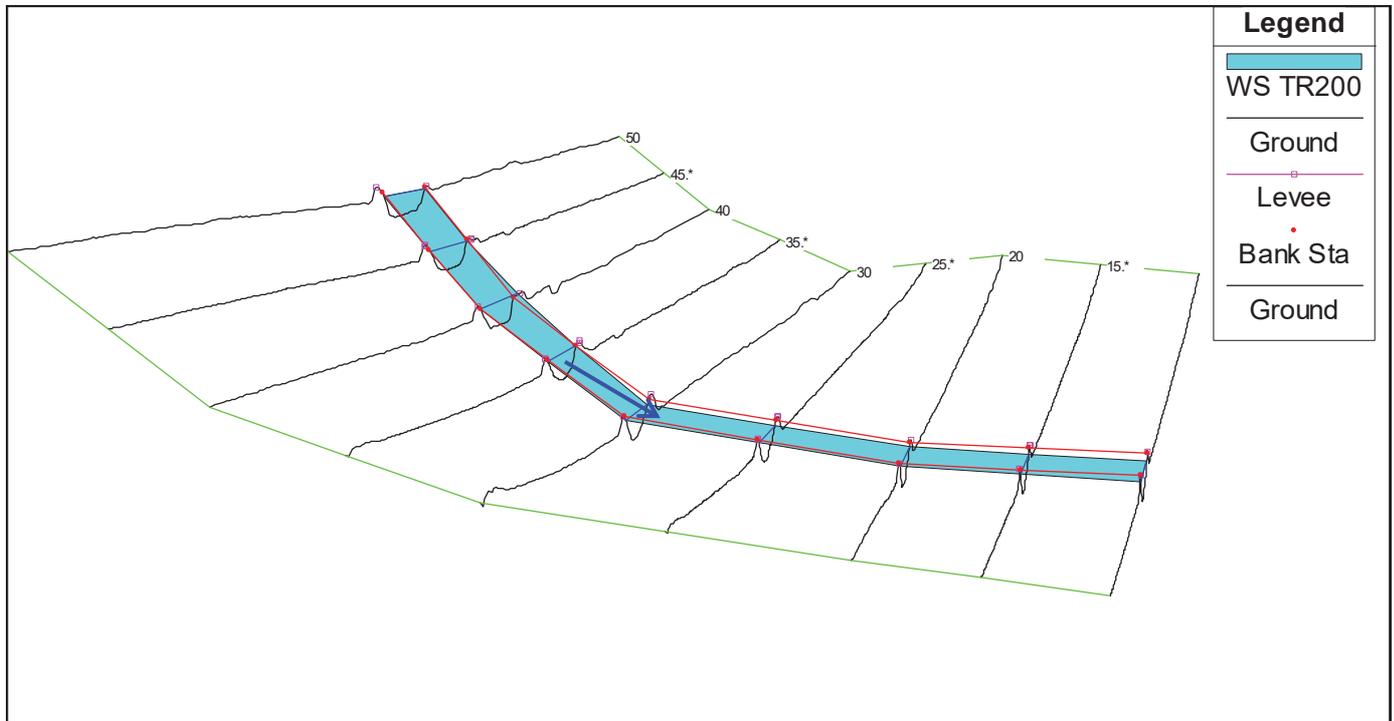


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS50: monte /RS10: valle)

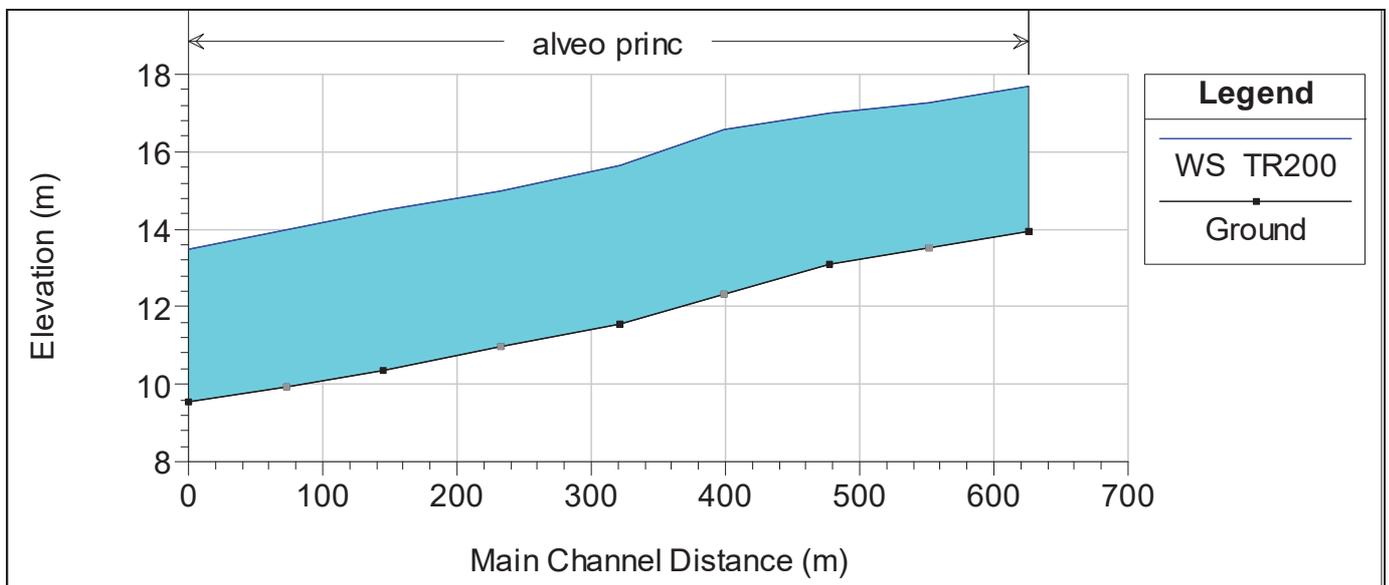


Fig.5.3/B: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale (RS50: monte /RS10: valle)

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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 25 di 64

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	288	13.93	17.68	17.01	18.4	0.004737	3.76	76.54	26.73	2.86	122.95	0.71
45.*	288	13.52	17.27	16.67	18.03	0.005081	3.87	74.35	26.34	2.82	130.7	0.74
40	288	13.11	16.98	16.18	17.66	0.00422	3.65	79.24	29.95	3.03	114.21	0.67
35.*	288	12.34	16.58	15.88	17.31	0.004683	3.78	76.14	26.36	2.89	123.57	0.71
30	288	11.57	15.66	15.52	16.79	0.008463	4.71	61.19	23.73	2.58	198.89	0.94
25.*	288	10.96	14.98	14.78	16.05	0.007854	4.58	62.88	23.93	2.63	187.36	0.9
20	288	10.35	14.49	14.05	15.39	0.00625	4.19	68.76	24.72	2.78	154.76	0.8
15.*	288	9.95	14	13.65	14.91	0.006698	4.25	67.84	25.46	2.66	160.69	0.83
10	288	9.54	13.49	13.2	14.42	0.007009	4.26	67.59	26.14	2.59	163.43	0.85

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

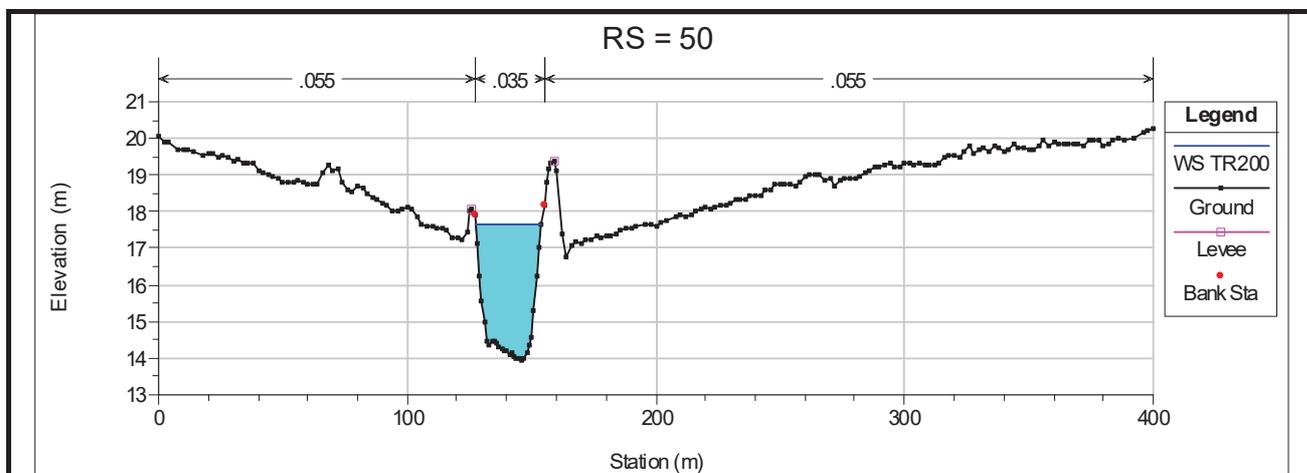
Regione Marche

SPC. LA-E-83077

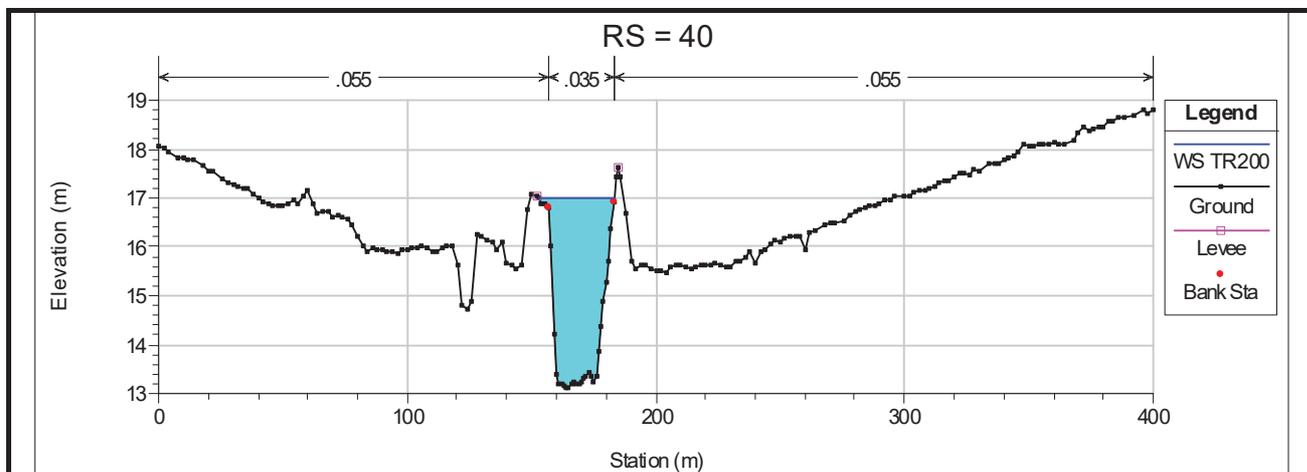
PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

Fg. 26 di 64

Rev.
0



<i>Moto permanente</i>		<i>Element</i>	<i>LOB</i>	<i>Channel</i>	<i>ROB</i>
Vel Head (m)	0.72	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
Q Total (m ³ /s)	288.00	Flow Area (m ²)		76.54	
Top Width (m)	26.73	Top Width (m)		26.73	
Vel Total (m/s)	3.76	Avg. Vel. (m/s)		3.76	
Max Chl Depth (m)	3.75	Hydr. Depth (m)		2.86	
Min Ch EI (m)	13.93	Shear (N/m ²)		122.95	



<i>Moto permanente</i>		<i>Element</i>	<i>LOB</i>	<i>Channel</i>	<i>ROB</i>
Vel Head (m)	0.68	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
Q Total (m ³ /s)	288.00	Flow Area (m ²)	0.40	78.84	0.00
Top Width (m)	29.95	Top Width (m)	3.84	26.00	0.11
Vel Total (m/s)	3.63	Avg. Vel. (m/s)	0.26	3.65	0.10
Max Chl Depth (m)	3.87	Hydr. Depth (m)	0.10	3.03	0.03
Min Ch EI (m)	13.11	Shear (N/m ²)	4.27	114.21	1.00



PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023081

LOCALITÀ

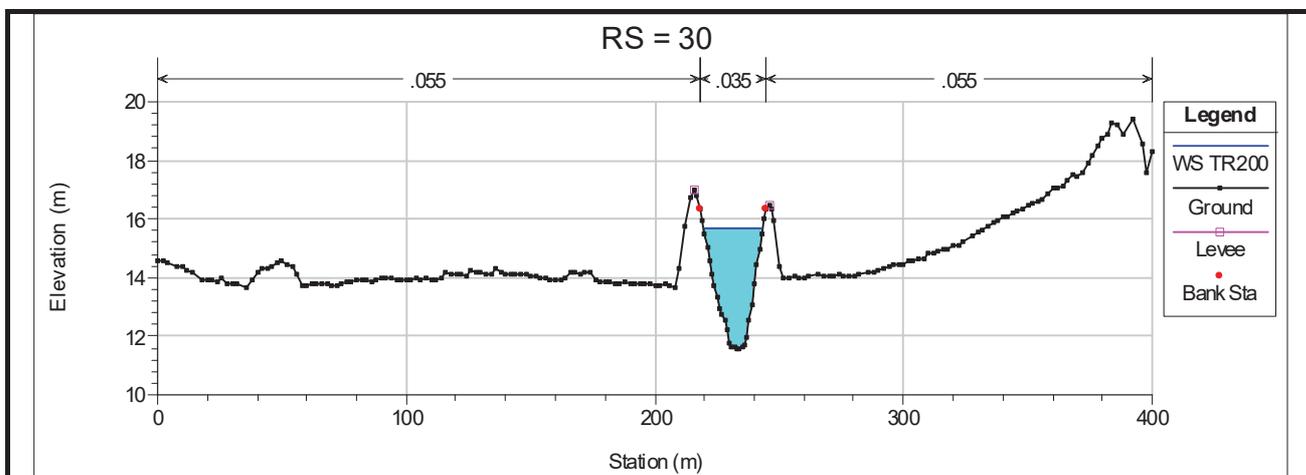
Regione Marche

SPC. LA-E-83077

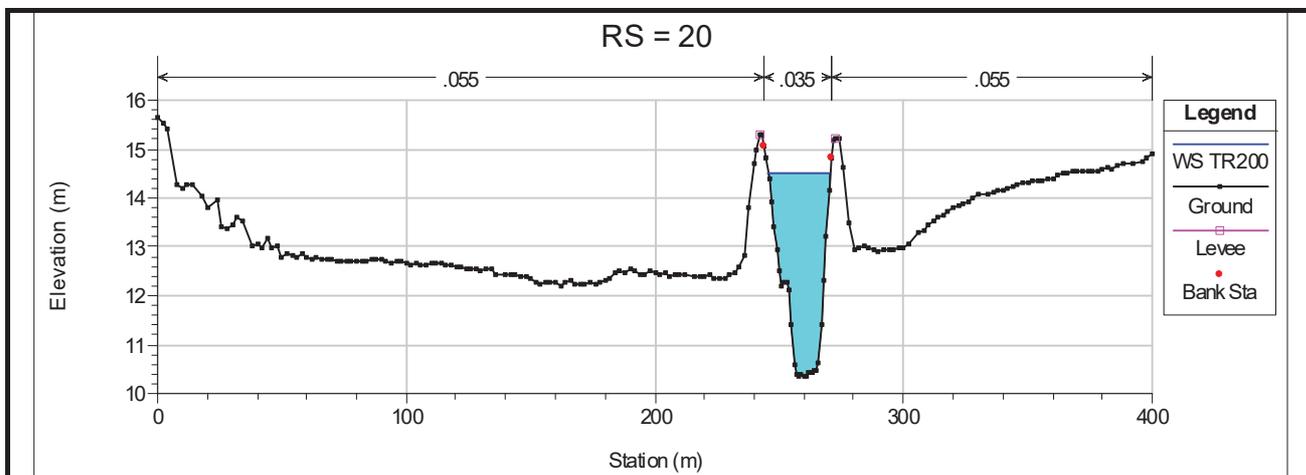
PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

Fg. 27 di 64

Rev.
0

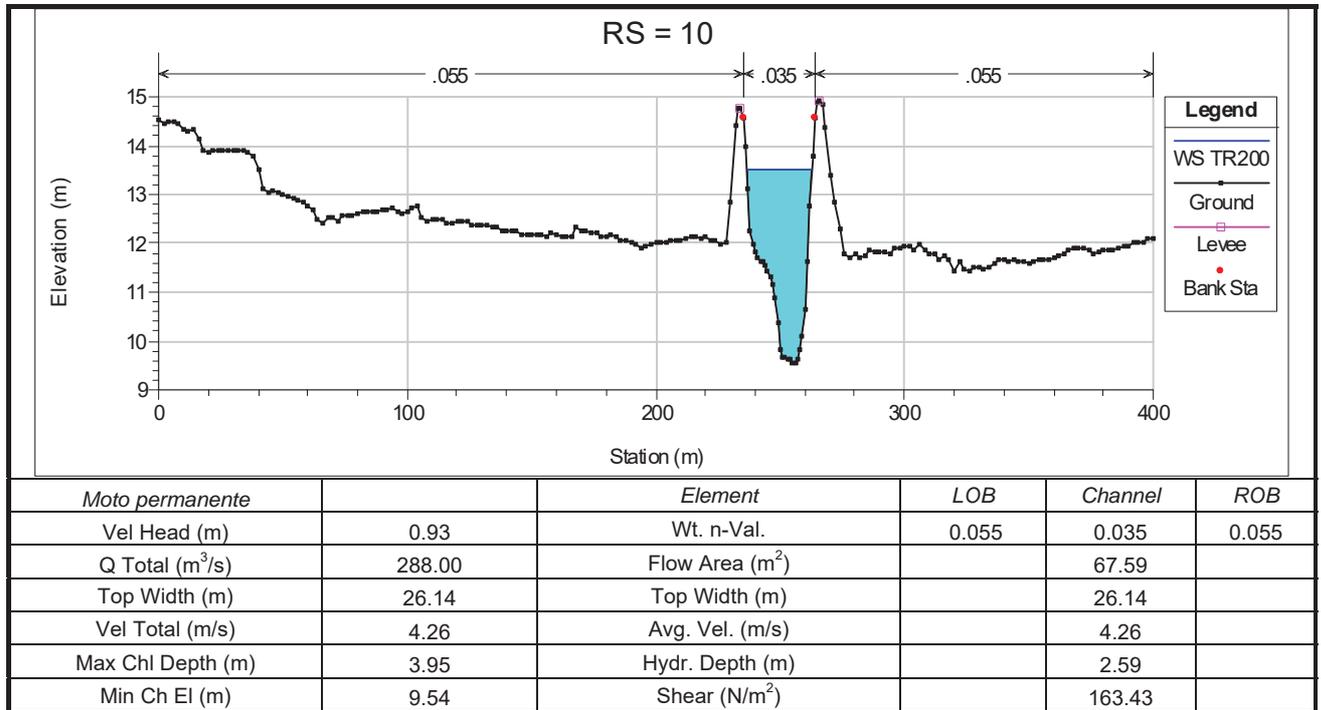


<i>Moto permanente</i>		<i>Element</i>	<i>LOB</i>	<i>Channel</i>	<i>ROB</i>
Vel Head (m)	1.13	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
Q Total (m ³ /s)	288.00	Flow Area (m ²)		61.19	
Top Width (m)	23.73	Top Width (m)		23.73	
Vel Total (m/s)	4.71	Avg. Vel. (m/s)		4.71	
Max Chl Depth (m)	4.09	Hydr. Depth (m)		2.58	
Min Ch EI (m)	11.57	Shear (N/m ²)		198.89	



<i>Moto permanente</i>		<i>Element</i>	<i>LOB</i>	<i>Channel</i>	<i>ROB</i>
Vel Head (m)	0.89	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
Q Total (m ³ /s)	288.00	Flow Area (m ²)		68.76	
Top Width (m)	24.72	Top Width (m)		24.72	
Vel Total (m/s)	4.19	Avg. Vel. (m/s)		4.19	
Max Chl Depth (m)	4.14	Hydr. Depth (m)		2.78	
Min Ch EI (m)	10.35	Shear (N/m ²)		154.76	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 28 di 64



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 risulta in grado di contenere la portata di progetto (portata duecentennale).

Infatti come si rileva dalla Fig.5.3/A, gli argini risultano adeguati per evitare esondazioni, seppur con franchi idraulici limitati.

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 significative. Ciò in quanto, in riferimento alle aree censite del PAI, si individuano delle aree di inondazioni sia in sinistra, che in destra idrografica dell'alveo del corso d'acqua.

Le velocità di deflusso della corrente risultano generalmente variabili nell'ordine dei 3.5÷4.5 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-83077	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 29 di 64	Rev. 0

6 VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO

6.1 Generalità

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

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 30 di 64	Rev. 0

6.2 Criteri di calcolo

Approfondimenti localizzati

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

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

In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 centimetri, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 centimetri, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'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 (Schoklitsh, Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsh³ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici.

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

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

dove

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

Il valore di **a** viene assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima 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 Schoklitsh A., "Stauraum verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 31 di 64

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 (h_o), ovvero

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

Diametro limite dei clasti trasportabili

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

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

dove

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

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-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 32 di 64	Rev. 0

6.3 Stima dei massimi approfondimenti attesi

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

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

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

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

River Station	Q Total (m ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m ³ /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati (m)	Arature di fondo (m)
50	288	3.76	26.73	2.86	10.77	3.58	1.86	1.43
45.*	288	3.87	26.34	2.82	10.93	3.58	1.87	1.41
40	288	3.65	29.95	3.03	9.62	3.71	1.82	1.52
35.*	288	3.78	26.36	2.89	10.93	3.62	1.88	1.45
30	288	4.71	23.73	2.58	12.14	3.71	1.96	1.29
25.*	288	4.58	23.93	2.63	12.04	3.70	1.95	1.32
20	288	4.19	24.72	2.78	11.65	3.67	1.93	1.39
15.*	288	4.25	25.46	2.66	11.31	3.58	1.89	1.33
10	288	4.26	26.14	2.59	11.02	3.51	1.86	1.30

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	122.95	0.14
45.*	130.7	0.15
40	114.21	0.13
35.*	123.57	0.15
30	198.89	0.23
25.*	187.36	0.22
20	154.76	0.18
15.*	160.69	0.19
10	163.43	0.19

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 33 di 64

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 a valori dell'ordine dei **2 m**.

La corrente, nel tratto in esame, inoltre risulta potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 20÷25 cm.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 34 di 64	Rev. 0

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 rilevati arginali presenti in adiacenza all'alveo del corso d'acqua, nonché in considerazione delle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua ed a seguito della verifica di disponibilità di spazi per l'allestimento della colonna varo.

La trivellazione peraltro consente di superare, ad elevata profondità, anche tutta l'area del vivaio presente in sinistra idrografica del corso d'acqua.

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-83077	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 35 di 64	Rev. 0

- 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 363m circa;
- Sviluppo complessivo dei tratti rettilinei: 97 m circa;
- Sviluppo del tratto curvilineo: 266 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 8°47' e di 8°10';
- Pista di varo: lato in sinistra idrografica;
- copertura minima della trivellazione dalle quote di fondo alveo: di 10 metri;

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 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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 36 di 64

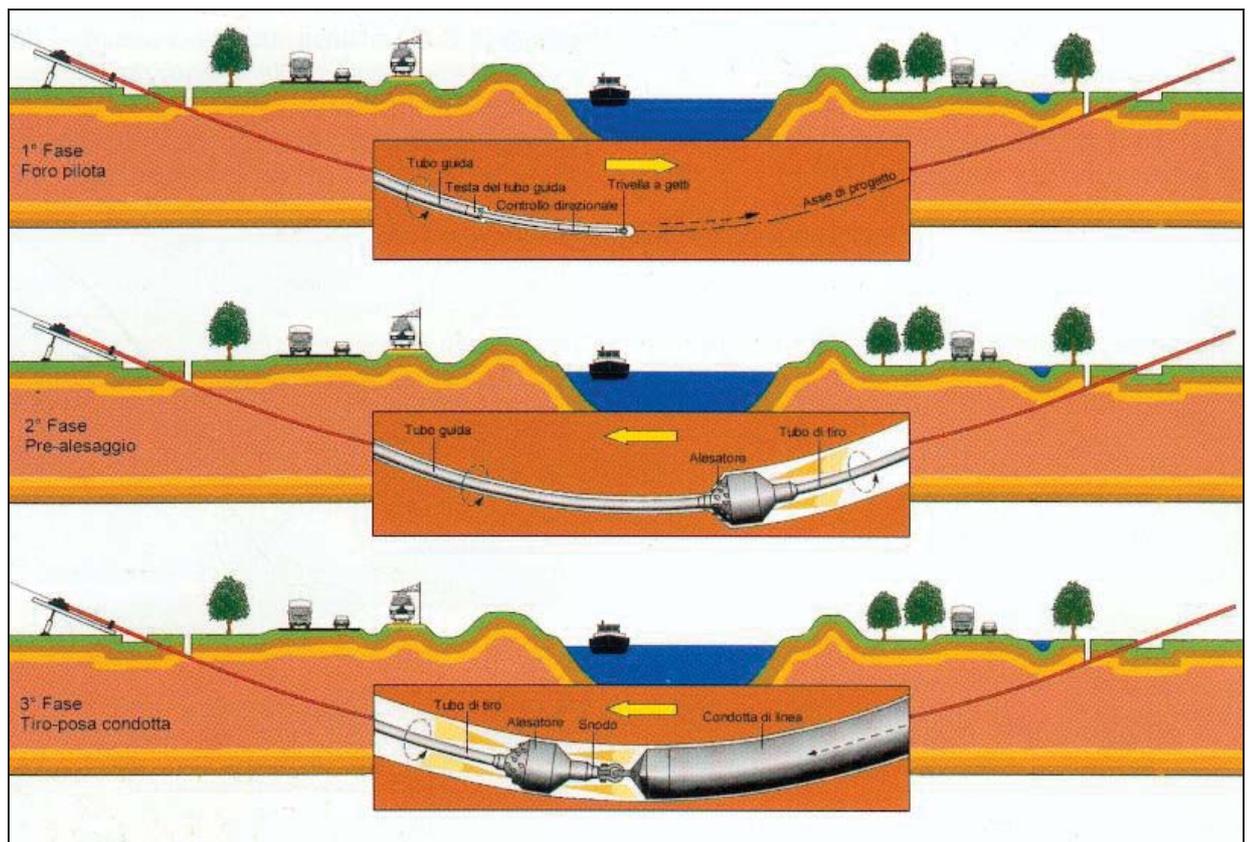
In generale il procedimento impiegato negli attraversamenti mediante l'impiego della metodologia "Trivellazione Orizzontale Controllata" è composto da tre fasi.

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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 37 di 64

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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 38 di 64



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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 39 di 64

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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 40 di 64

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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 41 di 64

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.

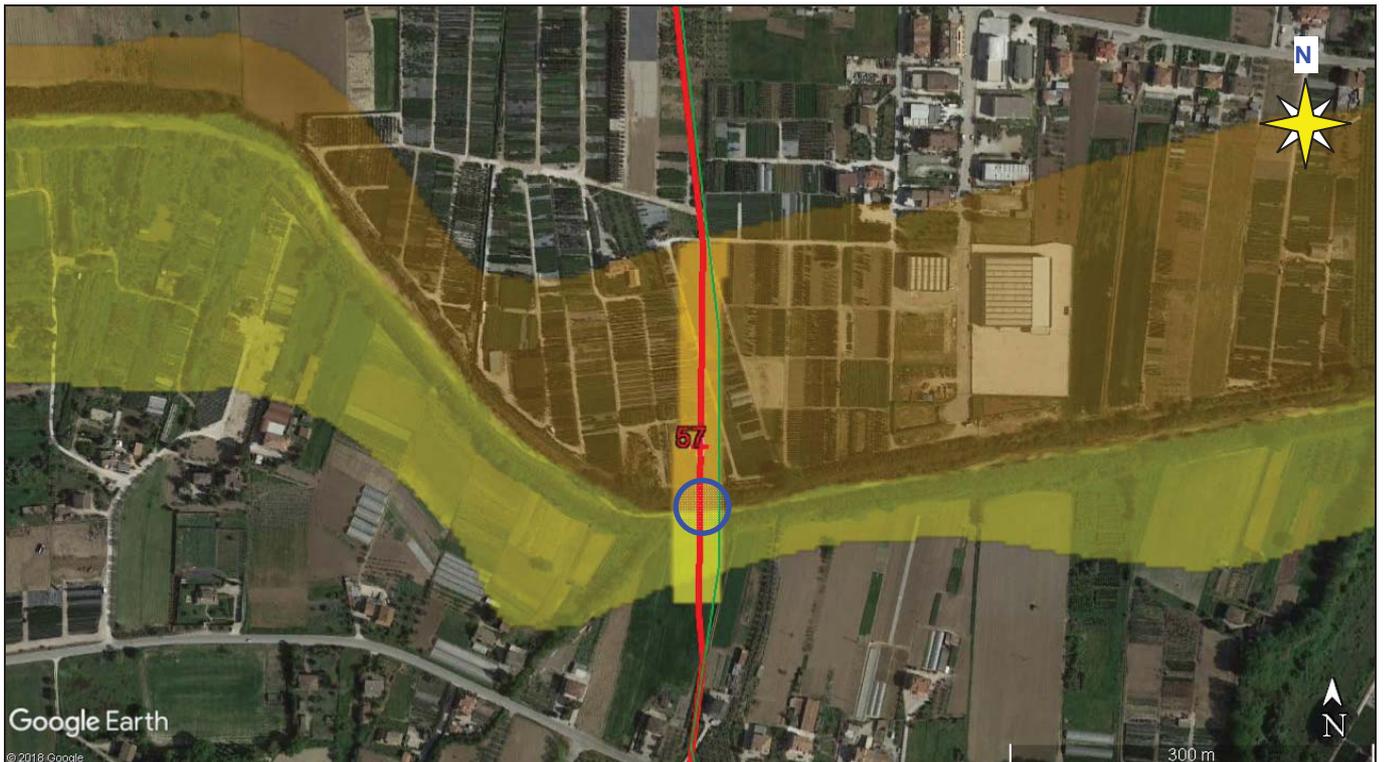
L'Art.9 disciplina gli interventi consentiti nelle aree inondabili.

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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 42 di 64

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 perimetrare 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 elevato (R3) in sinistra idrografica e con un'area inondabile a Rischio idraulico medio (R2) in destra idrografica.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 43 di 64

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 di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 44 di 64	Rev. 0

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 involuppo 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'involuppo 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.

Infine, relativamente al breve tratto d'interferenza con le aree marginali della regione fluviale ricadente esternamente alla trivellazione (nel lato in sinistra idrografica), dove il

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 45 di 64

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 interramento 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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 46 di 64

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 torrente MENOCCIA, nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua, in un ambito di confine tra i territori di Massignano e di Cupra Marittima.

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

Alla luce dei risultati conseguiti, per il superamento in subalveo del corso d'acqua 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-83077	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 47 di 64	Rev. 0

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 adottate si ottiene:

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

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

dove:

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 48 di 64	Rev. 0

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

Condizioni di moto

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

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

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

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

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

in cui

- Y_2 e Y_1 sono le profondità d'acqua,
- Z_2 e Z_1 le quote dei punti più depressi delle sezioni trasversali rispetto a un piano di riferimento (superficie livello medio del mare),
- V_2 e V_1 le velocità medie (rapporto tra portata e area bagnata della sezione),
- α_2 e α_1 i coefficienti di Coriolis di 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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 49 di 64

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-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 50 di 64	Rev. 0

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-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 51 di 64

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

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

dove:

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 52 di 64	Rev. 0

**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
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  XXXXXX   XXXX   X   X   X   X   XXXXX

```

PROJECT DATA

Project Title: Menocchia
Project File : Menocchia.prj
Run Date and Time: 12/08/2018 07:54:12

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Plan 01
Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\7Menocchia\Menocchia.p01

Geometry Title: Menocchia
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\7Menocchia\Menocchia.g01

Flow Title : Menocchia
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\7Menocchia\Menocchia.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: Menocchia
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\7Menocchia\Menocchia.f01

Flow Data (m3/s)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 53 di 64	Rev. 0

River Reach RS TR200
alveo princ 50 288

Boundary Conditions

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

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Menocchia
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\7Menocchia\Menocchia.g01

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 50

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 213

Sta	Elev								
0	20.05	2	19.92	4	19.89	8	19.67	10	19.71
12	19.67	14	19.63	18	19.54	20	19.57	22	19.57
24	19.5	26	19.56	28	19.47	30	19.4	32	19.43
34	19.34	36	19.34	38	19.32	40	19.1	42	19.07
44	19.01	46	18.97	48	18.91	50	18.83	52	18.78
54	18.82	56	18.84	58	18.81	60	18.74	62	18.77
64	18.73	66	19.09	68	19.25	70	19.13	72	19.19
74	18.81	76	18.61	78	18.52	80	18.68	82	18.63
84	18.48	86	18.4	88	18.33	90	18.24	92	18.18
94	18.04	96	18.03	98	18.06	100	18.11	102	18.07
104	17.88	106	17.65	108	17.62	110	17.61	112	17.55
114	17.56	116	17.52	118	17.31	120	17.31	122	17.23
124	17.43	125	18.02	126	18.06	127	17.9	128	17.15
129	16.22	130	15.56	131	15	132	14.45	133	14.35
134	14.48	135	14.45	136	14.42	137	14.33	138	14.26
139	14.2	140	14.19	141	14.12	142	14.14	143	14.07
144	14	145	14	146	13.93	147	13.97	148	14.17
149	14.36	150	14.56	151	15.32	152	16.24	153	17.01
154	17.66	155	18.2	156	18.79	157	19.18	158	19.32
159	19.37	160	19.13	162	17.38	164	16.78	166	17.06
168	17.16	170	17.12	172	17.22	174	17.26	176	17.32
178	17.28	180	17.34	182	17.32	184	17.4	186	17.49
188	17.55	190	17.53	192	17.61	196	17.63	198	17.65
200	17.62	202	17.68	204	17.78	208	17.85	210	17.91
212	17.86	214	17.93	216	18.02	218	18.07	220	18.11
222	18.08	224	18.12	226	18.19	228	18.16	230	18.25
232	18.31	234	18.31	236	18.33	238	18.44	240	18.44
242	18.44	244	18.59	246	18.59	248	18.73	250	18.75
252	18.75	254	18.76	256	18.71	258	18.8	260	18.95
262	19	264	19.01	266	19.01	268	18.85	270	18.9
272	18.72	274	18.87	276	18.9	278	18.92	280	18.91
282	18.95	284	19.06	286	19.13	288	19.22	290	19.23
292	19.26	294	19.31	296	19.23	298	19.23	300	19.31
302	19.35	304	19.3	306	19.35	308	19.25	310	19.28
312	19.28	314	19.34	316	19.47	318	19.51	320	19.51
322	19.48	324	19.65	326	19.79	328	19.61	330	19.7
332	19.74	334	19.63	336	19.78	338	19.73	340	19.64
342	19.71	344	19.84	346	19.75	348	19.73	350	19.71
352	19.69	354	19.79	356	19.93	358	19.82	360	19.88
362	19.87	364	19.87	366	19.87	368	19.86	370	19.84
372	19.82	374	19.94	376	19.94	378	19.96	380	19.81
382	19.86	384	19.97	386	20	388	19.97	392	19.99
396	20.15	398	20.21	400	20.27				

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 54 di 64	Rev. 0

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 127 .035 155 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
127 155 73.855 73.855 73.855 .1 .3
Left Levee Station= 126 Elevation= 18.06
Right Levee Station= 159 Elevation= 19.37

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	18.40	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.72	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	17.68	Reach Len. (m)	73.85	73.85	73.85
Crit W.S. (m)	17.01	Flow Area (m2)		76.54	
E.G. Slope (m/m)	0.004737	Area (m2)		76.54	
Q Total (m3/s)	288.00	Flow (m3/s)		288.00	
Top Width (m)	26.73	Top Width (m)		26.73	
Vel Total (m/s)	3.76	Avg. Vel. (m/s)		3.76	
Max Chl Dpth (m)	3.75	Hydr. Depth (m)		2.86	
Conv. Total (m3/s)	4184.4	Conv. (m3/s)		4184.4	
Length Wtd. (m)	73.85	Wetted Per. (m)		28.92	
Min Ch El (m)	13.93	Shear (N/m2)		122.95	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	19151.15	6032.61	7612.59
Frctn Loss (m)	0.36	Cum Volume (1000 m3)	0.03	43.79	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.29	15.83	0.01

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 45.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 405

Sta	Elev								
0	19.05	1.809	18.977	2.236	18.959	3.618	18.931	4.472	18.91
7.236	18.792	8.945	18.755	9.045	18.756	10.854	18.752	11.181	18.753
12.662	18.732	13.417	18.712	15.654	18.655	16.28	18.639	18.089	18.565
19.898	18.547	20.126	18.54	22.362	18.509	23.516	18.485	24.598	18.464
25.325	18.439	26.835	18.39	27.134	18.389	28.943	18.403	29.071	18.403
30.752	18.336	31.307	18.325	32.561	18.305	33.543	18.257	34.369	18.236
35.78	18.218	36.178	18.202	37.987	18.136	38.016	18.135	39.796	18.12
40.252	18.114	41.605	18.089	42.488	18.083	43.414	18.034	44.724	17.974
45.223	17.972	46.961	17.97	47.032	17.969	48.841	17.985	49.197	17.975
50.65	17.942	51.433	17.967	52.459	17.996	53.669	18.017	54.268	18.024
55.906	17.864	56.076	17.848	57.885	17.743	58.142	17.741	59.694	17.759
60.378	17.765	61.503	17.77	62.614	17.744	63.312	17.72	64.85	17.719
65.121	17.716	66.93	17.672	67.087	17.668	68.739	17.656	69.323	17.645
70.548	17.604	71.559	17.528	72.357	17.539	73.795	17.568	74.166	17.558
75.975	17.583	76.031	17.586	77.783	17.568	78.268	17.551	79.592	17.558
80.504	17.57	81.401	17.494	82.74	17.361	83.21	17.334	84.976	17.26
85.019	17.259	86.828	17.193	87.213	17.197	88.637	17.291	89.449	17.318
90.446	17.304	91.685	17.297	92.255	17.281	93.921	17.234	94.064	17.232
95.873	17.22	96.157	17.212	97.682	17.171	98.394	17.14	99.49	17.088
100.63	17.068	101.299	17.061	102.866	17.075	103.108	17.072	104.917	17.036
105.102	17.03	106.726	17.026	107.339	16.957	108.535	16.833	109.575	16.61
110.344	16.449	111.811	16.42	112.153	16.407	113.962	16.486	114.047	16.517
115.771	17.087	116.283	17.059	117.58	16.978	118.52	16.912	119.389	16.889
120.756	16.865	121.197	16.859	122.992	16.786	123.006	16.785	124.815	16.826
125.228	16.773	126.624	16.618	127.465	16.606	128.433	16.581	129.701	16.545
130.242	16.51	131.937	16.463	132.051	16.465	133.86	17.045	134.173	17.069
135.669	17.158	136.409	17.143	137.478	17.188	138.382	17.203	138.646	17.2
139.287	17.334	139.764	17.452	140.191	17.453	140.882	17.461	141.096	17.445
142	17.36	142.711	16.812	143.421	16.175	143.688	15.986	144.132	15.543
144.842	14.884	145.375	14.394	145.553	14.283	146.263	14.067	146.974	13.966
147.062	13.943	147.684	13.888	148.395	13.824	148.75	13.778	149.105	13.755
149.816	13.72	150.438	13.694	150.526	13.69	151.237	13.683	151.947	13.646
152.125	13.648	152.658	13.647	153.368	13.602	153.812	13.573	154.079	13.559

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 55 di 64	Rev. 0

154.789	13.557	155.5	13.52	156.25	13.575	157	13.6	157.75	13.625
158.5	13.68	159.25	13.743	160	13.84	160.75	13.915	161.5	13.995
162.25	14.14	163	14.275	163.75	14.565	164.5	15.045	165.25	15.503
166	15.94	166.75	16.298	167.5	16.685	168.25	17.15	169	17.565
169.943	18.077	170.065	18.13	170.886	18.377	171.129	18.418	171.829	18.411
172.194	18.39	172.771	18.305	173.714	18.021	174.323	17.633	175.6	16.74
176.452	16.405	177.486	16.201	178.581	16.241	179.371	16.313	180.71	16.37
181.257	16.388	182.839	16.378	183.143	16.37	184.968	16.388	185.029	16.389
186.914	16.387	187.097	16.388	188.8	16.415	189.226	16.41	190.686	16.388
191.355	16.396	192.571	16.438	193.484	16.45	194.457	16.456	195.613	16.495
196.343	16.508	197.742	16.538	198.229	16.549	199.871	16.571	200.114	16.572
202	16.535	203.886	16.602	204.129	16.606	206.258	16.616	207.657	16.627
208.387	16.634	209.543	16.643	210.516	16.637	211.429	16.632	212.645	16.654
213.314	16.663	214.774	16.699	215.2	16.704	216.903	16.696	218.971	16.725
219.032	16.726	220.857	16.794	221.161	16.796	222.743	16.782	223.29	16.795
224.629	16.845	225.419	16.879	226.514	16.933	227.548	16.974	228.4	16.941
229.677	16.889	230.286	16.928	231.806	16.998	232.171	16.998	233.935	17.034
234.057	17.038	235.943	17.122	236.065	17.124	237.829	17.143	238.194	17.159
239.714	17.181	240.323	17.185	241.6	17.223	242.452	17.235	243.486	17.247
244.581	17.266	245.371	17.272	246.71	17.314	247.257	17.329	248.839	17.325
249.143	17.307	250.968	17.2	251.029	17.205	252.914	17.421	253.097	17.435
254.8	17.451	255.226	17.471	256.686	17.546	258.571	17.582	259.484	17.595
260.457	17.604	261.613	17.618	262.343	17.62	263.742	17.601	264.229	17.598
266.114	17.654	268	17.74	269.886	17.809	270.129	17.816	271.771	17.851
272.258	17.86	273.657	17.883	274.387	17.864	275.543	17.823	276.516	17.843
277.429	17.859	278.645	17.807	279.314	17.778	280.774	17.843	281.2	17.862
282.903	17.884	283.086	17.89	284.971	17.948	285.032	17.95	286.857	17.936
287.161	17.938	288.743	17.985	289.29	18.011	290.629	18.052	292.514	18.089
293.548	18.115	294.4	18.133	295.677	18.133	296.286	18.145	297.806	18.182
298.171	18.188	299.935	18.228	300.057	18.23	301.943	18.185	302.065	18.185
303.829	18.206	304.194	18.218	305.714	18.264	306.323	18.276	307.6	18.314
308.452	18.319	309.486	18.317	310.581	18.345	311.371	18.353	312.71	18.315
313.257	18.31	314.839	18.353	315.143	18.36	316.968	18.39	317.029	18.39
318.914	18.429	319.097	18.436	320.8	18.483	321.226	18.485	322.686	18.531
323.355	18.545	324.571	18.536	325.484	18.523	326.457	18.532	328.343	18.65
329.742	18.727	330.229	18.745	331.871	18.667	332.114	18.656	334	18.71
335.886	18.752	336.129	18.748	337.771	18.719	338.258	18.744	339.657	18.82
340.387	18.82	341.543	18.821	342.516	18.812	343.429	18.822	344.645	18.888
345.314	18.895	346.774	18.935	347.2	18.948	348.903	18.899	349.086	18.897
350.971	18.904	351.032	18.905	352.857	18.895	353.161	18.893	354.743	18.889
355.29	18.905	356.629	18.959	357.419	18.999	358.514	19.022	359.548	18.975
360.4	18.956	361.677	18.985	362.286	19	364.171	19.011	365.935	19.025
366.057	19.029	367.943	19.096	368.065	19.1	369.829	19.141	370.194	19.148
371.714	19.115	372.323	19.102	373.6	19.107	374.452	19.142	375.486	19.187
376.581	19.2	377.371	19.198	378.71	19.202	379.257	19.222	380.839	19.207
381.143	19.195	382.968	19.219	383.029	19.221	384.914	19.307	385.097	19.311
386.8	19.317	387.226	19.312	388.686	19.31	391.484	19.337	392.457	19.353
395.742	19.465	396.229	19.468	397.871	19.471	398.114	19.479	400	19.54

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .055 142 .035 169 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 142 169 73.855 73.855 73.855 .1 .3
 Left Levee Station= 139 Elevation= 17.555
 Right Levee Station= 172 Elevation= 18.495

CROSS SECTION

RIVER: alveo
 REACH: princ RS: 40

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 208
 Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev
 0 18.05 2 18.01 4 17.96 8 17.83 10 17.84
 12 17.8 14 17.78 18 17.66 20 17.55 22 17.55
 26 17.4 28 17.33 30 17.27 32 17.25 34 17.18

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 56 di 64

36	17.18	38	17.06	40	16.99	42	16.93	44	16.9
46	16.85	48	16.84	50	16.85	52	16.87	54	16.95
56	16.9	58	17.05	60	17.16	62	16.87	64	16.7
66	16.71	68	16.71	70	16.61	72	16.63	74	16.6
76	16.55	78	16.46	80	16.22	82	16	84	15.92
86	15.98	88	15.95	90	15.95	92	15.9	94	15.91
96	15.85	98	15.96	100	15.95	102	15.97	104	15.99
106	16.03	108	15.99	110	15.89	112	15.9	114	15.98
116	16.02	118	16.02	120	15.62	122	14.82	124	14.71
126	14.9	128	16.25	130	16.21	132	16.14	134	16.1
136	15.96	138	16.09	140	15.68	142	15.62	144	15.55
146	15.62	148	16.78	150	17.06	152	17.05	153	17
154	16.9	155	16.87	156	16.86	157	16.82	158	16
159	14.2	160	13.41	161	13.18	162	13.18	163	13.17
164	13.12	165	13.11	166	13.2	167	13.23	168	13.18
169	13.19	170	13.22	171	13.32	172	13.37	173	13.43
174	13.34	175	13.23	176	13.35	177	13.85	178	14.38
179	14.87	180	15.26	181	15.71	182	16.37	183	16.93
184	17.42	185	17.62	186	17.44	188	16.7	190	15.7
192	15.54	194	15.61	196	15.63	198	15.56	200	15.51
202	15.51	204	15.49	206	15.57	208	15.62	210	15.61
212	15.6	214	15.54	216	15.6	218	15.61	220	15.63
222	15.64	224	15.65	226	15.64	228	15.58	230	15.6
232	15.69	234	15.71	236	15.79	238	15.9	240	15.68
242	15.91	244	15.95	246	16.06	248	16.14	250	16.1
252	16.16	254	16.21	256	16.22	258	16.21	260	15.96
262	16.28	264	16.32	268	16.44	270	16.48	272	16.48
276	16.53	278	16.63	280	16.71	282	16.78	284	16.81
286	16.83	288	16.85	290	16.87	292	16.98	294	16.96
296	17.04	300	17.05	302	17.04	304	17.11	306	17.15
308	17.14	310	17.19	312	17.23	314	17.31	316	17.36
318	17.35	320	17.43	322	17.5	324	17.52	326	17.49
328	17.58	330	17.55	334	17.7	336	17.7	338	17.72
340	17.77	342	17.82	344	17.88	346	17.94	348	18.09
350	18.06	352	18.04	354	18.08	356	18.08	358	18.09
360	18.15	362	18.08	364	18.11	368	18.18	370	18.33
372	18.44	374	18.37	376	18.41	378	18.46	380	18.45
382	18.58	384	18.58	386	18.65	388	18.63	392	18.69
396	18.8	398	18.74	400	18.81				

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 157 .035 183 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
157 183 78.4 78.4 78.4 .1 .3
Left Levee Station= 152 Elevation= 17.05
Right Levee Station= 185 Elevation= 17.62

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	17.66	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.68	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	16.98	Reach Len. (m)	78.40	78.40	78.40
Crit W.S. (m)	16.18	Flow Area (m2)	0.40	78.84	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.004220	Area (m2)	0.40	78.84	0.00
Q Total (m3/s)	288.00	Flow (m3/s)	0.10	287.90	0.00
Top Width (m)	29.95	Top Width (m)	3.84	26.00	0.11
Vel Total (m/s)	3.63	Avg. Vel. (m/s)	0.26	3.65	0.10
Max Chl Dpth (m)	3.87	Hydr. Depth (m)	0.10	3.03	0.03
Conv. Total (m3/s)	4433.6	Conv. (m3/s)	1.6	4432.0	0.0
Length Wtd. (m)	78.40	Wetted Per. (m)	3.85	28.56	0.12
Min Ch El (m)	13.11	Shear (N/m2)	4.27	114.21	1.00
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	19151.15	7277.44	8857.40
Frctn Loss (m)	0.35	Cum Volume (1000 m3)	0.02	32.56	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.15	11.94	0.00

CROSS SECTION

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 57 di 64

RIVER: alveo
REACH: princ

RS: 35.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=		392					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	16.3	1.72	16.311	2.389	16.286	3.44	16.244	4.777	16.203
6.881	16.131	8.601	16.123	9.554	16.071	10.321	16.042	11.943	16.017
12.041	16.014	14.331	15.905	15.482	15.855	16.72	15.854	17.202	15.849
18.922	15.827	20.642	15.766	21.497	15.782	22.362	15.79	23.885	15.689
24.083	15.68	25.803	15.675	26.274	15.672	27.523	15.645	30.963	15.541
31.051	15.546	32.683	15.631	33.439	15.686	34.404	15.758	35.828	15.786
36.124	15.794	37.844	15.797	38.217	15.803	39.564	15.81	40.605	15.819
41.284	15.835	42.994	15.88	43.005	15.88	44.725	15.782	45.382	15.744
46.445	15.694	47.771	15.579	48.165	15.545	49.885	15.318	50.159	15.317
51.606	15.316	52.548	15.326	53.326	15.332	54.936	15.31	55.046	15.31
56.766	15.301	57.325	15.3	58.486	15.302	59.713	15.301	60.206	15.302
61.927	15.294	62.102	15.299	63.647	15.356	64.49	15.38	65.367	15.381
66.879	15.374	67.087	15.382	68.807	15.461	69.268	15.48	70.528	15.524
71.656	15.537	72.248	15.494	73.968	15.375	74.045	15.371	75.688	15.342
76.433	15.324	77.408	15.337	78.822	15.34	79.128	15.34	80.849	15.335
81.21	15.328	82.569	15.272	83.599	15.259	84.289	15.268	85.987	15.265
86.009	15.265	87.729	15.264	88.376	15.268	89.45	15.269	90.764	15.251
91.17	15.242	92.89	15.22	93.153	15.213	94.61	15.127	95.541	15.08
96.33	15.044	97.93	14.993	98.05	14.993	99.771	15.069	100.318	15.046
101.491	15.03	102.707	15.049	103.211	15.047	104.931	15.031	105.096	15.028
106.651	15.005	107.484	15.044	108.372	15.076	109.873	15.034	110.092	15.03
111.812	15.054	112.261	15.043	113.532	14.994	114.65	14.983	115.252	14.999
116.972	15.148	117.038	15.147	118.693	15.067	119.427	15.048	120.413	15.029
121.815	15.055	122.133	15.061	123.853	15.064	124.204	15.065	125.573	15.076
126.592	15.082	127.294	15.074	128.981	15.031	129.014	15.029	130.734	14.993
131.369	14.969	132.454	14.952	133.758	14.955	134.174	14.962	135.895	14.951
136.146	14.956	137.615	14.972	138.535	14.967	139.335	14.955	140.924	14.987
141.055	14.979	142.775	14.935	143.312	14.893	144.495	14.702	145.701	14.489
146.216	14.473	147.936	14.464	148.089	14.458	149.656	14.497	150.478	14.473
151.376	14.664	152.866	15.055	153.096	15.048	154.817	15.039	155.255	15.036
156.537	15.021	157.643	14.989	158.257	14.975	159.977	14.95	160.032	14.951
161.697	14.921	162.42	14.894	163.417	14.912	164.809	14.946	165.138	14.917
166.858	14.779	167.197	14.745	168.578	14.708	169.586	14.698	170.298	14.69
171.975	14.631	172.018	14.631	173.739	14.671	174.363	14.684	175.459	14.956
176.752	15.259	177.179	15.28	178.899	15.356	179.14	15.416	180.619	15.697
181.529	16.073	182.339	16.393	182.723	16.493	183.917	16.78	184.06	16.818
185.111	16.891	185.78	16.942	186.306	16.873	186.64	16.824	187.5	16.59
188.25	16.165	189	15.74	189.75	15.065	190.5	14.39	191.25	13.972
192	13.56	192.75	13.302	193.5	13.055	194.25	12.955	195	12.88
195.75	12.688	196.5	12.47	197.25	12.388	198	12.38	198.75	12.358
199.5	12.34	200.306	12.413	200.818	12.44	201.111	12.449	201.917	12.437
202.136	12.441	202.722	12.509	203.455	12.604	203.528	12.62	204.333	12.838
204.773	12.944	205.139	13.029	205.944	13.221	206.091	13.242	206.75	13.378
207.409	13.505	207.556	13.532	208.361	13.797	208.727	14.004	209.167	14.227
209.972	14.651	210.045	14.687	210.778	15.057	211.364	15.317	211.583	15.415
212.389	15.805	212.682	15.985	213.194	16.259	214	16.64	214.857	16.917
215.2	16.97	215.714	17.011	216.4	16.913	216.571	16.865	217.6	16.463
218.286	16.095	220	15.045	221.714	14.811	222.4	14.764	223.429	14.785
224.8	14.793	225.143	14.8	226.857	14.79	227.2	14.79	228.571	14.761
229.6	14.755	230.286	14.756	232	14.75	233.714	14.794	234.4	14.805
235.429	14.83	237.143	14.841	238.857	14.852	239.2	14.849	240.571	14.816
241.6	14.828	242.286	14.84	244	14.845	245.714	14.841	246.4	14.837
247.429	14.851	248.8	14.869	249.143	14.868	250.857	14.852	251.2	14.844
252.571	14.826	253.6	14.836	254.286	14.84	256	14.885	257.714	14.913
258.4	14.936	259.429	14.964	261.143	15.026	262.857	14.924	263.2	14.948
264.571	15.043	265.6	15.057	266.286	15.075	268	15.155	269.714	15.213
270.4	15.212	271.429	15.217	272.8	15.264	273.143	15.273	274.857	15.312
275.2	15.316	276.571	15.323	277.6	15.322	278.286	15.326	280	15.215
281.714	15.404	282.4	15.423	283.429	15.441	284.8	15.474	286.857	15.549
287.2	15.559	288.571	15.575	289.6	15.575	290.286	15.595	292	15.658
293.714	15.688	294.4	15.715	295.429	15.747	296.8	15.782	297.143	15.795
298.857	15.855	299.2	15.863	300.571	15.892	301.6	15.911	302.286	15.928
304	15.97	305.714	15.987	306.4	16.012	307.429	16.069	308.8	16.092
309.143	16.098	310.857	16.177	313.6	16.244	314.286	16.258	316	16.285

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 58 di 64	Rev. 0

317.714	16.356	318.4	16.378	319.429	16.416	320.8	16.446	321.143	16.454
322.857	16.521	323.2	16.534	324.571	16.567	325.6	16.604	326.286	16.64
328	16.715	329.714	16.721	330.4	16.741	331.429	16.789	332.8	16.848
333.143	16.859	334.857	16.891	335.2	16.892	336.571	16.903	337.6	16.947
338.286	16.982	340	17.01	342.4	17.093	343.429	17.126	344.8	17.14
345.143	17.144	346.857	17.176	347.2	17.185	348.571	17.276	349.6	17.345
350.286	17.375	352	17.455	353.714	17.499	354.4	17.535	355.429	17.593
356.8	17.598	357.143	17.609	358.857	17.666	359.2	17.684	360.571	17.749
361.6	17.785	362.286	17.784	364	17.785	365.714	17.851	366.4	17.851
367.429	17.896	368.8	17.997	369.143	18.021	371.2	18.166	372.571	18.277
373.6	18.395	374.286	18.458	376	18.595	377.714	18.621	378.4	18.653
379.429	18.744	380.8	18.87	381.143	18.871	382.857	18.849	383.2	18.858
384.571	18.81	385.6	18.735	386.286	18.771	388	18.897	389.714	18.979
390.4	19.021	393.143	18.802	395.2	18.653	396.571	18.389	397.6	18.157
398.286	18.256	400	18.57						

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	187.5	.035	214	.055

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	187.5	214		78.4	78.4		.1	.3
Left Levee		Station=		Elevation=	17.035			
Right Levee		Station=	215.5	Elevation=	17.03			

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 30

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	209					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	14.55	2	14.6	4	14.5	8	14.36	10	14.39
12	14.25	14	14.19	18	13.92	20	13.93	22	13.93
24	13.85	26	13.96	28	13.81	30	13.8	32	13.78
36	13.68	38	13.91	40	14.21	42	14.32	44	14.34
46	14.41	48	14.49	50	14.58	52	14.47	54	14.36
56	14.11	58	13.7	60	13.72	62	13.78	64	13.77
66	13.76	68	13.76	70	13.75	72	13.72	74	13.79
76	13.83	78	13.85	80	13.9	82	13.94	84	13.9
86	13.87	88	13.93	90	13.97	92	13.97	94	13.96
96	13.89	98	13.92	100	13.9	102	13.92	104	13.96
106	13.95	108	13.97	110	13.94	112	13.94	114	13.99
116	14.2	118	14.11	120	14.12	122	14.11	124	14.06
126	14.22	128	14.16	130	14.2	132	14.11	134	14.12
136	14.34	138	14.18	140	14.1	142	14.15	144	14.14
146	14.14	148	14.13	150	14.07	152	14.07	154	14.01
156	14.01	158	13.93	160	13.94	162	13.89	164	13.96
166	14.16	168	14.18	170	14.15	172	14.21	174	14.16
176	13.92	178	13.85	180	13.86	182	13.87	184	13.82
186	13.8	188	13.84	190	13.81	192	13.8	194	13.82
196	13.77	198	13.78	200	13.71	202	13.74	204	13.76
206	13.73	208	13.68	210	14.34	212	15.77	214	16.74
216	17.02	217	16.8	218	16.36	219	15.92	220	15.48
221	15.03	222	14.58	223	14.14	224	13.71	225	13.31
226	12.93	227	12.73	228	12.58	229	12.2	230	11.77
231	11.63	232	11.64	233	11.6	234	11.57	235	11.66
236	11.7	237	11.99	238	12.54	239	13.07	240	13.76
241	14.43	242	14.95	243	15.48	244	16.02	245	16.35
246	16.44	247	16.35	248	15.93	250	14.39	252	13.96
254	13.96	256	14.03	258	14	260	14.01	262	14.02
266	14.11	268	14.08	270	14.08	272	14.04	274	14.09
276	14.06	278	14.08	280	14.08	282	14.13	286	14.17
288	14.18	290	14.25	292	14.3	294	14.38	296	14.42
298	14.43	300	14.47	302	14.55	304	14.58	306	14.67
308	14.67	310	14.81	312	14.86	314	14.87	316	14.94
318	15	320	15.09	322	15.11	324	15.22	328	15.44
330	15.53	332	15.63	334	15.75	336	15.87	338	15.93

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 59 di 64

340	16.07	342	16.1	344	16.21	346	16.27	348	16.35
350	16.47	352	16.53	354	16.58	356	16.64	358	16.89
360	17.03	362	17.07	364	17.13	366	17.32	368	17.49
370	17.48	372	17.58	374	17.89	376	18.18	378	18.52
380	18.75	382	18.92	384	19.29	386	19.24	388	18.89
392	19.4	396	18.55	398	17.55	400	18.33		

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 218 .035 245 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
218 245 87.73 87.73 87.73 .1 .3
Left Levee Station= 216 Elevation= 17.02
Right Levee Station= 246 Elevation= 16.44

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	16.79	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.13	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	15.66	Reach Len. (m)	87.73	87.73	87.73
Crit W.S. (m)	15.52	Flow Area (m2)		61.19	
E.G. Slope (m/m)	0.008463	Area (m2)		61.19	
Q Total (m3/s)	288.00	Flow (m3/s)		288.00	
Top Width (m)	23.73	Top Width (m)		23.73	
Vel Total (m/s)	4.71	Avg. Vel. (m/s)		4.71	
Max Chl Dpth (m)	4.09	Hydr. Depth (m)		2.58	
Conv. Total (m3/s)	3130.6	Conv. (m3/s)		3130.6	
Length Wtd. (m)	87.73	Wetted Per. (m)		25.53	
Min Ch El (m)	11.57	Shear (N/m2)		198.89	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	19151.15	10341.62	11777.96
Frctn Loss (m)	0.72	Cum Volume (1000 m3)		21.10	
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		7.92	

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 25.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 412

Sta	Elev								
0	15.09	1.893	15.067	2.119	15.062	3.787	14.966	4.239	14.887
7.574	14.33	8.477	14.296	9.467	14.282	10.596	14.317	11.361	14.31
12.716	14.261	13.254	14.252	14.835	14.178	17.041	14.035	18.934	13.869
19.073	13.868	21.193	13.918	22.721	13.95	23.312	13.866	24.615	13.655
25.431	13.625	26.508	13.633	27.55	13.685	28.402	13.675	29.67	13.68
30.295	13.704	31.789	13.672	32.189	13.663	33.908	13.539	35.975	13.376
37.869	13.373	38.147	13.365	39.762	13.423	40.266	13.477	41.656	13.648
42.385	13.661	43.549	13.63	44.505	13.663	45.443	13.674	46.624	13.611
47.336	13.582	48.743	13.624	49.23	13.639	50.862	13.653	51.123	13.656
52.982	13.675	53.016	13.674	54.91	13.665	55.101	13.657	56.803	13.586
57.22	13.572	58.697	13.473	59.339	13.437	60.59	13.319	61.459	13.228
62.484	13.225	63.578	13.233	64.377	13.246	65.697	13.262	66.27	13.259
67.817	13.235	68.164	13.229	69.936	13.225	70.057	13.225	71.951	13.235
72.055	13.235	73.844	13.236	74.174	13.232	75.738	13.209	76.294	13.205
77.631	13.227	78.413	13.244	79.525	13.26	80.532	13.275	81.418	13.284
82.651	13.297	83.311	13.308	84.771	13.317	85.205	13.319	86.89	13.331
87.098	13.328	88.992	13.285	89.009	13.285	90.885	13.292	91.128	13.289
92.779	13.303	93.248	13.309	94.672	13.318	95.367	13.316	96.566	13.3
97.486	13.305	98.459	13.308	99.605	13.302	100.352	13.288	101.725	13.261
102.246	13.264	103.844	13.283	104.139	13.284	105.963	13.275	106.033	13.275
107.926	13.289	108.083	13.289	109.82	13.291	110.202	13.294	111.713	13.286
112.321	13.279	113.607	13.271	114.44	13.277	115.5	13.273	116.56	13.257
117.393	13.25	118.679	13.243	119.287	13.247	120.798	13.269	121.18	13.289
122.917	13.357	123.074	13.352	124.967	13.326	125.037	13.325	126.861	13.334
127.156	13.327	128.754	13.281	129.275	13.278	131.395	13.245	132.541	13.283
133.514	13.328	134.434	13.322	135.633	13.296	136.328	13.297	137.752	13.295
138.221	13.28	139.872	13.249	140.115	13.251	141.991	13.23	142.008	13.231

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081	
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077		
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 60 di 64	Rev. 0	

143.902	13.294	144.11	13.303	145.795	13.226	146.229	13.213	147.689	13.197
148.349	13.187	149.582	13.205	150.468	13.213	151.475	13.208	152.587	13.187
153.369	13.175	154.706	13.203	155.262	13.214	156.826	13.222	157.156	13.22
158.945	13.157	159.049	13.155	160.943	13.16	161.064	13.159	162.836	13.12
163.183	13.12	164.73	13.14	165.303	13.137	166.623	13.105	167.422	13.096
168.516	13.108	169.541	13.118	170.41	13.115	171.661	13.11	172.303	13.126
173.78	13.208	174.197	13.245	175.899	13.338	176.09	13.341	177.984	13.335
178.018	13.335	179.877	13.342	180.138	13.339	181.77	13.353	182.257	13.35
183.664	13.303	184.376	13.297	185.557	13.233	186.495	13.197	187.451	13.199
188.615	13.174	189.344	13.172	190.734	13.157	191.238	13.151	192.853	13.164
193.131	13.162	194.972	13.106	195.025	13.105	196.918	13.121	197.092	13.12
198.811	13.141	199.211	13.142	200.705	13.119	201.33	13.113	203.45	13.099
204.492	13.1	205.569	13.102	206.385	13.09	207.688	13.075	208.279	13.076
209.807	13.1	210.172	13.099	211.927	13.042	212.066	13.041	213.959	13.054
214.046	13.055	215.852	13.064	216.165	13.069	217.746	13.079	218.284	13.082
219.639	13.084	220.404	13.099	221.533	13.311	222.523	13.525	223.426	13.885
224.642	14.61	225.32	14.94	226.761	15.609	227.213	15.745	228.16	15.947
228.881	16.113	229.107	16.127	229.94	16.04	230.053	16.017	231	15.71
231.971	15.378	232.031	15.353	232.941	14.971	233.062	14.914	233.912	14.515
234.094	14.426	234.882	14.043	235.125	13.934	235.853	13.61	236.156	13.475
236.824	13.181	237.188	13.049	237.794	12.837	238.219	12.773	238.765	12.694
239.25	12.605	239.735	12.558	240.281	12.457	240.706	12.389	241.312	12.129
241.676	11.933	242.344	11.521	242.647	11.327	243.375	11.108	243.618	11.069
244.406	11.003	244.588	11.001	245.438	11.014	245.559	11.013	246.469	10.986
246.529	10.984	247.5	10.96	248.455	11.046	248.55	11.052	249.409	11.07
249.6	11.099	250.364	11.233	250.65	11.323	251.318	11.512	251.7	11.616
252.273	11.81	252.75	12.012	253.227	12.367	253.8	12.786	254.182	13.082
254.85	13.547	255.136	13.749	255.9	14.292	256.091	14.431	256.95	15.063
257.045	15.12	258	15.585	258.916	15.784	259.101	15.806	259.832	15.777
260.202	15.695	260.748	15.57	261.302	15.337	262.581	14.626	263.504	14.392
264.413	14.056	265.705	13.73	266.245	13.663	267.907	13.487	268.077	13.492
269.91	13.493	270.109	13.496	271.742	13.507	272.31	13.512	273.574	13.509
274.512	13.517	276.713	13.514	277.239	13.516	278.915	13.491	279.071	13.492
280.903	13.513	281.116	13.513	282.735	13.491	283.318	13.498	284.568	13.521
285.519	13.517	286.4	13.516	287.721	13.532	288.232	13.534	289.922	13.53
290.065	13.533	291.897	13.591	292.124	13.596	295.561	13.705	296.527	13.733
297.394	13.747	298.729	13.791	299.226	13.811	300.93	13.873	301.058	13.877
302.89	13.951	303.132	13.958	304.723	13.997	305.333	14.007	306.555	14.027
307.535	14.051	308.387	14.075	309.736	14.129	310.219	14.148	311.938	14.189
312.052	14.192	313.884	14.262	314.14	14.265	315.716	14.269	316.341	14.294
317.548	14.356	318.543	14.384	319.381	14.41	320.744	14.439	321.213	14.449
322.946	14.513	323.045	14.515	324.877	14.545	326.71	14.59	327.349	14.593
328.542	14.611	329.55	14.65	330.374	14.677	331.752	14.721	333.953	14.797
334.039	14.8	335.871	14.854	336.155	14.863	337.703	14.919	338.357	14.946
339.535	14.996	340.558	15.038	341.368	15.074	342.76	15.113	343.2	15.119
344.961	15.182	345.032	15.186	346.865	15.217	347.163	15.229	348.697	15.278
349.364	15.291	350.529	15.31	351.566	15.333	352.361	15.361	353.767	15.426
354.194	15.438	355.969	15.459	356.026	15.461	357.858	15.519	358.171	15.53
359.69	15.569	360.372	15.622	361.523	15.7	362.574	15.74	363.355	15.777
364.775	15.806	365.187	15.808	366.977	15.829	367.019	15.83	368.852	15.934
369.178	15.95	370.684	16.023	371.38	16.023	372.516	16.02	373.581	16.049
374.348	16.07	375.783	16.191	376.181	16.229	377.984	16.388	378.013	16.39
379.845	16.577	380.186	16.601	381.677	16.681	382.388	16.708	383.51	16.775
384.589	16.899	385.342	16.984	386.791	16.98	387.174	16.975	389.006	16.797
391.194	16.947	392.671	17.057	395.597	16.731	396.335	16.658	397.798	16.286
398.168	16.192	400	16.615						

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 231 .035 258 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
231 258 87.73 87.73 87.73 .1 .3
Left Levee Station= 229 Elevation= 16.15
Right Levee Station= 259.5 Elevation= 15.825

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 20

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 61 di 64	Rev. 0

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 208

Sta	Elev								
0	15.63	2	15.54	4	15.41	8	14.27	10	14.19
12	14.28	14	14.27	18	14.02	20	13.81	24	13.97
26	13.43	28	13.36	30	13.45	32	13.6	34	13.53
38	13.02	40	13.06	42	12.99	44	13.19	46	12.99
48	13.02	50	12.8	52	12.85	54	12.81	56	12.77
58	12.85	60	12.79	62	12.76	64	12.77	66	12.74
68	12.75	70	12.74	72	12.69	74	12.69	76	12.71
78	12.72	80	12.69	82	12.69	84	12.71	86	12.73
88	12.75	90	12.73	92	12.72	94	12.67	96	12.71
98	12.69	100	12.68	102	12.63	104	12.65	106	12.64
108	12.63	110	12.65	112	12.65	114	12.66	116	12.63
118	12.62	120	12.58	122	12.59	124	12.56	126	12.54
128	12.55	130	12.51	132	12.54	134	12.55	136	12.45
140	12.42	142	12.45	144	12.42	146	12.38	148	12.39
150	12.34	152	12.27	154	12.24	156	12.27	158	12.28
160	12.27	162	12.21	164	12.29	166	12.32	168	12.24
170	12.25	172	12.22	174	12.27	176	12.25	178	12.28
180	12.31	182	12.34	184	12.49	186	12.52	188	12.49
190	12.53	192	12.51	194	12.43	196	12.44	198	12.51
200	12.49	202	12.44	204	12.46	206	12.39	208	12.44
210	12.45	212	12.42	216	12.39	218	12.38	220	12.38
222	12.43	224	12.37	226	12.37	228	12.37	230	12.42
232	12.47	234	12.59	236	12.82	238	13.8	240	14.69
241	14.97	242	15.28	243	15.28	244	15.06	245	14.81
246	14.41	247	13.92	248	13.4	249	12.95	250	12.5
251	12.2	252	12.28	253	12.28	254	12.11	255	11.42
256	10.58	257	10.4	258	10.37	259	10.39	260	10.37
261	10.35	262	10.44	263	10.44	264	10.49	265	10.48
266	10.61	267	11.41	268	12.3	269	13.21	270	14.16
271	14.82	272	15.19	273	15.21	274	15.21	276	14.61
278	13.5	280	12.95	282	12.99	284	13.01	286	12.99
288	12.93	290	12.9	292	12.95	294	12.94	296	12.96
298	12.99	300	12.98	302	13.06	306	13.29	308	13.35
310	13.45	312	13.53	314	13.59	316	13.65	318	13.73
320	13.8	322	13.86	324	13.87	326	13.93	328	14.01
330	14.09	334	14.09	336	14.13	338	14.14	340	14.16
342	14.18	344	14.22	346	14.26	348	14.31	350	14.3
352	14.34	354	14.35	356	14.35	358	14.41	360	14.39
362	14.47	364	14.51	366	14.51	368	14.55	370	14.53
372	14.55	374	14.56	376	14.56	378	14.56	380	14.6
382	14.64	384	14.6	386	14.66	388	14.71	392	14.7
396	14.74	398	14.82	400	14.9				

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	244	.035	271	.055

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

Left	Right	Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
244	271	72.695	72.695	72.695	.1		.3
Left Levee	Station=	242	Elevation=	15.28			
Right Levee	Station=	273	Elevation=	15.21			

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	15.39	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.89	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	14.49	Reach Len. (m)	72.70	72.70	72.70
Crit W.S. (m)	14.05	Flow Area (m2)		68.76	
E.G. Slope (m/m)	0.006250	Area (m2)		68.76	
Q Total (m3/s)	288.00	Flow (m3/s)		288.00	
Top Width (m)	24.72	Top Width (m)		24.72	
Vel Total (m/s)	4.19	Avg. Vel. (m/s)		4.19	
Max Chl Dpth (m)	4.14	Hydr. Depth (m)		2.78	
Conv. Total (m3/s)	3643.1	Conv. (m3/s)		3643.1	
Length Wtd. (m)	72.70	Wetted Per. (m)		27.23	
Min Ch El (m)	10.35	Shear (N/m2)		154.76	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83077
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 62 di 64
				Rev. 0

Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	19151.15	11586.44	13070.66
Frctn Loss (m)	0.47	Cum Volume (1000 m3)		9.89	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		3.70	

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 15.*

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	420							
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	15.08	1.963	15.006	2.038	15.003	3.926	14.945	4.077	14.923		
6.115	14.632	7.852	14.363	8.153	14.354	9.816	14.279	10.191	14.279		
11.779	14.296	12.23	14.289	13.742	14.296	14.268	14.283	16.306	14.128		
17.668	14.005	18.345	13.929	19.631	13.851	20.383	13.86	22.421	13.912		
23.557	13.938	24.46	13.816	25.52	13.67	26.498	13.653	27.484	13.635		
28.536	13.659	29.447	13.68	30.574	13.723	31.41	13.757	32.613	13.739		
33.373	13.725	34.651	13.642	36.689	13.48	37.299	13.427	38.728	13.41		
39.262	13.381	40.766	13.258	41.225	13.205	42.804	13.13	43.189	13.144		
44.843	13.036	45.152	13.022	46.881	13.043	47.115	13.043	48.919	12.929		
49.078	12.918	50.957	12.924	51.041	12.924	52.996	12.89	54.967	12.846		
55.034	12.846	56.93	12.862	57.072	12.858	58.893	12.812	59.111	12.808		
60.857	12.769	61.149	12.766	62.82	12.729	63.187	12.717	64.783	12.638		
65.226	12.621	66.746	12.591	67.264	12.579	68.709	12.621	69.302	12.632		
70.672	12.615	71.34	12.615	72.635	12.59	73.379	12.579	74.598	12.612		
75.417	12.632	76.561	12.638	77.455	12.633	78.525	12.622	79.494	12.62		
80.488	12.635	81.532	12.655	82.451	12.665	83.57	12.676	84.414	12.68		
85.609	12.686	86.377	12.694	87.647	12.694	88.34	12.692	89.685	12.692		
90.303	12.692	91.723	12.677	92.266	12.673	93.762	12.695	94.23	12.702		
95.8	12.702	96.193	12.692	97.838	12.656	98.156	12.652	99.877	12.613		
100.119	12.614	101.915	12.649	102.082	12.654	103.953	12.69	104.045	12.691		
105.991	12.7	106.008	12.699	107.971	12.593	108.03	12.59	109.934	12.553		
110.068	12.55	111.898	12.568	112.106	12.568	113.861	12.555	114.145	12.554		
115.824	12.558	116.183	12.556	117.787	12.505	118.221	12.496	119.75	12.5		
120.26	12.496	121.713	12.496	122.298	12.497	123.676	12.49	124.336	12.492		
125.639	12.498	126.374	12.493	127.602	12.459	128.413	12.451	129.566	12.463		
130.451	12.467	131.529	12.467	132.489	12.441	133.492	12.41	134.528	12.401		
136.566	12.373	137.418	12.37	138.604	12.379	139.381	12.374	140.643	12.345		
141.344	12.337	142.681	12.316	143.307	12.315	144.719	12.329	145.27	12.326		
146.757	12.296	147.234	12.283	148.796	12.232	149.197	12.226	150.834	12.217		
151.16	12.213	152.872	12.218	153.123	12.219	154.911	12.22	155.086	12.22		
156.949	12.215	157.049	12.215	158.987	12.175	159.012	12.175	160.975	12.249		
161.026	12.25	162.939	12.242	163.064	12.237	164.902	12.195	165.102	12.196		
166.865	12.187	167.14	12.183	168.828	12.178	169.179	12.184	170.791	12.276		
171.217	12.293	172.754	12.266	173.255	12.264	174.717	12.275	175.294	12.279		
176.68	12.276	177.332	12.275	178.643	12.275	179.37	12.298	180.607	12.327		
181.409	12.321	182.57	12.327	183.447	12.318	184.533	12.321	185.485	12.34		
186.496	12.338	187.523	12.32	188.459	12.304	189.562	12.268	190.422	12.244		
191.6	12.238	192.385	12.238	193.638	12.257	194.348	12.26	195.677	12.233		
196.311	12.219	197.715	12.177	198.275	12.174	199.753	12.193	200.238	12.2		
201.791	12.187	202.201	12.184	203.83	12.221	204.164	12.226	205.868	12.234		
206.127	12.234	207.906	12.216	208.09	12.217	209.945	12.233	211.983	12.225		
212.016	12.225	213.98	12.21	214.021	12.21	215.943	12.234	216.06	12.236		
217.906	12.283	218.098	12.282	219.869	12.251	220.136	12.25	221.832	12.233		
222.174	12.23	223.795	12.242	224.213	12.25	225.758	12.247	226.251	12.246		
227.721	12.258	228.289	12.272	229.684	12.294	230.328	12.323	231.648	12.416		
232.366	12.604	233.611	13.159	234.404	13.495	235.574	14.216	236.443	14.679		
236.555	14.714	237.462	15.008	237.537	15.021	238.481	15.03	238.518	15.026		
239.5	14.805	240.405	14.429	240.618	14.303	241.31	13.846	241.735	13.568		
242.214	13.235	242.853	12.989	243.119	12.883	243.971	12.614	244.024	12.599		
244.929	12.357	245.088	12.32	245.833	12.145	246.206	12.064	246.738	11.984		
247.324	11.886	247.643	11.886	248.441	11.871	248.548	11.865	249.452	11.805		
249.559	11.795	250.357	11.659	250.676	11.589	251.262	11.324	251.794	11.007		
252.167	10.76	252.912	10.249	253.071	10.187	253.976	10.029	254.029	10.025		
254.881	10.014	255.147	10.009	255.786	10.011	256.265	10.01	256.69	10.001		
257.382	9.972	257.595	9.963	258.5	9.945	259.4	10.026	259.625	10.035		
260.3	10.098	260.75	10.153	261.2	10.219	261.875	10.296	262.1	10.348		
263	10.625	263.9	11.413	264.125	11.621	264.8	12.303	265.25	12.763		

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 63 di 64

265.7	13.19	266.375	13.846	266.6	14.044	267.5	14.69	268.474	15.035
268.527	15.046	269.449	15.074	269.554	15.071	270.423	15.035	270.581	14.997
271.397	14.681	272.636	14.189	273.346	13.818	274.69	13.262	275.294	13.094
276.744	12.695	277.243	12.63	278.798	12.445	279.191	12.397	280.853	12.371
281.14	12.364	282.907	12.382	283.088	12.382	284.961	12.312	285.037	12.309
286.985	12.33	287.016	12.331	288.934	12.403	289.07	12.403	290.882	12.376
291.124	12.375	292.831	12.383	293.178	12.388	294.779	12.412	295.233	12.409
296.728	12.386	297.287	12.399	298.676	12.462	299.341	12.478	300.625	12.521
302.574	12.585	303.45	12.612	304.522	12.631	305.504	12.627	306.471	12.634
307.558	12.693	308.419	12.737	309.612	12.72	310.368	12.706	311.667	12.695
312.316	12.689	313.721	12.714	314.265	12.726	315.775	12.708	316.213	12.702
317.829	12.763	318.162	12.775	319.884	12.765	320.11	12.761	321.938	12.667
322.059	12.662	323.992	12.774	324.007	12.775	325.956	12.738	326.047	12.739
327.904	12.761	328.101	12.768	329.853	12.795	331.801	12.805	332.209	12.802
333.75	12.805	334.264	12.814	335.699	12.828	336.318	12.838	337.647	12.861
338.372	12.882	339.596	12.916	340.426	12.924	341.544	12.941	342.481	12.936
343.493	12.93	344.535	12.951	345.441	12.971	346.589	12.979	347.39	12.973
348.643	12.97	349.338	12.977	350.698	12.969	351.287	12.961	352.752	12.988
353.235	12.995	354.806	13.003	355.184	13.011	356.86	13.035	357.132	13.034
358.915	13.025	359.081	13.028	360.969	13.084	361.029	13.086	362.978	13.125
363.023	13.125	364.926	13.14	365.078	13.143	366.875	13.202	367.132	13.207
368.824	13.212	369.186	13.212	370.772	13.228	371.24	13.23	372.721	13.234
373.295	13.229	374.669	13.215	375.349	13.203	376.618	13.18	377.403	13.188
378.566	13.211	379.457	13.227	380.515	13.245	381.512	13.252	382.463	13.241
383.566	13.23	384.412	13.242	385.62	13.279	386.36	13.299	387.674	13.325
388.309	13.329	390.257	13.317	391.783	13.342	392.206	13.352	394.154	13.377
395.891	13.376	396.103	13.379	397.946	13.462	398.051	13.467	400	13.495

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .055 239.5 .035 267.5 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 239.5 267.5 72.695 72.695 72.695 .1 .3
 Left Levee Station= 238 Elevation= 15.03
 Right Levee Station= 269.5 Elevation= 15.075

CROSS SECTION

RIVER: alveo
 REACH: princ RS: 10

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 219
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev
0 14.53 2 14.47 4 14.48 6 14.49 8 14.45
10 14.35 12 14.3 14 14.33 16 14.15 18 13.91
20 13.88 22 13.9 24 13.91 26 13.91 28 13.91
30 13.91 32 13.92 34 13.92 36 13.86 38 13.77
40 13.51 42 13.11 44 13.05 46 13.07 48 13.04
50 13 52 12.97 54 12.92 56 12.87 58 12.83
60 12.77 62 12.67 64 12.5 66 12.41 68 12.54
70 12.54 72 12.46 74 12.55 76 12.56 78 12.55
80 12.61 82 12.63 84 12.63 86 12.65 88 12.66
90 12.67 92 12.69 94 12.71 96 12.63 98 12.59
100 12.65 102 12.74 104 12.77 106 12.53 108 12.45
110 12.48 112 12.48 114 12.5 116 12.41 118 12.41
120 12.44 122 12.44 124 12.45 126 12.38 128 12.39
130 12.38 132 12.36 134 12.32 136 12.32 138 12.26
140 12.24 142 12.27 144 12.24 146 12.18 148 12.19
150 12.17 152 12.16 154 12.16 156 12.14 158 12.21
160 12.16 162 12.15 164 12.12 166 12.14 168 12.32
170 12.27 172 12.27 174 12.23 176 12.2 178 12.14
180 12.13 182 12.17 184 12.12 186 12.07 188 12.04
190 12.03 192 11.97 194 11.9 196 11.93 198 11.97
200 12.01 202 12.02 204 12.01 206 12.06 208 12.06
210 12.04 212 12.09 214 12.14 216 12.13 218 12.09
220 12.12 222 12.06 224 12.04 226 11.98 228 12.03
230 12.83 232 14.42 233 14.76 234 14.78 235 14.55

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83077	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 64 di 64	Rev. 0

236	14	237	13.13	238	12.27	239	11.97	240	11.82
241	11.7	242	11.64	243	11.61	244	11.55	245	11.45
246	11.33	247	11.16	248	10.9	249	10.38	250	9.82
251	9.65	252	9.65	253	9.64	254	9.62	255	9.56
256	9.54	257	9.63	258	9.84	259	10.11	260	10.64
261	11.61	262	12.77	263	13.77	264	14.56	265	14.9
266	14.94	267	14.86	268	14.39	270	13.41	272	12.85
274	12.3	276	11.8	278	11.72	280	11.78	282	11.69
284	11.76	286	11.86	288	11.81	290	11.81	292	11.84
294	11.79	296	11.89	298	11.91	300	11.93	302	11.94
304	11.87	306	11.99	308	11.86	310	11.77	312	11.78
314	11.66	316	11.74	318	11.66	320	11.45	322	11.62
324	11.47	326	11.44	328	11.5	330	11.52	332	11.49
334	11.52	336	11.57	338	11.66	340	11.68	342	11.62
344	11.66	346	11.64	348	11.64	350	11.58	352	11.64
354	11.66	356	11.66	358	11.66	360	11.7	362	11.74
364	11.77	366	11.86	368	11.89	370	11.91	372	11.91
374	11.87	376	11.8	378	11.84	380	11.87	382	11.86
384	11.86	386	11.92	388	11.95	390	11.93	392	12
394	12.03	396	12.01	398	12.11	400	12.09		

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 235 .035 264 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
235 264 0 0 .1 .3
Left Levee Station= 234 Elevation= 14.78
Right Levee Station= 266 Elevation= 14.94

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	14.42	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.93	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	13.49	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	13.20	Flow Area (m2)		67.59	
E.G. Slope (m/m)	0.007009	Area (m2)		67.59	
Q Total (m3/s)	288.00	Flow (m3/s)		288.00	
Top Width (m)	26.14	Top Width (m)		26.14	
Vel Total (m/s)	4.26	Avg. Vel. (m/s)		4.26	
Max Chl Dpth (m)	3.95	Hydr. Depth (m)		2.59	
Conv. Total (m3/s)	3440.0	Conv. (m3/s)		3440.0	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		28.42	
Min Ch El (m)	9.54	Shear (N/m2)		163.43	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	19151.15	11203.43	12735.51
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			