

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 1 di 75	Rev. 2

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

Attraversamento in subalveo del fiume TORDINO

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data
2	Aggiornamento riferimenti	Caccavo	Villi	Sciosci	Feb. '22
1	Revisione	Caccavo	Villi	Sciosci	Mar. '21
0	Emissione	Caccavo	Brunetti	Sciosci	Gen. '19

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 2 di 75 Rev. 2

INDICE

1	GENERALITA'	4
1.1	Premessa	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	Disegno di Attraversamento	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	10
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	13
4.1	Generalità	13
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	13
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	13
4.4	Studi PSDA - Modalità di elaborazione per valutazioni idrologiche	15
4.4.1	<u>Premessa</u>	15
4.4.2	<u>Il Metodo della grandezza indice, secondo le linee guida del Progetto VAPI</u>	15
4.4.3	<u>Stima delle portate al colmo</u>	17
4.4.4	<u>Curva di crescita regionale</u>	17
4.4.5	<u>Portata Indice m_Q</u>	18
4.5	Studi PSDA - Selezione dei risultati di interesse	19
4.6	Portate al colmo di piena nella sezione di studio	21
4.7	Portata di progetto	22
5	STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	23
5.1	Presupposti e limiti dello studio	23
5.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	24
5.3	Risultati della simulazione idraulica	26
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	30
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	31
6.1	Generalità	31
6.2	Criteri di calcolo	32
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	34
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	35
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	36
7.1	Metodologia costruttiva: Microtunnelling	36
7.2	Configurazione geometrica di progetto	36

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 3 di 75	Rev. 2

8	DESCRIZIONE DELLA TECNICA COSTRUTTIVA DEL MICROTUNNEL	38
8.1	Generalità	38
8.2	Requisiti generali del sistema costruttivo	38
8.3	Fasi Operative	40
8.4	Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo	43
9	VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA	45
9.1	Premessa	45
9.2	PSDA - Analisi disposizioni per le aree di pericolosità idraulica	45
9.3	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	47
9.4	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	49
10	CONCLUSIONI	52
	APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - METODOLOGIA DI CALCOLO	54
	APPENDICE 2: STUDIO IDRAULICO - REPORT PROGRAMMA HEC RAS	59
	ANNESSO:	
	• Elaborato grafico di progetto: LC-5C-81922	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 4 di 75	Rev. 2

1 GENERALITA'

1.1 Premessa

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto denominato *"Rifacimento metanodotto Ravenna – Chieti"* intende realizzare il nuovo tratto *"San Benedetto del Tronto - Chieti, DN 650 (26") - DP 75 bar"*, in sostituzione del tratto di metanodotto attualmente in esercizio, che si sviluppa nell'ambito dei territori delle Marche e dell'Abruzzo.

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del fiume TORDINO nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua (a circa 2,5 km dalla foce), in un ambito di confine tra i territori di Giulianova (TE) e di Roseto degli Abruzzi (TE).

Il Fiume Tordino rappresenta uno dei corsi d'acqua principali nella Regione Abruzzo per il quale l'ex "Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro", nell'ambito del "Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni" (PSDA), ha individuato e perimetrato le aree di pericolosità idraulica lungo lo sviluppo dell'asta fluviale.

Conseguentemente nell'ambito di attraversamento in esame s'individuano delle interferenze tra il tracciato del metanodotto in progetto con le aree censite di pericolosità idraulica nel PSDA. Le Norme di Attuazione del Piano consentono la realizzazione di infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica, subordinatamente alla presentazione di uno specifico studio di compatibilità idraulica.

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.

Lo studio è stato redatto in conformità delle disposizioni delle Norme di attuazione del PSDA, con particolare riferimento all'art.8 ed all'Allegato D delle norme stesse.

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 5 di 75

dell'attraversamento in esame);

- Studio idraulico, volto ad individuare i parametri caratteristici di deflusso idrico ed i fenomeni associati alla dinamica fluviale locale in corrispondenza dell'ambito di attraversamento, con particolare riferimento alla valutazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo;
- Descrizione delle scelte progettuali inerenti la metodologia costruttiva, la geometria della condotta in subalveo e le eventuali opere di presidio idraulico;
- Valutazioni inerenti la compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento, in riferimento ai criteri stabiliti nelle Norme di Attuazione per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti di pericolosità idraulica ai sensi del PSDA.

1.3 Disegno di Attraversamento

Il progetto dell'attraversamento del corso d'acqua, 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:

- **LC-5C-81922** *Microtunnel fiume Tordino*

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 6 di 75	Rev. 2

“Raise borer”, trivellazioni orizzontali controllate – T.O.C., ecc.).

Profondità d'interramento o Copertura della tubazione

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

Copertura minima

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

Pista di lavoro

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

Alveo

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

Opere di ripristino

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

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fig. 7 di 75

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'interferenza tra il metanodotto in progetto con il fiume Tordino ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua (a circa 2,5 km dalla foce), in un ambito di confine tra i territori di Giulianova e di Roseto degli Abruzzi.

Più esattamente l'attraversamento in esame è posizionato in prossimità della zona industriale di Colleranese e a circa 1,8 km a monte del ponte della strada statale S.S. n.16.

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

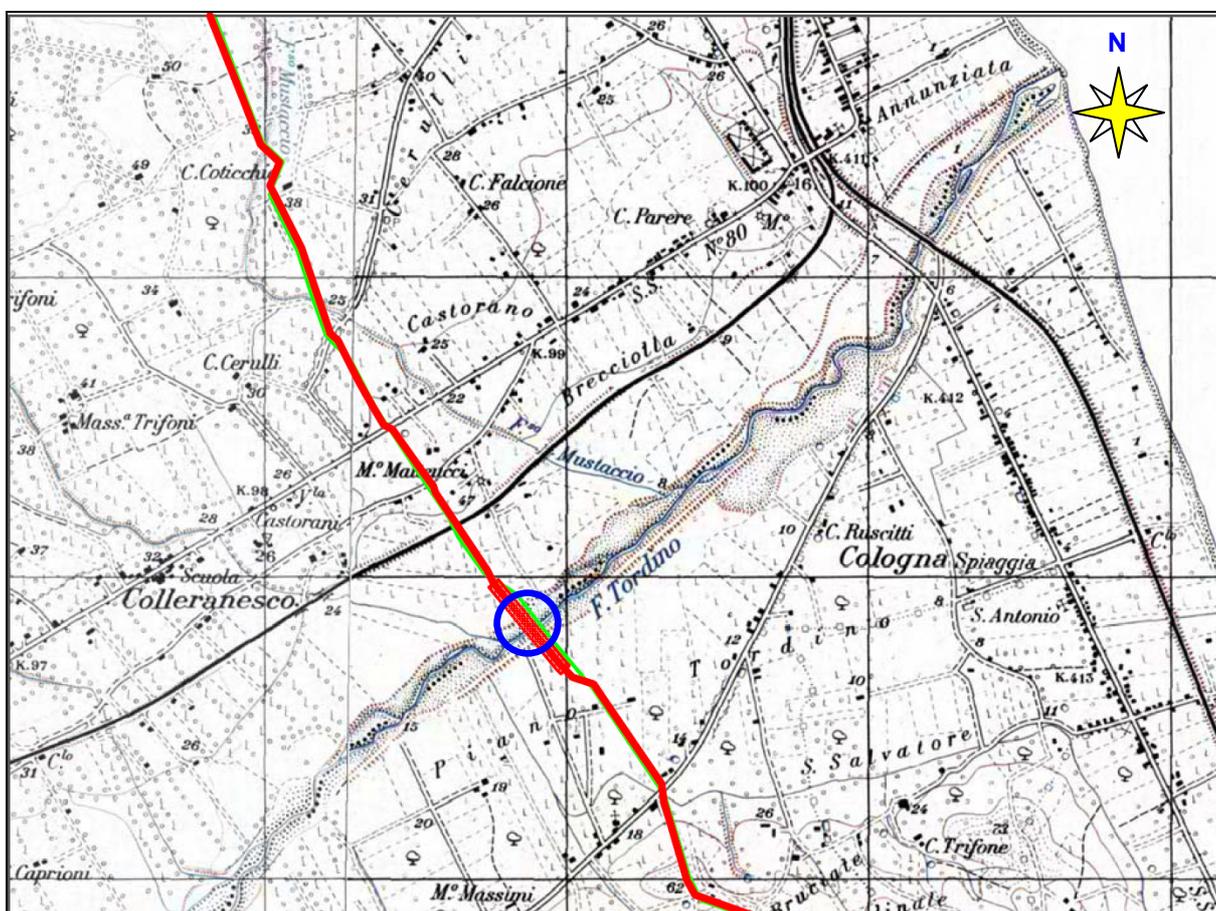


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

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

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

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua		
Coordinate Piane WGS84 - Fuso 33: Est /Nord	414814 m E	4730663 m N

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo	LA-E- 83134		
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti	Fg. 8 di 75	Rev. 2	

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

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante campitura rossa a strisce) 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.

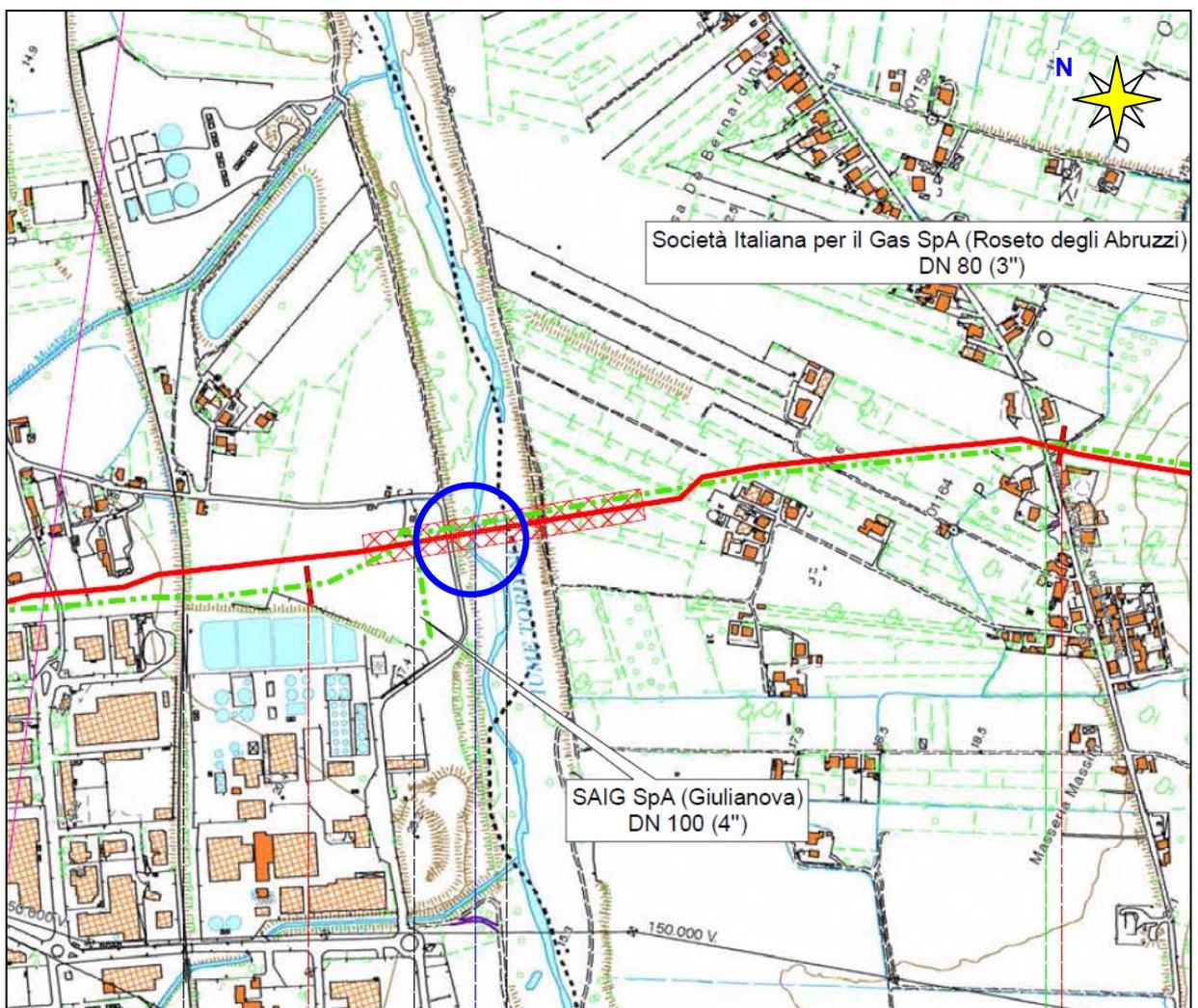


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

Dall'esame della figura precedente si rileva che l'attraversamento in progetto ricade a circa 35m a monte dell'esistente attraversamento aereo da parte del metanodotto "Ravenna - Chieti" in fase di dismissione.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fig. 9 di 75	Rev. 2

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il Fiume Tordino rappresenta uno dei corsi d'acqua principali nella Regione Abruzzo, caratterizzato da una superficie complessiva del bacino imbrifero di circa 450 kmq, integralmente ricadente nella provincia di Teramo e che presenta una forma allungata in direzione ONO - ENE.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua, con indicazione del reticolo idrografico principale e dell'ambito di attraversamento in esame (figura estrapolata dagli elaborati del Piano di Tutela delle acque della Regione Abruzzo).

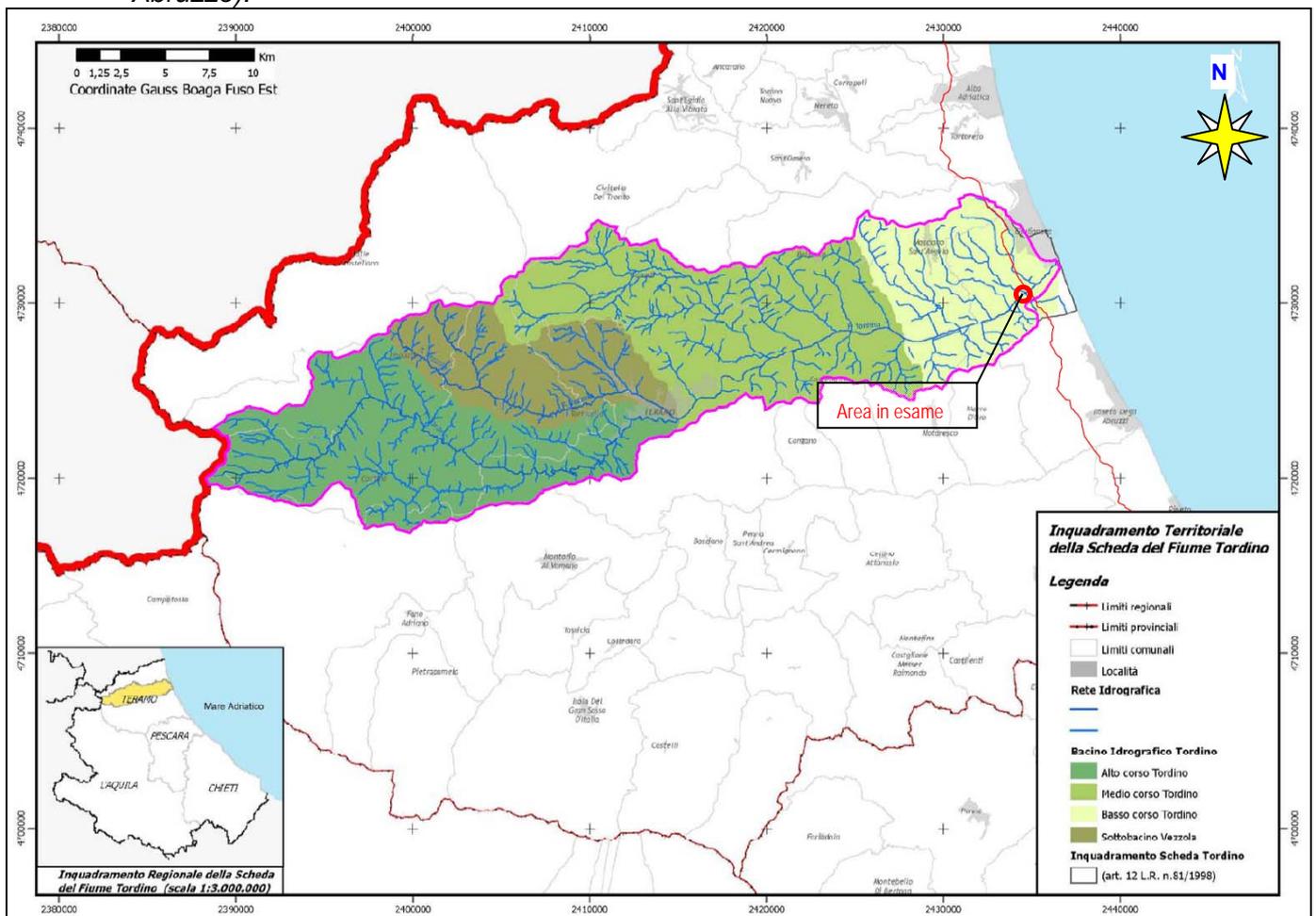


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua

Il Fiume Tordino nasce nel territorio di Cortino, tra i monti Gorzano (2458 m s.l.m.m.) e Pelone (2259 m s.l.m.), situati nella catena dei monti della Laga. Scorre interamente in provincia di Teramo e dopo uno sviluppo dell'asta principale di circa 65 km, sfocia nel mare Adriatico a sud dell'abitato di Giulianova.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 10 di 75	Rev. 2

Nella prima parte del percorso il Tordino, caratterizzato da un regime di tipo torrentizio, si dirige verso oriente, poi, in corrispondenza all'abitato di Macchiatornella, compie un grande arco verso nord, aggirando così la catena montuosa del Bilanciere, ed infine inizia un corso con pendenze minori ed alveo più ampio.

Come molti fiumi che sfociano nel medio e basso versante Adriatico, il suo percorso è approssimativamente breve e perpendicolare alla catena montuosa d'origine. Il regime idrologico del fiume è molto variabile e risulta strettamente dipendente dalle precipitazioni.

Il Tordino riceve anche numerosi contributi dagli affluenti e dai "fossi" maggiori. Da destra, dopo circa 5 km, il primo apporto idrico si deve al fosso Molvese, più a valle riceve il fosso di Elce e infine, a 21.5 km dalla sua sorgente il Fiumicello, che origina a sua volta da numerosi fossati e sorgenti che scendono dalle pendici del monte Bilanciere.

A sinistra il numero di affluenti è maggiore: il fosso della Cavata, il Rivettino (a 7 km), il Castiglione (a 10.5 km), il Rivoletto (a 11.6 km); contributi minori vengono dal Rio Verde, dal fosso dell'Inferno, dal torrente Fiumicino e dal torrente Vezzola. Quest'ultimo potrebbe dare un apporto più rilevante, se le sue acque non fossero in gran parte captate dall'ENEL.

Il Tordino presenta in generale un regime a carattere torrentizio, con portate massime mensili nei periodi tardo-autunnali, invernali ed inizio-primaverili e periodi di magra in estate. I deflussi sono legati principalmente al manifestarsi di eventi meteorologici.

A tal proposito, a livello conoscitivo, si riportano gli andamenti delle portate medie mensili (espresse in mc/s) valutate in funzione delle misurazioni idrometriche nelle stazioni presenti lungo l'asta del corso d'acqua (*Fonte: Piano Tutela delle Acque - Regione Abruzzo*).

Sezione	Nome Idrometro	Portata mensile (m ³ /s)	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Portata annuale (m ³ /s)
Alto Corso	Tordino a Teramo	$Q_{media\ mensile}$	1,714	2,755	2,890	2,713	2,683	1,688	0,804	0,478	0,672	1,137	1,439	1,927	$Q_{media\ annuale}$ 1,742
Basso Corso	Tordino a Cordesco	$Q_{media\ mensile}$	1,892	1,563	1,626	2,228	0,908	0,621	0,565	0,739	0,831	0,986	1,265	1,193	$Q_{media\ annuale}$ 1,201

3.2 Descrizione dell'area d'intervento

Come si rileva dalla precedente Fig.3.1/A, l'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua.

Nell'intorno dell'attraversamento l'alveo assume un andamento sostanzialmente rettilineo, con pendenza longitudinale media valutabile nell'ordine del 0.5÷0.7%. L'alveo si presenta molto ampio, con letto del fiume largo circa 80÷90m, strette fasce golenali e rilevati arginali che si elevano di circa 4÷5m dal fondo alveo e circa 2m dal piano campagna circostante. La sponda destra risulta interessata da una fitta vegetazione arbustiva (canneti); nel lato in sinistra idrografica la vegetazione risulta invece più rada.

I sedimenti presenti in alveo sono rappresentati da ghiaie e da ciottoli arrotondati di dimensioni significative. In destra idrografica si rileva la presenza di alcune erosioni localizzate della sponda, anche se nel complesso la configurazione d'alveo appare sostanzialmente stabile.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 11 di 75	Rev. 2

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 sagoma rettangolare in arancione a cavallo della condotta da posare.

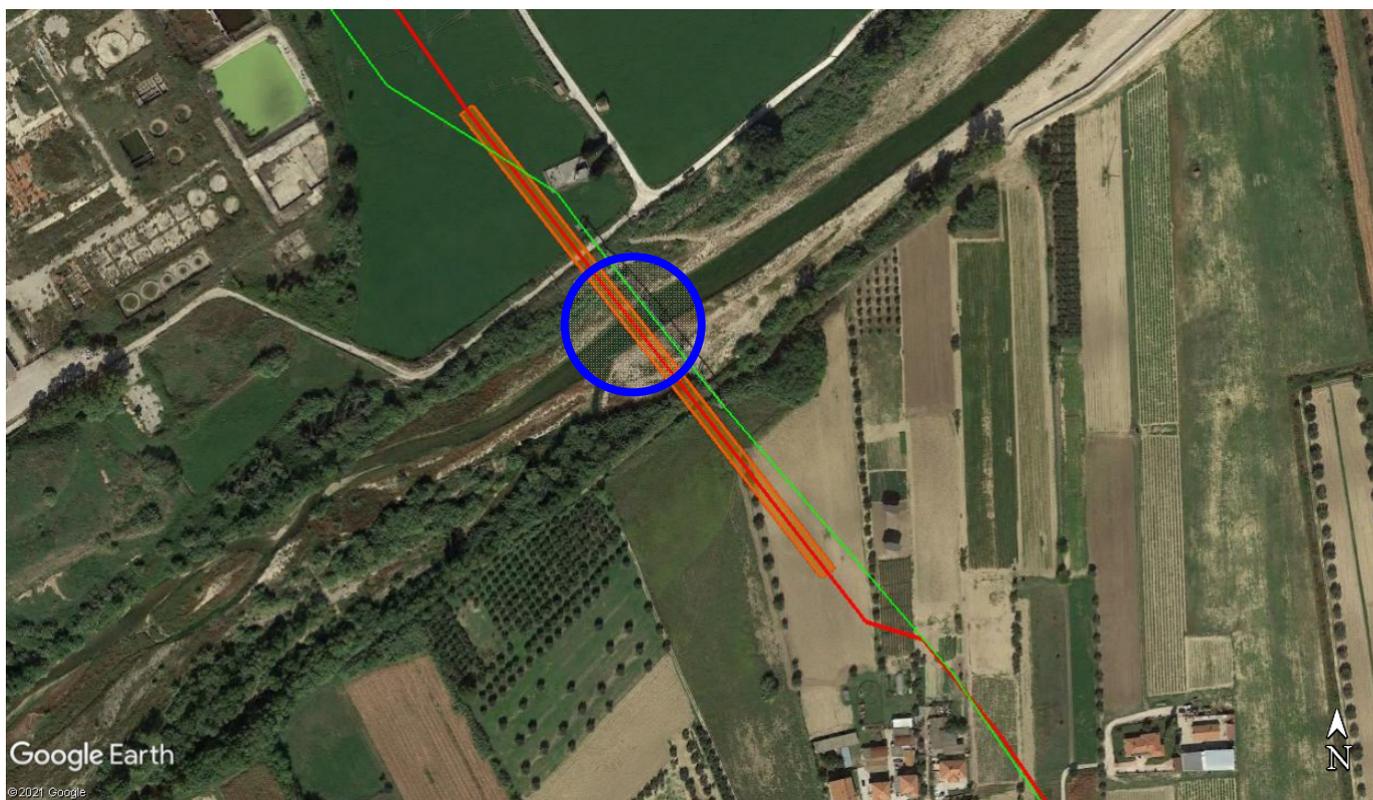


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da Google Earth)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 12 di 75	Rev. 2

Nella figura seguente, infine, è riportata una foto relativa all'ambito d'attraversamento in esame del corso d'acqua (foto scattata dalla sponda sinistra del corso d'acqua). La linea indicata in rosso rappresenta la posizione del tracciato del metanodotto in progetto. La stessa linea è stata riportata tratteggiata per indicare che l'attraversamento verrà eseguito mediante l'impiego di tecniche in trenchless e pertanto senza interferire in alcun modo con la configurazione d'alveo esistente.

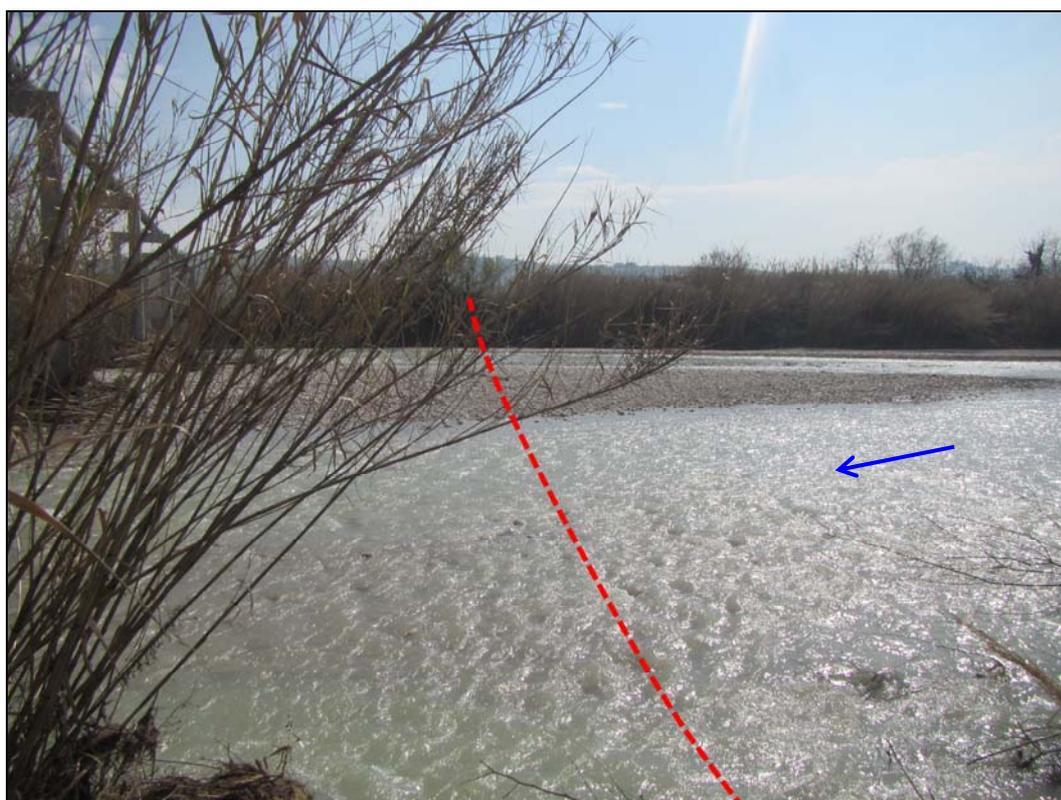


Fig.3.2/B: Foto ambito di attraversamento del corso d'acqua

Dall'esame della figura precedente si può individuare, poco a valle dell'attraversamento del metanodotto in progetto, la presenza del metanodotto in fase di dismissione posizionato su un ponte aereo composto da appoggi costituiti da telai piani in c.a. e disposti con un passo longitudinale di circa 20m di distanza. A fine lavori, il metanodotto da dismettere e la relativa struttura di sostegno verranno rimossi dall'ambito fluviale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 13 di 75	Rev. 2

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

Il fiume in esame, ricadente nel territorio di competenza "dell'ex Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro", rappresenta uno dei corsi d'acqua di rilievo regionale per il quale l'Autorità di Bacino, nell'ambito del *Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni* (PSDA), ha proceduto ad effettuare specifiche valutazioni idrologiche ed idrauliche con lo scopo di individuare e censire le aree di pericolosità idraulica lungo lo sviluppo dell'asta fluviale.

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

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 2.5 km dalla foce nel Mar Adriatico).

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



PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023081

LOCALITÀ

Regioni: Marche e Abruzzo

LA-E- 83134

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

Fg. 14 di 75

Rev.
2

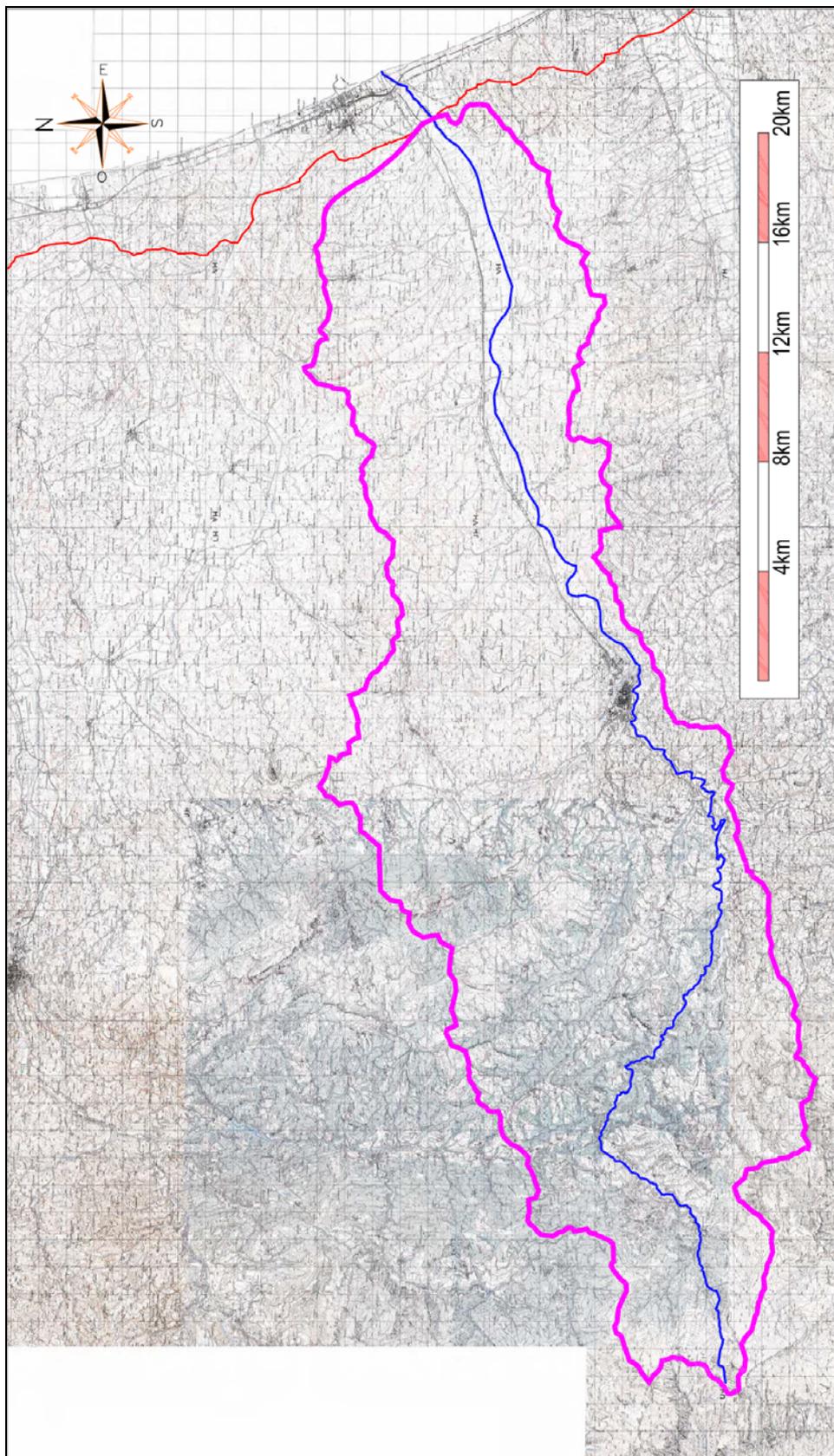


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 15 di 75	Rev. 2

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 media Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
F. Tordino - Sez. Attraversamento	433.4	63.2	582	12m

4.4 Studi PSDA - Modalità di elaborazione per valutazioni idrologiche

Nel presente paragrafo vengono descritte le modalità utilizzate per le valutazioni idrologiche nell'ambito degli studi per la redazione del PSDA.

4.4.1 Premessa

Le moderne tecniche di analisi statistica delle grandezze idrologiche consentono di elaborare e di correlare tra loro diversi campioni di dati, provenienti da strumenti di monitoraggio ubicati in zone diverse del territorio, in modo da ottimizzare la densità di informazione disponibile, ridurre le incertezze dovute alla frammentazione delle osservazioni, al fine di una rappresentazione continua ed omogenea del fenomeno indagato all'interno di una regione di territorio.

Uno studio orientato al raggiungimento di questo obiettivo è stato realizzato, con riferimento al territorio regionale abruzzese (Regione Abruzzo, 2003), nell'ambito della redazione del Piano Stralcio per la Difesa dalle Alluvioni (PSDA), successivamente approvato dallo stesso Ente (Regione Abruzzo, 2008).

Lo studio ha inteso fornire uno strumento utilizzabile in ambito professionale per la stima dell'intensità con cui si manifestano i fenomeni idrologici, sia in termine di portate di massima piena che di precipitazioni intense, garantendo, nel contempo, una certa uniformità nella stime idrologiche. Lo studio è stato impostato nel rispetto delle procedure di regionalizzazione raccomandate nel Progetto VAPI, sulla base dei dati pubblicati dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) di Pescara.

4.4.2 Il Metodo della grandezza indice, secondo le linee guida del Progetto VAPI

L'obiettivo del Progetto VAPI è quello di consentire la stima del valore di una prefissata grandezza idrologica (precipitazione massima annua $h_{d,T}$ di durata $d=1÷24$ ore o portata massima annua al colmo Q_T) per un assegnato tempo di ritorno T , in punti del territorio o in sezioni idrografiche, ove si possono verificare due diverse situazioni:

- nei siti di interesse è disponibile una serie storica sperimentale sufficientemente lunga da permettere la valutazione di alcuni parametri statistici, ma insufficiente a permettere una stima affidabile della grandezza idrologica corrispondente a tempi di ritorno elevati quali quelli considerati in questo studio;
- nei siti di interesse non è disponibile un'informazione sperimentale sufficiente per qualunque elaborazione statistica affidabile o l'informazione sperimentale è totalmente assente.

Come ampiamente riportato nella letteratura scientifica a partire da Wallis (1982), il modo migliore per conseguire una stima accurata delle grandezze idrologiche di

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 16 di 75	Rev. 2

interesse in entrambe le situazioni precedenti è rappresentata dalla "regionalizzazione" dell'informazione idrologica disponibile su un territorio più ampio, così da integrare la limitata o assente informazione temporale con la più ampia informazione spaziale (Chow, Maidment e Mays, 1988; Maidment, 1993).

Tra le possibili tecniche di analisi regionale, il Progetto VAPI promosso dal gruppo GNDCI-CNR suggerisce di fare riferimento al *metodo della grandezza indice*. L'idea di base di questa metodologia consiste nell'individuare una regione idrologicamente omogenea nei riguardi della variabile idrologica di interesse, cioè una regione costituita da un insieme di siti caratterizzati da una distribuzione di probabilità degli eventi idrologici intensi che si può ritenere unica a meno di un fattore di scala (Cunnane, 1989) ed elaborare unitamente l'insieme dei dati sperimentali rilevati.

Se si indica con X la variabile rappresentativa dei massimi annui della grandezza idrologica considerata, avente probabilità di non superamento $F(x)$, ovvero assegnato tempo di ritorno $T = 1 / [1-F(x)]$, l'analisi regionale consiste nel definire, in riferimento alla regione omogenea, la funzione di probabilità di non superamento $F(x')$ della variabile casuale $X' = X / \mu$, ottenuta adimensionalizzando la variabile originaria X rispetto ad una grandezza indice μ . La funzione $F(x')$, la sua inversa $x'(F)$ e l'equivalente legge $x'(T)$ vengono generalmente indicate, nel campo idrologico, con il termine di curva di crescita.

Definita pertanto la curva di crescita $x'(T)$ ed una relazione che permetta il calcolo della grandezza indice μ , la stima della variabile di assegnato tempo di ritorno risulta esprimibile mediante il semplice prodotto:

$$x_T = \mu \cdot x'(T) \quad (\text{eq. 1})$$

Il concetto di regionalizzazione consente, in definitiva, di estendere la validità dell'equazione (eq.1), valutata sull'insieme delle stazioni di misura considerate, a tutti i siti di interesse che appartengono all'area omogenea esaminata.

Posto che la regione considerata sia effettivamente omogenea nel senso prima detto, il metodo dell'analisi regionale della portata indice consente stime agevoli ed affidabili grazie alla maggiore informazione sugli eventi estremi utilizzata (Maidment, 1993). E' stato peraltro dimostrato che l'analisi regionale permette di ottenere stime più robuste e corrette rispetto ai risultati offerti da un'analisi di tipo puntuale, sia in presenza di parziale eterogeneità della regione (Lettenmaier et al., 1987) sia in presenza di correlazione spaziale tra le stazioni, la quale, di fatto, riduce l'effettiva numerosità campionaria disponibile (Hosking e Wallis, 1988). Per queste ragioni l'analisi regionale viene considerata il mezzo più idoneo per ottenere valutazioni attendibili di x_T in corrispondenza di tempi di ritorno elevati, sia per sezioni non provviste di dati sperimentali sia per siti di misura con ridotta numerosità campionaria. La ricerca scientifica mostra infatti chiaramente che è sconsigliabile estendere l'estrapolazione statistica a livello puntuale oltre 2÷3 volte la dimensione campionaria (Benson, 1962; Jakob et al., 1999; De Michele e Rosso, 2000).

In sintesi, nell'analisi regionale basata sul metodo della grandezza indice si possono distinguere due fasi fondamentali:

- l'individuazione, all'interno della regione di studio, di zone idrologicamente omogenee nei confronti della variabile di interesse, ognuna delle quali è caratterizzata da una propria curva di crescita i cui parametri sono opportunamente stimati;
- la definizione di relazioni che permettono di valutare la grandezza indice, solitamente espressa come funzione delle grandezze geomorfoclimatiche.

L'individuazione di zone idrologicamente omogenee può essere condotta mediante criteri puramente geografici (NERC, 1975) o facendo ricorso a criteri di

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 17 di 75	Rev. 2

raggruppamento fondati sull'affinità delle caratteristiche idro-geomorfoclimatiche che intervengono nei processi idrologici (Wiltshire, 1986a,b; Acreman e Sinclair, 1986; Nathan e McMahon, 1990; Burn, 1997) o infine utilizzando la similarità dei parametri statistici che caratterizzano le serie sperimentali (Fiorillo e Rolla, 1989; Burn, 1990; Reitano e Rossi, 1992).

Rimandando alla letteratura citata per un esame approfondito dei vantaggi-svantaggi offerti dai diversi approcci è comunque importante sottolineare che, qualunque sia il criterio di accorpamento utilizzato, è necessario verificarne la correttezza, valutando mediante opportuni test di omogeneità la capacità del modello di riprodurre le distribuzioni di frequenza delle variabili statistiche di controllo (Hosking e Wallis, 1993).

Secondo quanto emerso dall'analisi svolta nell'ambito del PSDA, il territorio della Regione Abruzzo può essere suddiviso in 2 sotto zone omogenee (SZO) e precisamente una Zona Costiera ed una Zona Appenninica, per la cui esatta delimitazione si rimanda alla Tavola n. 6.2 del PSDA e la cui omogeneità in senso statistico è stata confermata dalle verifiche condotte e riportate nella Relazione n. 6.1 dello stesso PSDA.

4.4.3 Stima delle portate al colmo

Nella redazione del PSDA, la stima della curva di crescita per la valutazione delle portate al colmo di assegnato tempo di ritorno è stata condotta secondo le linee guida del Progetto VAPI, a partire da una base di dati sperimentali aggiornata rispetto a quella utilizzata nei precedenti lavori, condotti in modo simile, da Calenda et al. (1994, 1999).

Le zone idrologicamente omogenee, rispetto alla capacità di generare portate di piena intense, all'interno dell'ambito territoriale interessato, è stata effettuata secondo la metodologia suggerita nell'ambito di altri rapporti regionali VAPI (Versace et al., 1989; Cannarozzo e Ferro, 1991; Cannarozzo et al., 1993; Copertino e Fiorentino, 1994; Rossi, 1994). In pratica, le zone idrologicamente omogenee identificate nell'ambito dello studio delle precipitazioni massime annue vengono ritenute valide anche per i deflussi di piena in quanto dedotte a partire da una base dati molto più ampia. Sulla base di questa ipotesi, nel territorio esaminato è possibile identificare, anche per le portate al colmo, due zone con un diverso comportamento idrologico, di fatto coincidenti rispettivamente con la Zona Costiera e la Zona Appenninica (vedi PSDA, Tavola n. 6.2).

La base di dati disponibile, circa le portate massime annue registrate dalle stazioni di misura idrometrica, è risultata alquanto eterogenea, con una concentrazione sulla Zona Appenninica, per la quale sono stati reperiti dati sufficienti al fine dell'analisi statistica. Di conseguenza, è stato possibile pervenire alla determinazione di una sola curva di crescita la cui validità è da ritenersi limitata alla sola Zona Appenninica. E' inoltre ipotizzabile che la curva di crescita valida per la Zona Appenninica non sia utilizzabile per la caratterizzazione delle portate di piena nella Zona Costiera in quanto tendenzialmente sotto-stimante.

Nell'intento di pervenire alla definizione dell'idrogramma di piena in una qualunque sezione idrografica all'interno del territorio regionale, le indagini condotte nell'ambito del PSDA sono state articolate secondo una serie di fasi per le quali si rimanda alla già citata relazione.

4.4.4 Curva di crescita regionale

Per la stima della curva di crescita regionale rappresentativa del comportamento statistico delle portate al colmo massime annue nei bacini regionali abruzzesi,

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 18 di 75

l'acquisizione dei dati utili alle elaborazioni statistiche ha evidenziato due situazioni alquanto differenti circa la loro utilità al fine dell'applicazione della metodologia VAPI.

Per quanto riguarda la Zona Appenninica, lo studio ha fatto riferimento alle portate al colmo massime annue rilevate alle stazioni provviste di almeno 20 valori di portata massima annuale ed il cui bacino contribuyente sia almeno per il 70% della sua superficie complessiva all'interno di tale Zona. Sulla base di tale criterio, l'esame dei dati di portata massima annuale disponibili ha consentito di individuare 18 stazioni idrografiche tra le quali:

• Sangro a Opi;	• Zittola a Montenero;	• Aventino a Vicenne;
• Sangro a Villetta Barrea;	• Sangro a Ateleta;	

Applicando le direttive metodologiche VAPI gli autori sono pervenuti alla rappresentazione della curva di crescita regionale utilizzabile per la valutazione delle portate al colmo massime annue che caratterizzano i bacini idrografici ubicati nell'ambito della Zona Appenninica. La Tabella seguente presenta il valore dei parametri λ^* , Θ^* , λ_1 e η necessari alla costruzione della curva di crescita TCEV e un'espressione esplicita approssimante tale curva, valida per $T > 5$ anni e che fornisce un errore comunque inferiore al 1% nell'intervallo $10 < T < 500$.

Tab.4.3/A: Parametri ed espressione approssimata dei fattori di crescita delle portate al colmo, per la Zona Appenninica

$\hat{\lambda}^*$	$\hat{\Theta}^*$	$\hat{\lambda}_1$	η	$x'(T)$ per $T > 5$ anni	Note
0.413	3.302	6.56	3.5651	$-0.2781 + 0.9230 \cdot \ln T$	Valida per la sola Zona Appenninica

Le curve di crescita così ottenute sono utilizzabili per tutti i bacini appenninici, con superficie superiore ai 10 km².

4.4.5 Portata Indice m_Q

La stima della portata indice m_Q , ossia il valore atteso di portata al colmo massima annuale che particolarizza la (eq.1) per il sito fluviale di interesse, costituisce uno dei problemi aperti di maggiore complessità nell'idrologia; le innumerevoli applicazioni pratiche del metodo della portata indice hanno infatti evidenziato la difficoltà di ottenere stime attendibili di m_Q indipendentemente dal metodo di stima utilizzato. Come già evidenziato da Hebson e Cunnane (1987) e dal FEH (1999), e confermato da Brath et al. (1999) e da De Michele e Rosso (2000), se si dispone di un campione sperimentale anche di dimensioni non elevate (12÷15 anni) la stima diretta di m_Q è preferibile a qualunque altro approccio.

Nel caso di sezioni fluviali rappresentative di situazioni idrologiche particolari, ad esempio bacini dove un'elevata permeabilità o la presenza di fenomeni di carsismo genera meccanismi di risposta alle sollecitazioni meteoriche non generalizzabili, Brath et al. hanno mostrato che 5÷10 anni di misure dirette sono in genere sufficienti per fornire risultati migliori di quelli ottenibili con approcci indiretti.

Nell'insieme del territorio costituito dai bacini idrografici scolanti nel versante adriatico, sulla base dei dati forniti dal S.I.M.N., sono state individuate 23 sezioni idrometrografiche, per le quali si dispone di più di 12 valori di portata al colmo massima annua. In aggiunta, si sono resi disponibili i valori di portata indice calcolati in altre 5 sezioni sulla base di un campione sperimentale di almeno 5 anni, che possono essere quindi utilizzate ai fini operativi. In definitiva l'informazione sperimentale disponibile per

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 19 di 75	Rev. 2

la valutazione della portata indice, rappresentata dal valore m_Q in 28 sezioni di misura, è apparsa di discreta consistenza in termini di numerosità e di distribuzione sul territorio.

Per poter comunque permettere la valutazione della portata indice m_Q in una qualunque sezione di interesse lo studio del PSDA ha portato alla definizione di alcune relazioni, valide a livello regionale, tramite le quali pervenire ad una stima indiretta di m_Q . In particolare, è stato seguito il suggerimento di Franchini e Galeati (1996) ed Brath et al. (1999) che, esaminando in maniera specifica il problema della stima della piena indice per le sezioni idrografiche dei bacini appenninici compresi tra l'Emilia e le Marche (dal bacino del Trebbia al Tronto) e comparando vari modelli di stima ed utilizzando tecniche di verifica jack-knife, sono pervenuti alla conclusione che l'impiego di relazioni multiregressive appare l'approccio in grado di fornire le migliori stime dei valori indice. Muovendosi lungo questa linea di indagine e utilizzando le portate indice calcolate alle sezioni idrografiche strumentate, provviste di almeno 10 anni di dati, sono state esaminate numerose possibili relazioni multiregressive utilizzando diverse combinazioni di grandezze geomorfologiche. La relazione risultata come ottimale è:

$$\hat{m}_Q = 0.00858 \cdot A_{imp}^{0.6506} \cdot m_g^{1.4387} \quad (\text{eq. 2})$$

dove A_{imp} è l'area sottesa classificata come impermeabile secondo le indicazioni del S.I.M.N. (km²) e m_g è la pioggia indice di durata 1 giorno valutata nel baricentro del bacino (mm). La pioggia indice m_g è stata in particolare calcolata come media pesata delle precipitazioni indice puntuali alle stazioni di misura afferenti ciascun bacino considerato, con pesi ottenuti mediante costruzione dei poligoni di Thiessen. Ai fini operativi la pioggia indice può comunque essere valutata nel baricentro del bacino di interesse in maniera speditiva e senza particolare perdita di accuratezza in base alle isolinee riportate nella Tavola N. 6.5 del PSDA.

4.5 Studi PSDA - Selezione dei risultati di interesse

Premessa

Relativamente al fiume Tordino, nell'ambito degli elaborati di studio del PSDA si è provveduto alla costruzione degli idrogrammi di piena con tempo di ritorno $T = 20, 50, 100, 200$ e 500 anni in quattro sezioni, indicate nella Tavola C0611 come Sez.TO1, Sez.TO2, Sez.TO3 e Sez.TO1-TO3. Le prime tre sezioni sottendono bacini idrografici rispettivamente di $147.0, 350$ e 446 km²; la Sez.TO1-TO3, cui compete un'area drenata di 299.0 km², individua invece l'interbacino tra la Sez.TO1 e la Sez.TO3. La Sez.TO1 risulta inoltre praticamente coincidente con la stazione di misura S.I.M.N. del Tordino a Teramo, stazione provvista di una serie continua di rilevazioni di rilevante numerosità campionaria.

In tal senso nella tabella seguente si riportano i valori dei parametri geomorfologici relativamente ai bacini idrografici sottesi dalle sezioni considerate lungo le aste fluviali.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 20 di 75	Rev. 2

Tab.4.5/A: Grandezze geomorfologiche che caratterizzano i bacini idrografici sottesi dalle sezioni considerate.

Sezione	A (km ²)	A perm. (%)	A imp. (km ²)	L (km)	ΔH (m)	Z (m s.l.m.)
Sez.T01	147.0	5	139.7	38.2	708.0	930.0
Sez.T02	350.0	7	325.5	52.4	602.5	689.0
Sez.T03	446.0	7	413.6	65.2	565.0	568.0
Sez.T01-T03	299.0	7	278.5	20.3	297.1	392.4

In particolare, per le specifiche valutazione idrologiche relative al presente elaborato risultano principalmente significative le sezioni TO2 "Tordino a Castellato" e TO3 "Tordino a Roseto degli Abruzzi" (i cui valori dei parametri sono evidenziati in giallo nella tabella precedente), le quali sono ubicate rispettivamente a monte ed a valle nei confronti della sezione idrologica di riferimento.

Sintesi dei Risultati per le sezioni TO2 e TO3

Nella figura seguente è riportato uno stralcio con la rappresentazione grafica dei risultati delle elaborazioni idrologiche effettuate nell'ambito del PSDA (Tavola C0611), dal quale si possono rilevare i valori delle portate al colmo per le sezioni TO2 e TO3 e nel quale sono riportati:

- *in verde*: il bacino imbrifero sotteso dalla sezione TO3 (con superficie di 446 km²);
- *in giallo*: il bacino imbrifero sotteso dalla sezione TO2 (con superficie di 350 km²);
- *in magenta*: il bacino imbrifero sotteso dalla sezione di studio nel presente elaborato, la quale è intermedia tra le sez. TO2 e TO3 (con superficie di 433.4 km²);



Fig.4.5/A: Bacini Imbriferi sottesi dalle sezioni TO2, TO3 e dalla Sez. Studio

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 21 di 75	Rev. 2

Gli stessi valori di portata indicati in figura sono riportati in forma tabellare in Allegato E delle Norme di Attuazione, e sono stati estrapolati (per le sezioni di interesse) nella tabella seguente.

Tab.4.5/B: Risultati delle elaborazioni PSDA

TR (anni)	SEZ. ID=TO2		SEZ. ID=TO3	
	Sup. Bacino (kmq)	Portata (mc)	Sup. Bacino (kmq)	Portata (mc)
20	350	395	446.0	453
50	350	531	446.0	609
100	350	633	446.0	726
200	350	737	446.0	844
500	350	871	446.0	998

4.6 Portate al colmo di piena nella sezione di studio

La sezione di interesse nel presente elaborato risulta intermedia tra quelle indicate nella precedente Tab.4.5/B, per le quali sono state valutate (nell'ambito degli studi PSDA) le portate al colmo in funzione del tempo di ritorno.

In tal senso, la valutazione delle portate al colmo di piena nella sezione idrologica di riferimento può essere eseguita mediante il criterio della "similitudine idrologica", che consente di determinare i valori delle portate di piena in funzione della superficie del bacino imbrifero secondo l'espressione nel seguito riportata:

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

dove:

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

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

m = parametro adimensionale;

Quindi considerando la eq.4.1 in riferimento ai valori delle portate e delle superfici dei bacini di cui alla precedente Tab.4.5/B, può essere valutato il parametro m per il campo di superfici di riferimento. Nel caso in esame è stato individuato $m=0.56$

Pertanto, i valori di portata nella sezione di studio possono essere determinati sempre dalla stessa eq.4.1, in funzione dei valori di portata e di superficie della sezione di monte (o di valle) ed in considerazione del parametro adimensionale m precedentemente individuato.

Le portate risultanti sono state riportate nella tabella seguente.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 22 di 75
				Rev. 2

Tab.4.6/A: Portate di riferimento nella Sezione di Studio (tabella riepilogativa)

Sezione Idrologica		Superficie Bacino	Q20 (mc/s)	Q50 (mc/s)	Q100 (mc/s)	Q200 (mc/s)	Q500 (mc/s)
F.Tordino	- Sez. Attraversamento	433.4 kmq	445	599	713	831	982

4.7 Portata di progetto

Si adotta come portata di progetto, per le verifiche idrauliche di cui al capitolo seguente, quella associata ad un tempo di ritorno pari a 200 anni (si veda la tabella qui di seguito riportata).

Tab.4.7/A: Portata di progetto - tabella riepilogativa

Sezione Idrologica		Sup. Bacino	Qprogetto (mc/s)	qmax (mc/s×kmq)
F.Tordino	Sez. di studio	433.4	831	1.92

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 23 di 75

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 Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 24 di 75	Rev. 2

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 800m.

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 planimetrico (ricavato dalle CTR) nel quale l'asta del corso d'acqua è indicata in colore blu, le sezioni trasversali utilizzate per il calcolo idraulico sono indicate in magenta ed infine il tracciato del metanodotto in progetto è riportato tramite una linea in 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.

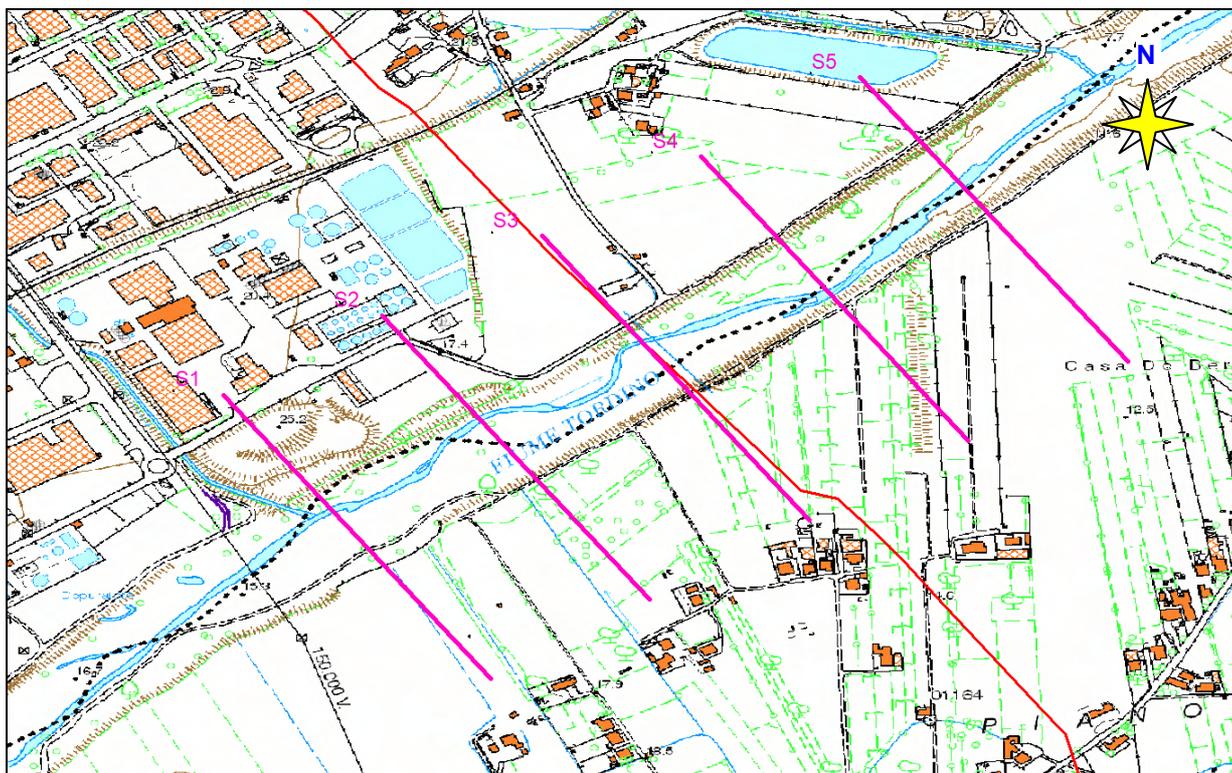


Fig.5.2/A: Stralcio CTR regionale, con tronco d'alveo analizzato e sezioni iniziali di input

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 25 di 75	Rev. 2

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	200.02	Sezione di monte
RS40	Sez.2	200.02	200.18	
RS30	Sez.3	400.20	200.44	
RS20	Sez.4	600.64	200.87	
RS10	Sez.5	801.51	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.

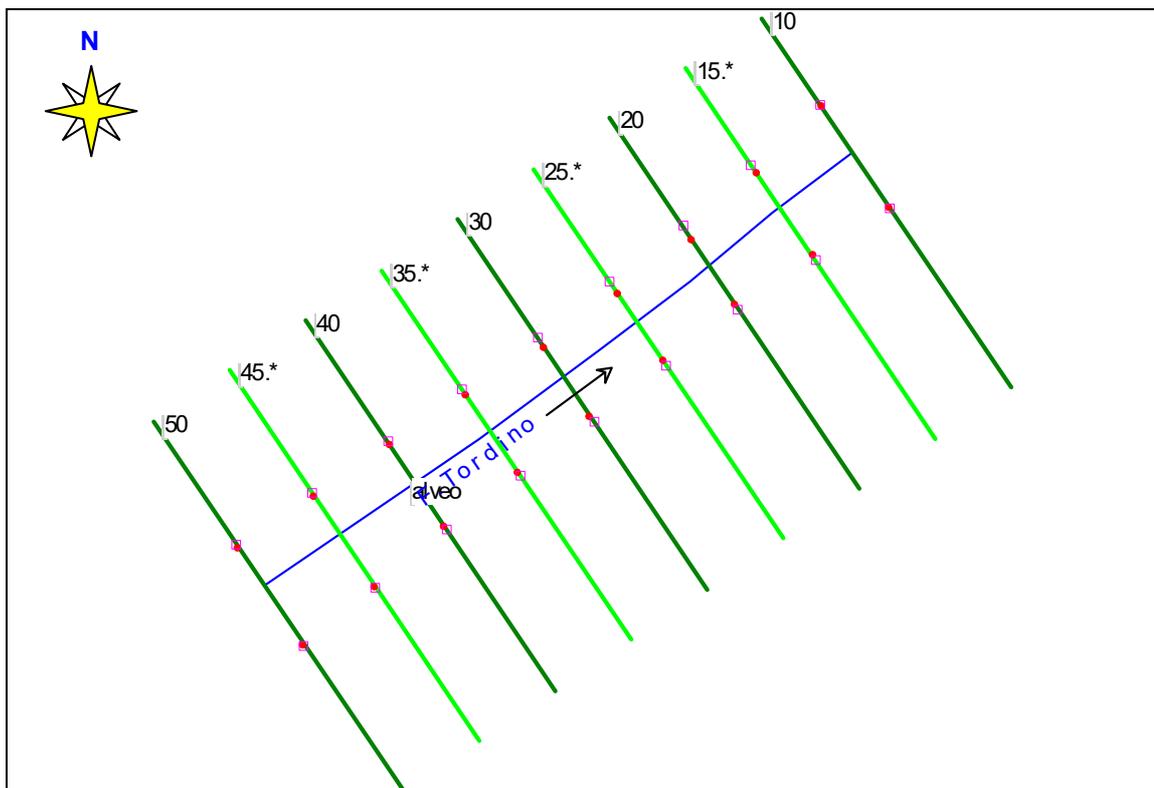


Fig.5.2/B: Modellazione geometrica in Hec Ras (RS50 a monte e RS10 a valle)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 26 di 75	Rev. 2

Dati di Input e condizioni al contorno

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

- $Q_{200} = 831 \text{ mc/s}$

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

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

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

- 0,035 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,055 per le aree golenali 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 Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fig. 27 di 75

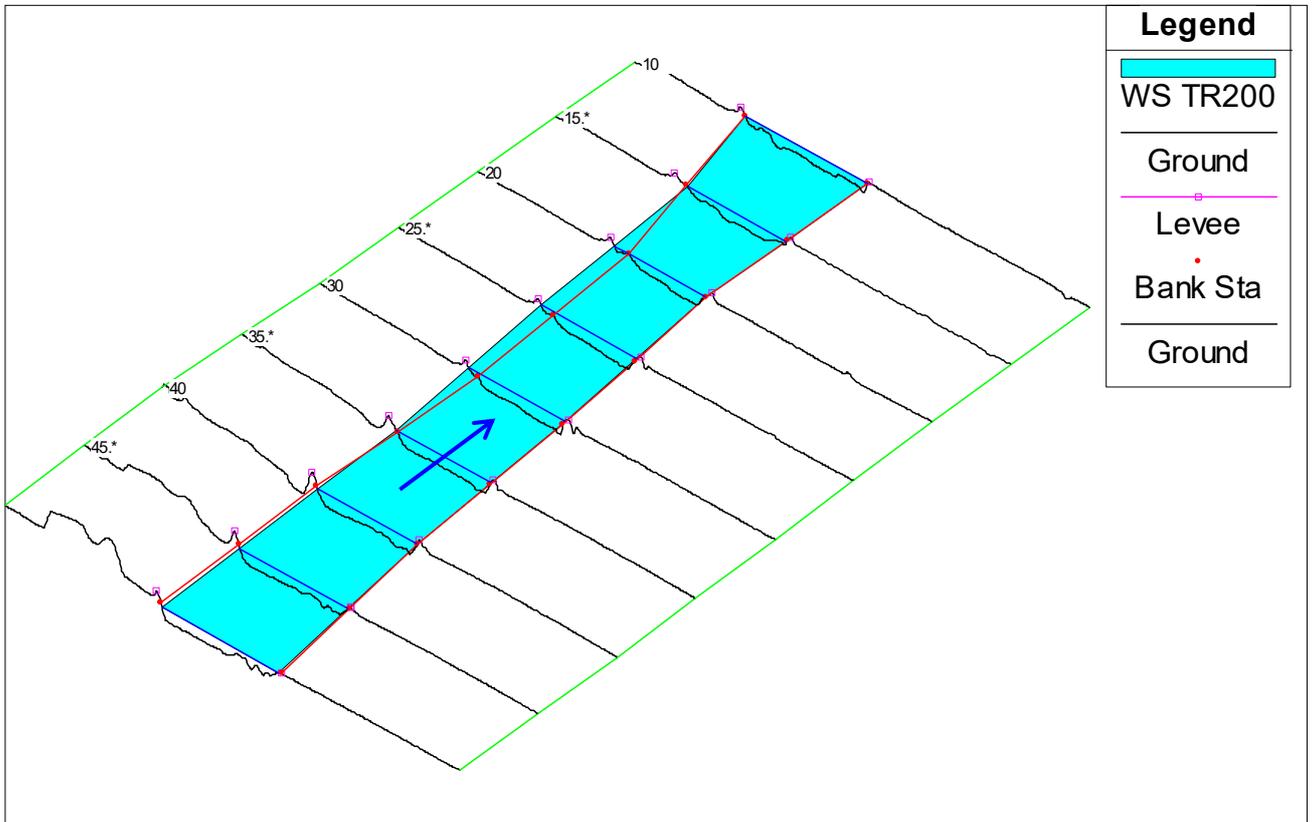


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS50: monte / RS10: valle)

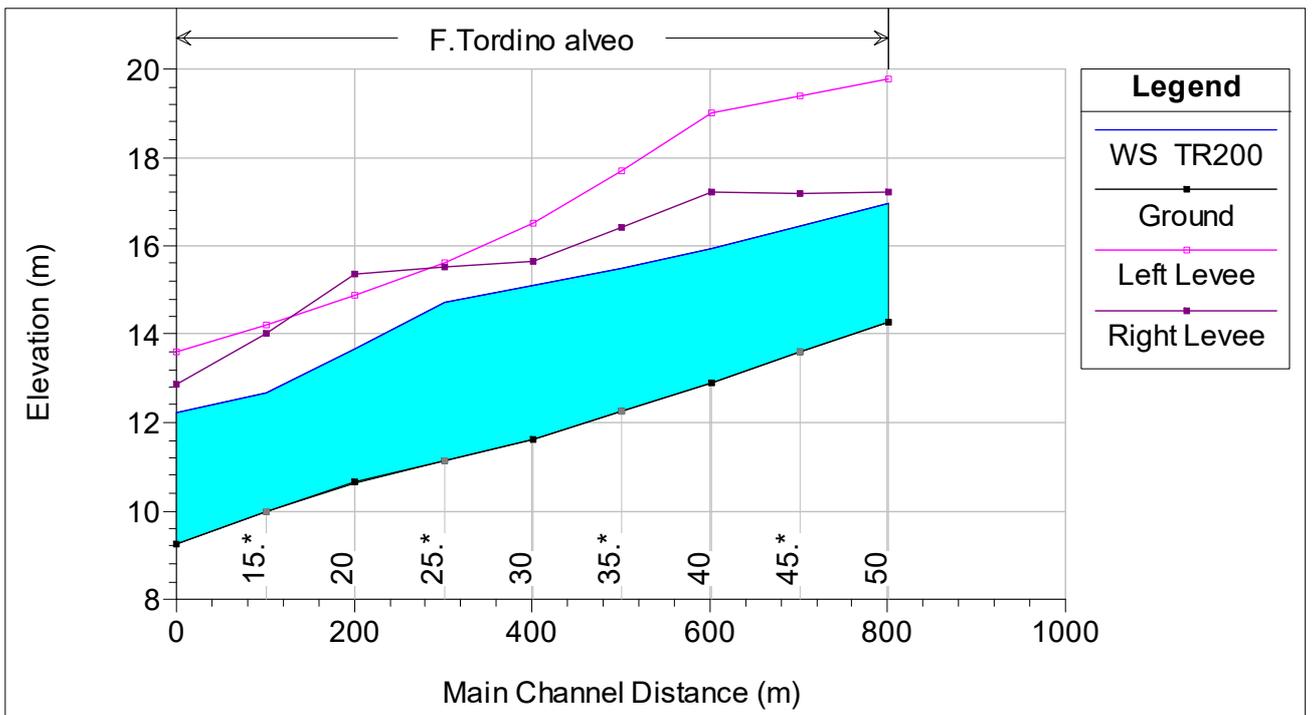


Fig.5.3/B: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale (RS50: monte / RS10: valle)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 28 di 75

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

Tab.5.3/A: Tabella Riepilogativa 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	831	14.28	16.96	16.55	17.5	0.005097	3.24	256.49	126.12	2.03	100.05	0.73
45.*	831	13.58	16.45	16	17	0.004819	3.29	252.74	117.24	2.16	100.87	0.71
40	831	12.89	15.93	15.47	16.51	0.004807	3.39	245.05	108.07	2.27	105.59	0.72
35.*	831	12.26	15.47	14.93	16.06	0.004321	3.38	245.75	101.95	2.44	102.48	0.69
30	831	11.62	15.1	14.43	15.65	0.00359	3.3	258.06	103.67	2.71	94.23	0.64
25.*	831	11.13	14.72	14.07	15.29	0.003635	3.37	256.14	103.81	2.76	97.5	0.65
20	831	10.64	13.67	13.67	14.7	0.008927	4.52	190.43	98.17	2.18	189.42	0.98
15.*	831	9.98	12.67	12.76	13.68	0.011552	4.45	186.84	106.6	1.75	197.45	1.07
10	831	9.26	12.22	11.95	12.81	0.006302	3.4	244.61	132.35	1.85	113.31	0.8

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

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

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



PROGETTISTA



UNITÀ
000

COMMESSA
023081

LOCALITÀ

Regioni: Marche e Abruzzo

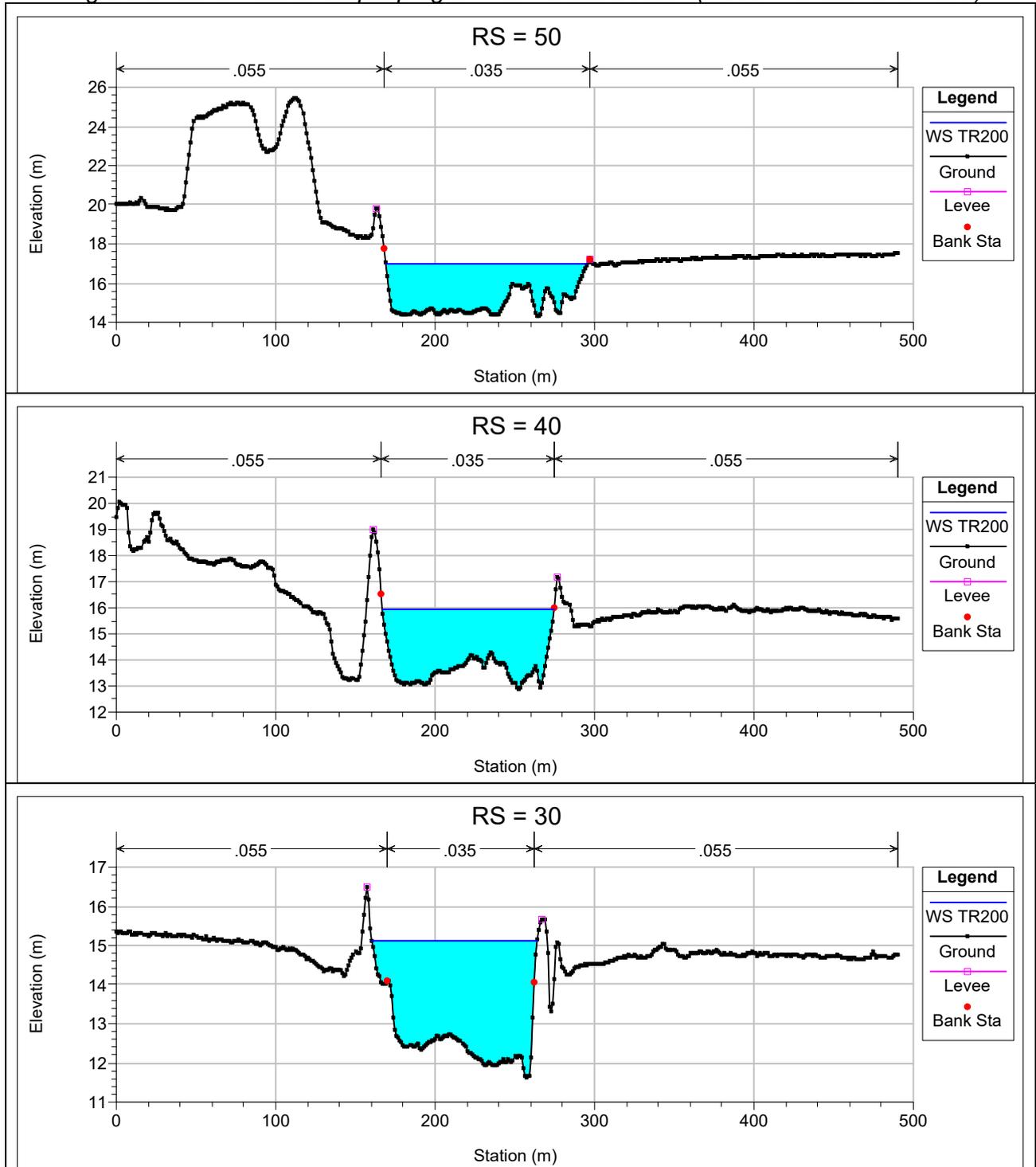
LA-E- 83134

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

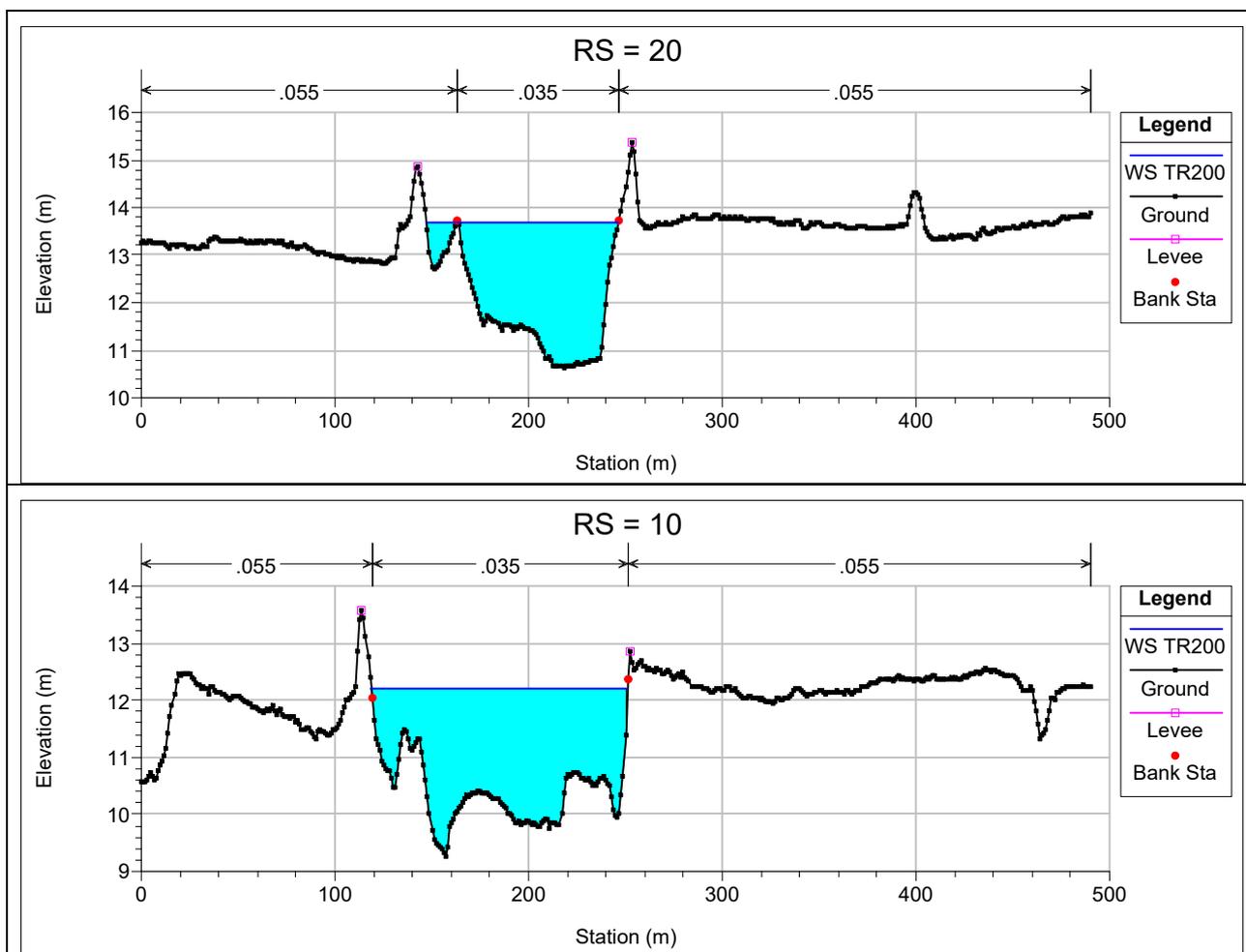
Fg. 29 di 75

Rev.
2

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



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 30 di 75



5.4 Analisi dei risultati conseguiti

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

Dall'esame dei risultati della simulazione idraulica, si rileva che nel tronco idraulico considerato, la sezione d'alveo (comprensiva dei rilevati arginali) risulta in grado di contenere la portata di progetto (portata duecentennale).

Le velocità di deflusso della corrente risultano generalmente variabili nell'ordine dei 3÷4.5 m/s, mantenendosi in generale 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 Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 31 di 75	Rev. 2

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 Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 32 di 75	Rev. 2

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 Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 33 di 75	Rev. 2

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

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

Allo stato attuale non potendosi fare che semplici ipotesi sul fenomeno, non è possibile proporre algoritmi per calcolare la profondità degli scavi. Le proprietà geometriche del fondo alveo, in relazione all'entità delle tensioni tangenziali indotte dalla corrente, sono state studiate⁴ da Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare a tali escavazioni un valore cautelativo pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata. In particolare, nel caso di regime di corrente lenta, venne concluso che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica. Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia⁵, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena.

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

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

Diametro limite dei clasti trasportabili

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

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

dove

- δ è il diametro delle particelle;
- τ_0 è la tensione tangenziale in alveo;
- γ_s è il peso specifico delle particelle (considerato 24 kN/m³);
- γ_w è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida.

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

⁵ Zanovello A., Sulle variazioni di fondo degli alvei durante le piene; L'Energia elettrica, XXXIV, n. 8; 1959.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 34 di 75	Rev. 2

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	831	3.24	126.12	2.03	6.59	2.57	1.39	1.02
45.*	831	3.29	117.24	2.16	7.09	2.71	1.45	1.08
40	831	3.39	108.07	2.27	7.69	2.86	1.52	1.14
35.*	831	3.38	101.95	2.44	8.15	3.02	1.58	1.22
30	831	3.3	103.67	2.71	8.02	3.27	1.63	1.36
25.*	831	3.37	103.81	2.76	8.01	3.34	1.65	1.38
20	831	4.52	98.17	2.18	8.46	3.22	1.65	1.09
15.*	831	4.45	106.6	1.75	7.80	2.76	1.50	0.88
10	831	3.4	132.35	1.85	6.28	2.44	1.34	0.93

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	100.05	0.12
45.*	100.87	0.12
40	105.59	0.12
35.*	102.48	0.12
30	94.23	0.11
25.*	97.5	0.11
20	189.42	0.22
15.*	197.45	0.23
10	113.31	0.13

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 35 di 75	Rev. 2

6.4 Considerazione sui risultati conseguiti

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente al tronco d'alveo analizzato (nel quale ricade l'attraversamento da parte del metanodotto in progetto), le massime erosioni attese al fondo si attestano intorno a valori dell'ordine dei **1.5÷2 m.**

La corrente, nell'ambito del tratto fluviale in esame ed in concomitanza dell'evento di piena di progetto, risulta inoltre potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 0.20÷0.25 m.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 36 di 75	Rev. 2

7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Metodologia costruttiva: Microtunnelling

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 corso d'acqua.

In tal senso l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, ambientali, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'attraversamento ha condotto alla individuazione del sistema di attraversamento mediante trivellazione con la tecnica del "microtunnelling", prevedendo l'utilizzo di una fresa a scudo chiuso, con bilanciamento di pressione in testa.

Tale sistema operativo è stato individuato nel caso specifico principalmente con lo scopo di salvaguardare dalle operazioni di scavo i corpi arginali presenti in adiacenza dell'alveo del corso d'acqua, nonché in considerazione delle caratteristiche idrologiche del fiume e dell'assetto litostratigrafico.

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.

7.2 Configurazione geometrica di progetto

La definizione geometrica del tunnel (e quindi delle condotte), viene effettuata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo del minitunnel e della condotta.

E' necessario infatti, assicurare adeguate profondità del cavo al di sotto dell'alveo rispettando allo stesso tempo i raggi di curvatura minimi consentiti dalla tubazione di linea, sia in termini di sollecitazioni indotte nel terreno che nei riguardi delle operazioni di varo della condotta.

Qui di seguito vengono descritte le caratteristiche geometriche del profilo di trivellazione del tunnel. Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento in subalveo, si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto precedentemente richiamato.

Geometria d'attraversamento

Il profilo di trivellazione presenta una configurazione costituita da due brevi tratti rettilinei alle estremità e da un arco di circonferenza intermedio.

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- lunghezza dello sviluppo complessivo del microtunnel: di 363 metri (di cui complessivamente circa 81m relativamente ai due tratti rettilinei e circa 282m per il tratto curvilineo);
- diametro interno minimo del microtunnel: 1600mm;
- raggio di curvatura per il tratto curvilineo: pari a 1000 m;
- copertura minima della generatrice superiore del tunnel dalle quote di fondo dell'alveo attivo: di circa 14m;
- distanza verticale minima della trivellazione dal piede esterno del rilevato arginale: circa 15 metri (nel lato in destra idrografica);

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 37 di 75	Rev. 2

- postazione di partenza (di spinta): in sinistra idrografica del fiume (monte senso gas), con profondità del pozzo di circa 5m dal piano campagna. Distanza dal piede esterno dell'argine del corso d'acqua: di circa 110m (misurata lungo lo sviluppo della condotta);
- postazione di arrivo (di recupero): in destra idrografica del fiume (valle senso gas), con profondità del fondo della postazione di circa 5m dal piano campagna. Distanza dalla sponda del corso d'acqua: di oltre 130m (misurata lungo lo sviluppo della condotta);

Tale configurazione di progetto consente di realizzare il tunnel ad adeguate profondità sia dal fondo alveo che dalle sponde del corso d'acqua; nonché di eseguire le postazioni di estremità con appropriati distacchi di sicurezza dall'alveo del corso d'acqua.

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 38 di 75	Rev. 2

8 DESCRIZIONE DELLA TECNICA COSTRUTTIVA DEL MICROTUNNEL

8.1 Generalità

Questa tecnologia consiste nella realizzazione di un tunnel di piccolo diametro (tra i 300 mm e fino a 3000 mm) mediante l'avanzamento controllato di uno scudo cilindrico, cui è applicato frontalmente un sistema di scavo e che consente di realizzare trivellazioni di sviluppi anche superiori ai 1000 m.

L'azione di avanzamento è esercitata da martinetti idraulici ubicati nella postazione di spinta, che agiscono sul tubo di rivestimento del tunnel (che in questo caso è di cemento armato). L'elemento principale del microtunnelling è il microtunneller che è uno scudo telecomandato munito di una fresa rotante che disgrega il materiale durante l'avanzamento.

Le teste fresanti vengono scelte in funzione delle condizioni geologiche dei terreni interessati. Vi è la possibilità di combinare le varie soluzioni per ottenere teste "miste", utilizzabili in terreni che presentano nelle varie stratigrafie materiali diversi.

Qui di seguito si riporta la descrizione del sistema operativo di riferimento.

8.2 Requisiti generali del sistema costruttivo

I sistemi di trivellazione che utilizzano le tecniche del microtunnelling presentano una serie di opzioni tali da garantire sia la fattibilità esecutiva del tunnel che il mantenimento di adeguati livelli di sicurezza rispetto alla stabilità dei terreni che del tunnel stesso.

La definizione del sistema operativo da adottare riguarda sostanzialmente i seguenti elementi: tipo di fresa di perforazione, tubi di protezione in c.a., intasamento del terreno di perforazione.

- La testa fresante sarà a tenuta idraulica

E' necessario ricorrere all'uso di un sistema che preveda una fresa integrale con scudo chiuso con bilanciamento della pressione sul fronte di scavo tramite fanghi bentonitici. In questo modo, in corso d'opera l'equilibrio delle pressioni sul fronte di scavo inibisce in modo sostanziale l'afflusso d'acqua verso il tunnel.

- Stazione di spinta principale e stazioni di spinta intermedie

La potenza della stazione di spinta principale sarà adeguata alle previste resistenze all'avanzamento, al numero delle eventuali stazioni intermedie ed alle modalità e caratteristiche esecutive che verranno adottate in fase di avanzamento della trivellazione.

L'unità di spinta principale verrà messa a contrasto con il muro reggispinga, realizzata all'interno della postazione di partenza della trivellazione.

- Sistema di controllo dell'avanzamento della trivellazione

Sarà approntato un sistema per il controllo (durante l'avanzamento) della direzionalità del tunnel (strumentazione ottica e laser), delle potenze impiegate, della velocità di rotazione dello scudo e delle pressioni dei fanghi di perforazione.

In considerazione della precisione di esecuzione richiesta ed essendo necessario il controllo in tempo reale sulla direzionalità del tunnel, il sistema sarà dotato di adeguati strumenti computerizzati per l'elaborazione dei dati rilevati con sistemi di puntamento ottico e laser. L'operatore addetto alla verifica dovrà operare con continuità sulla consolle di comando, posizionata all'esterno della postazione di trivellazione, e tramite il sistema di puntamento laser controllerà l'andamento planimetrico ed altimetrico del tunnel realizzato.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 39 di 75	Rev. 2

- Tubi di rivestimento in c.a.

I tubi di rivestimento che saranno impiegati, sono anelli prefabbricati in conglomerato cementizio armato ($R_{ck} \geq 35$ N/mm², con armatura FeB 44K). In considerazione degli elevati standard di qualità richiesti alle tubazioni, i manufatti in calcestruzzo armato saranno prodotti in stabilimento di prefabbricazione con materiali di qualità e caratteristiche controllate e certificate e dovranno presentare resistenze garantite per le massime sollecitazioni prevedibili. Il tubo di rivestimento sarà, inoltre, a tenuta idraulica, corredato di giunti a tenuta idraulica, capaci di resistere ad una pressione $\geq 5-7$ atm.

I manufatti, infine, saranno forniti di valvole di iniezione (almeno 3 manchettes per tubo) necessarie per eseguire nel terreno di trivellazione iniezioni fluidificanti con miscele bentonitiche durante le fasi di avanzamento ed iniezioni a base di miscele di cemento e bentonite per l'intasamento dell'intercapedine "terreno-tubo di protezione" nelle fasi finali di costruzione del minitunnel.

- Giunti di tenuta idraulica

Le giunzioni tra i tubi di rivestimento saranno di tipologia idonea per consentire la deviazione angolare del tunnel e la tenuta idraulica: l'incastro ed il centraggio tra due tubi successivi saranno garantiti mediante opportuna sagomatura dei bordi oppure con collari in acciaio annegati nel getto, la tenuta idraulica del giunto viene assicurata da anelli in gomma.

Essendo richiesta l'ispezionabilità del tunnel durante tutte le fasi costruttive del tunnel, si porranno in opera giunti di tenuta idraulica tra i conci di caratteristiche sperimentate e certificate nelle condizioni di esercizio più gravose.

- Iniezioni di intasamento "tubo di rivestimento – terreno"

Al termine delle operazioni di scavo, è richiesta l'esecuzione di iniezioni di miscele cementizie dagli ugelli predisposti lungo le pareti dei tubi di rivestimento. Le iniezioni saranno effettuate per ogni singola valvola fino al rifiuto, con numero, modalità e pressioni d'iniezione adeguate per creare, nell'intorno del tubo, una zona di terreno completamente intasata e a bassa permeabilità.

L'intasamento idraulico delle cavità tra tubo e terreno, riduce la filtrazione che può verificarsi lungo il contatto tra tubo di rivestimento e terreno in corso di realizzazione dell'opera.

- Sistema di evacuazione del materiale di scavo (slurry)

L'evacuazione dal fronte scavo del terreno frantumato verrà effettuato in sospensione per mezzo del circuito idraulico di alimentazione e recupero del fluido di perforazione (slurry). Il sistema deve quindi essere provvisto di un'unità di dissabbiatura o di una vasca di decantazione per la separazione del terreno di scavo dal fluido di perforazione.

- Impianto di produzione dei fanghi di perforazione

Verrà predisposto in cantiere un impianto di produzione di fanghi bentonitici necessari per il sostegno del fronte di scavo, per la lubrificazione della superficie di contatto tra tubo di protezione e terreno e per il trasporto in sospensione del terreno scavato.

L'impianto di produzione sarà dotato di un'unità di miscelazione ad alta turbolenza per la preparazione della miscela, un dosatore a funzionamento automatico, silos di stoccaggio, vasca di dissabbiatura e/o decantazione, circuito idraulico dello slurry e di pompe di ricircolo di potenza adeguata.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 40 di 75

- Iniezioni di fluidificazione in corso di avanzamento
Le iniezioni di fluidificazione per abbattere le resistenze all'avanzamento dovranno essere effettuate con cadenza, quantità e caratteristiche reologiche della miscela in modo da evitare plasticizzazioni anomale del terreno di trivellazione.
- Sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento
La sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento sarà eseguita dall'interno del tunnel successivamente alle operazioni di avanzamento, con malta di cemento ad alta resistenza in modo da ottenere una superficie interna del tunnel perfettamente liscia e priva di risalti con lo scopo di realizzare un'ulteriore garanzia di tenuta dei giunti nei confronti di possibili fenomeni di filtrazione, in aggiunta a quella strutturale del giunto.
- Intasamento interno del tunnel
Terminate le operazioni di varo ed eseguito il collegamento di linea delle condotte, dovrà essere realizzato il riempimento dell'intercapedine tra tubo di linea e tubo di rivestimento tramite idonee miscele, con lo scopo di saturare l'intercapedine stessa e impedire la formazione di flussi idrici all'interno del tubo di rivestimento ed eliminare la camera d'aria altrimenti presente tra tubo di linea e pareti del tunnel. Le miscele impiegate possono essere conglomerati cementizi addittivati e/o alleggeriti oppure miscele di tipo bentonitico.

8.3 Fasi Operative

Di seguito viene fornita la descrizione delle principali fasi operative per la costruzione del microtunnel e la messa in opera, al suo interno, delle condotte in acciaio.

Fasi Operative:

- Impianto cantiere;
- Esecuzione delle postazioni di estremità;
- Esecuzione della trivellazione;
- Varo delle condotte;
- Collaudo delle condotte;
- Posa dei cavi;
- Intasamento interno del tunnel;
- Ripristini.

Impianto cantiere

Il cantiere sarà costituito da due aree di dimensioni adeguate, ubicate in corrispondenza dei pozzi di spinta e di arrivo.

Esecuzione delle postazioni di estremità

Prima dell'installazione delle apparecchiature relative alla realizzazione del tunnel, si procederà alla costruzione del pozzo di spinta. La postazione di arrivo sarà realizzata prima dell'ultimazione della trivellazione (di cui al punto seguente).

Le metodologie realizzative dipendono dalle caratteristiche geomeccaniche dei terreni e dalla presenza della falda. I pozzi (postazione di trivellazione e di recupero) saranno di dimensioni adeguate per effettuare tutte le lavorazioni occorrenti per la realizzazione del minitunnel e per essere equipaggiati con tutti gli impianti a corredo del sistema di trasporto. Saranno realizzate strutture di contenimento verticali adeguate a resistere a tutte le sollecitazioni esterne (spinta delle terre, spinta idrostatica, pressione della stazione di spinta principale e sovraccarichi al piano campagna). In particolare, nella

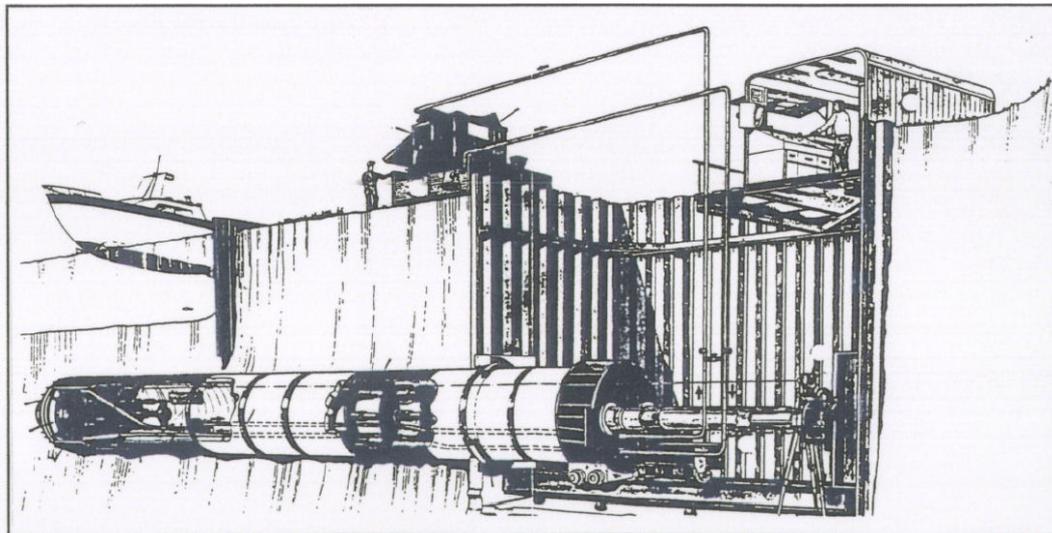
	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 41 di 75	Rev. 2

realizzazione dei pozzi, dovendo essere realizzati sottofalda, saranno adottate tipologie strutturali che garantiscano la tenuta idraulica.

Esecuzione della trivellazione

La trivellazione sarà eseguita con una fresa a scudo chiuso con il bilanciamento della pressione sul fronte di scavo. Le caratteristiche tecniche del sistema costruttivo è stato descritto nel capitolo precedente.

Nelle figure seguenti si riportano rispettivamente uno schema di trivellazione, a partire dalla postazione di trivellazione ed uno esempio di scudo a bilanciamento di pressione.



Schema del sistema di trivellazione con microtunnel



Scudo con bilanciamento pressione meccanica del terreno (microtunneller)

Varo delle condotte

Ciascuna condotta potrà essere collocata dentro il microtunnel con due metodologie:

- 1) - Varo dell'intera colonna in unica soluzione
- 2) - Varo con inserimento progressivo delle singole barre

Al fine di evitare lo strisciamento tra la condotta ed il fondo del tunnel e diminuire l'attrito radente che si sviluppa tra le due superfici verranno applicati alla condotta

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 42 di 75	Rev. 2

opportuni collari distanziatori costituiti da materiali in grado di resistere all'usura (collari RACI in PEAD rinforzato e/o in malta poliuretanicca gettati in opera).

- *Varo dell'intera colonna in unica soluzione*

La colonna di varo potrà essere predisposta rispettando la geometria di progetto.

La lunghezza della colonna di varo sarà formata da singoli tronconi che verranno assiemati man mano che le operazioni di infilaggio progrediranno.

La scelta della posizione e della lunghezza della colonna sarà fatta in funzione alla disponibilità di spazio e alle scelte operative dell'appaltatore.

In testa alla colonna di varo verrà saldata una testata di tiro alla quale, mediante un sistema di pulegge, verrà collegato il cavo in acciaio per il tiro. Dal lato opposto della colonna un argano, ovvero un sistema di martinetti, produrrà il tiro necessario all'infilaggio della condotta nel tunnel.

Lungo la colonna sarà disposto un sufficiente numero di mezzi di sollevamento che aiuteranno la condotta sia ad assumere la geometria elastica di varo prevista in progetto che le operazioni di infilaggio.

- *Varo con l'inserimento progressivo delle singole barre*

La scelta della posizione per il varo sarà fatta in funzione alla disponibilità di spazio e alle scelte operative dell'appaltatore.

Le singole barre verranno calate una alla volta nel pozzo con l'ausilio di trattori posatubi e qui assiemate mediante saldatura di testa.

L'inserimento nel tunnel avverrà perciò progressivamente grazie al tiro di un argano, posizionato nel pozzo opposto a quello di varo, collegato con un cavo in acciaio alla testata di tiro saldata sulla prima barra.

Le saldature del tratto di condotta in attraversamento saranno tutte radiografate ed accompagnate dal certificato di idoneità rilasciato dall'Istituto Italiano della Saldatura.

La condotta sarà protetta con:

- una protezione passiva esterna costituita da un rivestimento in polietilene estruso ad alta densità applicato in fabbrica dello spessore minimo di mm 3 ed un rivestimento interno in vernice epossidica.
- i giunti di saldatura saranno rivestiti in linea con fasce termorestringenti;
- una protezione attiva (catodica) attraverso un sistema di correnti impresse con apparecchiature poste lungo la linea.

Collaudo idraulico delle condotte

Il tratto di ciascuna condotta interessato dall'attraversamento sarà sottoposto a prove di collaudo. In generale saranno prove idrauliche in opera con una pressione pari ad 1,2 volte la pressione massima di esercizio (75 bar).

La pressione di prova idraulica sarà controllata con manometro registratore. Il risultato della prova idraulica sarà verbalizzato.

Posa dei cavi

Insieme alle condotte, verranno collocati i vari cavi nell'ambito dei relativi alloggiamenti predisposti.

Ripristini

Al termine delle operazioni di intasamento interno del tunnel e del collegamento di linea (con i tratti già posati a monte e a valle dell'attraversamento), si procederà al

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 43 di 75	Rev. 2

ritombamento dei pozzi e allo sgombero delle aree di lavoro e al loro ripristino per la restituzione delle aree alle normali attività agricole.

8.4 Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo

Qui di seguito viene affrontato il problema della stabilità dei terreni rispettivamente nella configurazione transitoria nel corso di esecuzione dei lavori e a lungo termine, successiva al completamento dei lavori.

Stabilità per “filtrazione” in corso di esecuzione dei lavori

L’instabilità per filtrazione lungo una traiettoria preferenziale a permeabilità elevata rispetto al terreno può avvenire ogni qualvolta si verifica una repentina dissipazione del carico idraulico. Ciò si verifica quando nel “tubo di flusso” le perdite di carico idraulico sono piuttosto elevate, come nel caso di una trivellazione a “sezione aperta” dove può aversi un flusso all’interno del tubo di protezione oppure, nel terreno di trivellazione, qualora siano presenti “scavernamenti” lungo la trivellazione stessa.

Relativamente ai lavori d’interesse la tecnica adottata elimina tali rischi, presenti per alcune metodologie di scavo sottofalda, legati a possibili fenomeni di filtrazione lungo il foro di trivellazione. Con tale tecnica infatti è possibile un bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche consentendo di operare con un sistema “chiuso” a tenuta idraulica. Infatti:

- la fresa presente sul fronte scavo è a sezione piena;
- l’allontanamento del terreno di perforazione avviene internamente al tubo di protezione con l’utilizzo di un apposito sistema idraulico. La quantità di terreno scavato è in rapporto costante con l’avanzamento del tunnel;
- Il tubo di rivestimento in c.a. che spinge la fresa assicura, puntualmente ed in ogni istante, il sostegno dello scavo ed il bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche (giunti a tenuta idraulica);
- I pozzi di spinta e di recupero, da realizzare con manufatti in c.a., saranno a tenuta idraulica. In particolare, l’anello di neoprene di tenuta idraulica presente sulla parete del pozzo di trivellazione consente il progressivo inserimento dei conci in c.a. impedendo eventuali flussi localizzati, in prossimità della parete esterna del tubo di protezione, verso il pozzo di spinta.

Come già accennato, la metodologia adottata è anche in grado di garantire un’idonea tenuta della zona di contatto terreno-tubazione nei riguardi di eventuali moti di filtrazione preferenziali.

La lubrificazione del terreno a contatto con il rivestimento mediante un circuito esterno di fanghi, che consente di ridurre in maniera sensibile le resistenze laterali all’avanzamento, e la particolare configurazione del sistema di giunzione, che garantisce assenza di sovraingombri dei giunti nei confronti del diametro esterno del tubo di protezione in c.a., fanno venire meno la necessità di procedere ad un sovracarotaggio del foro rispetto al tubo di protezione ottenendosi così il diametro del foro praticamente coincidente con quello della tubazione di rivestimento.

Stabilità per “filtrazione” a lungo termine

Le motivazioni esposte sulla stabilità alla filtrazione durante le fasi operative, sono a maggior ragione valide per la configurazione finale dell’opera.

Si è già detto che la metodologia minimizza le deformazioni plastiche nel terreno e le conseguenti alterazioni delle caratteristiche di permeabilità: la sua rottura viene ottenuta per rotazione e non per taglio avendosi così una sorta di aderenza tra il

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 44 di 75	Rev. 2

rivestimento e il terreno (l'utilizzo dei fanghi bentonitici e la possibilità di bilanciare le pressioni esterne contribuiscono a minimizzare l'alterazione dello stato tensionale preesistente nel terreno).

Una garanzia rispetto ai fenomeni di filtrazione in sub-alveo 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 (in assenza del tunnel);

Viene inoltre introdotto un ulteriore grado di sicurezza, a garanzia della stabilità dell'insieme, riutilizzando lo stesso impianto già adoperato per le iniezioni in fase di avanzamento. Al termine dei lavori di trivellazione, il terreno prossimo al tubo di protezione viene "intasato" iniettando a bassa pressione una miscela di acqua, bentonite e cemento.

Tali iniezioni hanno lo scopo di escludere, per ogni evenienza, l'instaurarsi di un flusso preferenziale lungo l'asse di trivellazione. Si ottiene così, nell'intorno del foro, un terreno a permeabilità sicuramente inferiore rispetto al terreno in posto.

L'esecuzione di tali iniezioni è prevista lungo tutto lo sviluppo longitudinale della trivellazione. Le due estremità del tunnel verranno sigillate con setti in c.a., in corrispondenza dei due pozzi (di spinta e di recupero). Quest'ultimi, al termine dei lavori, verranno riempiti con terreni a bassa permeabilità opportunamente costipati.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 45 di 75	Rev. 2

9 VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA

9.1 Premessa

Il Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni (PSDA) per il territorio ricompreso nei 14 Bacini Idrografici abruzzesi di rilievo regionale con esclusione del Bacino Interregionale del Fiume Sangro, è stato adottato con DGR 1050 del 5 Novembre 2007 ed approvato con DCR del 29 Gennaio 2008, Verbale N° 94/5.

Per quanto riguarda il territorio abruzzese ricompreso nel Bacino Idrografico Interregionale del Fiume Sangro, il PSDA è stato adottato con DGR N° 237 del 31 Marzo 2008 ed approvato con DCR n.101/5 del 29 Aprile 2008.

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

Con l'entrata in vigore del DM 25/10/2016 gli aggiornamenti dei Piani di bacino 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.

9.2 PSDA - Analisi disposizioni per le aree di pericolosità idraulica

Il PSDA, individua e perimetra le aree di pericolosità idraulica attraverso la determinazione dei livelli corrispondenti a condizioni di massima piena valutati con i metodi scientifici dell'idraulica.

In tali aree il Piano ha la finalità di evitare l'incremento dei livelli di pericolo e rischio idraulico, impedire interventi pregiudizievoli per il futuro assetto idraulico del territorio, salvaguardare e disciplinare le attività antropiche, assicurare il necessario coordinamento con il quadro normativo e con gli strumenti di pianificazione e programmazione in vigore.

Il PSDA individua n.4 livelli di pericolosità idraulica, ossia:

- pericolosità idraulica molto elevata (P4);
- pericolosità idraulica elevata (P3);
- pericolosità idraulica media (P2);
- pericolosità idraulica moderata (P1);

Inoltre, il PSDA perimetra le aree a rischio idraulico all'interno delle aree di pericolosità idraulica, esclusivamente allo scopo di individuare ambiti ed ordini di priorità degli interventi di mitigazione del rischio, nonché allo scopo di segnalare aree di interesse per i piani di protezione civile. Tali aree sono classificate come di rischio molto elevato (R4), elevato (R3), medio (R2) e moderato (R1).

Norme Generali

Secondo l'Art. 7 delle NdA (Norme di Attuazione del Piano), tutti i nuovi interventi, opere ed attività ammissibili nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, elevata e media sono realizzati o iniziati subordinatamente alla presentazione dello studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 8, se richiesto dalle NdA, in applicazione delle linee guida e dei criteri indicati nell'Allegato D.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 46 di 75	Rev. 2

Nelle aree di pericolosità idraulica sono consentiti esclusivamente gli interventi individuati dalle disposizioni degli articoli da 17 a 23, con inammissibilità di tutti gli altri, nel rispetto delle condizioni stabilite dallo studio di compatibilità idraulica ove richiesto.

Allo scopo di impedire l'aumento delle situazioni di pericolosità nelle aree di pericolosità idraulica perimetrata dal PSDA tutti i nuovi interventi, opere, attività previsti dallo stesso PSDA ovvero assentiti dopo la sua approvazione devono essere comunque tali da:

- non compromettere la riduzione delle cause di pericolosità, né la sistemazione idraulica a regime;
- conservare o mantenere le condizioni di funzionalità dei corsi d'acqua, facilitare il normale deflusso delle acque ed il deflusso delle piene;
- non aumentare il rischio idraulico;
- non ridurre significativamente le capacità di laminazione o invasamento nelle aree interessate;
- favorire quando possibile la formazione di nuove aree inondabili e di nuove aree permeabili;
- salvaguardare la naturalità e la biodiversità degli alvei.

Gli interventi elencati adottano normalmente le tecniche di realizzazione a basso impatto ambientale.

Interventi consentiti nelle Aree di Pericolosità Idraulica Molto Elevata (P4)

L'Art. 19 delle NdA indica come, fermo restando quanto stabilito negli articoli 7, 8, 9 e 10, nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata in materia di infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico sono consentiti esclusivamente:

- la manutenzione ordinaria e straordinaria di infrastrutture a rete o puntuali;
- la ricostruzione di infrastrutture a rete danneggiate o distrutte da calamità idrogeologiche, fatti salvi i divieti di ricostruzione stabiliti dall'articolo 3-ter del decreto legge n. 279/2000 convertito con modificazioni dalla legge n. 365/2000;
- le nuove infrastrutture a rete previste dagli strumenti di pianificazione territoriale, che siano dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili;
- l'ampliamento e la ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali, destinate a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili e prive di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili;
- i nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse;
- i nuovi attraversamenti di sottoservizi a rete;
- gli interventi di allacciamento a reti principali;
- i nuovi interventi di edilizia cimiteriale purché realizzati all'interno degli impianti cimiteriali esistenti;
- le attrezzature per il tempo libero, per la fruizione pubblica, occasionale e temporanea dell'ambiente e per le attività sportive ivi compreso i percorsi ciclabili e pedonali, laghetti di pesca sportiva fermo restando quanto disposto dall'art. 13 comma 1, previa installazione di sistemi di preallarme e compatibilmente con i piani di protezione civile.

Inoltre gli interventi consentiti dal presente articolo:

- devono essere conformi ai piani di protezione civile;
- non possono incrementare in modo significativo le aree impermeabili esistenti se non stabilendo idonee misure compensative;

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 47 di 75

- non possono aumentare il carico urbanistico esistente nell'area interessata;
- sono basati su progetti che dimostrano l'esistenza della sicurezza idraulica o prevedono misure di messa in sicurezza da realizzare preventivamente o contestualmente all'intervento e misure compensative di miglioramento del regime idraulico e riqualificazione fluviale.

Interventi consentiti nelle Aree di Pericolosità Idraulica Elevata (P3), Media (P2) e Moderata (P1)

Fermo restando quanto stabilito negli articoli 7, 8, 9 e 10 delle NdA, nelle aree di pericolosità idraulica elevata sono consentiti, tra gli altri (Art. 20 delle NdA), gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata. Lo studio di compatibilità idraulica viene sempre richiesto in tali casi.

Fermo restando quanto stabilito negli articoli 7, 8, 9 e 10, nelle aree di pericolosità idraulica media sono consentiti tra gli altri (Art. 21 delle NdA), gli interventi, le opere e le attività consentiti nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata ed elevata, alle medesime condizioni rispettivamente stabilite, nonché la realizzazione e l'ampliamento di opere ed infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.

Tali interventi:

- devono essere conformi ai piani di protezione civile;
- richiedono lo studio di compatibilità idraulica.

Nelle aree di pericolosità idraulica moderata è demandato agli strumenti urbanistici ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio, le nuove costruzioni, gli interventi sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione d'uso, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, conformemente alle prescrizioni generali degli articoli 7, 8, 9 e 10 e a condizione di impiegare tipologie e tecniche costruttive idonee alla riduzione della pericolosità e dei danni potenziali (Art. 22 delle NdA).

9.3 Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento

Il fiume in esame, ricadente nella pertinenza dell'ex "Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro", rappresenta uno dei corsi d'acqua di rilievo regionale per il quale l'Autorità di Bacino, nell'ambito del *Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni (PSDA)*, ha individuato e perimetrato le aree di pericolosità idraulica lungo lo sviluppo dell'asta fluviale.

Conseguentemente in corrispondenza dell'ambito di attraversamento si individuano delle interferenze tra il metanodotto in progetto con le aree di pericolosità idraulica individuate nel PSDA.

In tal senso nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico dell'ambito in esame (in scala 1:10.000), dal quale si possono individuare le effettive interferenze tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso) con le aree censite di pericolosità idraulica per esondazioni delle piene del corso d'acqua.

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante campitura rossa a strisce) il tratto di condotta la cui posa è prevista in trenchless.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 48 di 75	Rev. 2

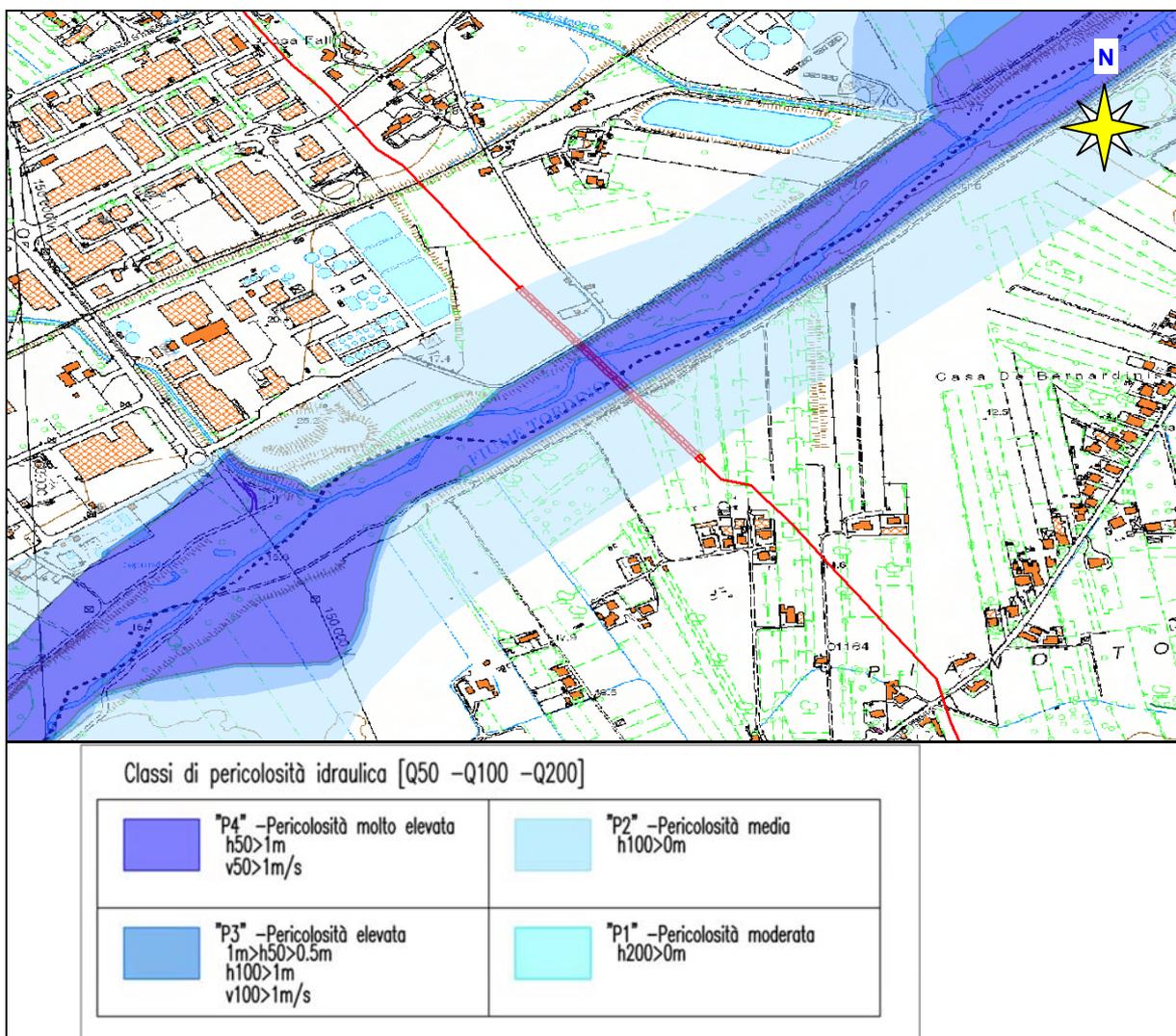


Fig.9.3/A: Interferenze tra metanodotto in progetto con le aree di "Pericolosità Idraulica"

Nella tabella seguente sono riportati gli sviluppi dei singoli tratti di interferenza del metanodotto con i vari livelli di Pericolosità idraulica del corso d'acqua. L'individuazione dei tratti è stata effettuata procedendo in senso gas del metanodotto, ossia (nello specifico) partendo da sinistra verso destra idrografica.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 49 di 75

PERICOLOSITA' IDRAULICA	Tratto in sx - Lunghezza (m)	Tratto in dx - Lunghezza (m)	Lunghezza Tot. (m)
P1 - Pericolosità Moderata	122	137	259
P2 - Pericolosità Media	0	8	8
P3 - Pericolosità Elevata	5	5	10
P4 - Pericolosità Molto Elevata	90		90
Sviluppo complessivo delle Interferenze (m)			367

Dall'analisi della tabella precedente si rileva che il metanodotto in progetto interferisce con aree di pericolosità idraulica individuate nel PSDA per uno sviluppo totale di circa 367 m, di cui circa 90m riguardanti ambiti P4 (a pericolosità idraulica molto elevata), 18m circa riguardanti ambiti P3 e P2 (a pericolosità idraulica elevata e media) e circa 259 m circa riguardanti P1 (a pericolosità idraulica moderata).

Invece dall'esame della Fig.9.3/A si evince che tutto l'alveo attivo del corso d'acqua, le aree a pericolosità idrauliche P4, P3 e P2 e la quasi totalità delle aree a pericolosità P1 verranno attraversati in trenchless (ad elevate profondità di posa).

Infatti esclusivamente nel margine dell'area P1 in sinistra idrografica (per uno sviluppo di pochi metri) la condotta verrà posizionata con la tecnica degli scavi a cielo aperto.

9.4 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.19, comma 1 lettera c), risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentito l'interferenza con aree classificate di pericolosità idraulica molto elevata (o inferiore).

A tal proposito si pone in evidenza che la tipologia di opera rispetta tutte le condizioni indicate nel già citato art.19 delle Norme di Piano.

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.

Inoltre, 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. Per di più 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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 50 di 75	Rev. 2

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 quasi totalità della regione fluviale (comprendente, con particolare riferimento, l'alveo attivo del corso d'acqua, tutte le aree di pericolosità idraulica molto elevata e quelle di pericolosità idraulica elevata e media) sarà attraversata dalla condotta in trivellazione e dunque, alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali (si veda il Disegno di attraversamento), si evidenzia quanto segue:

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 51 di 75	Rev. 2

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.

Inoltre, relativamente al tratto di percorrenza della regione fluviale ricadente esternamente all'ambito di trivellazione, dove il metanodotto verrà posizionato mediante scavi a cielo aperto, si evidenzia quanto segue.

Questa interferenza nello specifico riguarda esclusivamente un brevissimo tratto di percorrenza di un'area a pericolosità idraulica P1 (a pericolosità idraulica moderata) ricadente nel lato in sinistra idrografica del corso d'acqua. Pertanto, riguarda delle porzioni di territorio che rappresentano delle aree di laminazione e/o di invaso del corso d'acqua in occasione di piene eccezionali ed in quanto tali, risultano degli ambiti di assoluta sicurezza per la condotta nei confronti dei processi di dinamica fluviale.

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

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

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

Pertanto, 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 Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 52 di 75	Rev. 2

10 CONCLUSIONI

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto denominato "Rifacimento metanodotto Ravenna – Chieti" intende realizzare il nuovo tratto "San Benedetto del Tronto - Chieti, DN 650 (26") - DP 75 bar", in sostituzione del tratto di metanodotto attualmente in esercizio, che si sviluppa nell'ambito dei territori delle Marche e dell'Abruzzo.

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del fiume TORDINO nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua (a circa 2,5 km dalla foce), in un ambito di confine tra i territori di Giulianova (TE) e di Roseto degli Abruzzi (TE).

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 trivellazione, mediante la tecnica del "microtunnelling", utilizzando una fresa a bilanciamento di pressione.

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.

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 PSDA (redatto dall'ex "Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro"), 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 dichiara:

- che l'opera in esame, ai sensi di quanto previsto nell'Art.19 delle Norme di Attuazione del PSDA, risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentito l'interferenza con le aree classificate di pericolosità idraulica molto elevata (o inferiore);
- che le tipologie di intervento previste nell'ambito specifico di riferimento rispettano le finalità e le disposizioni stabilite nell'Art. 7 comma 3 delle NdA;
- l'opera risulta nel contesto in esame "non delocalizzabile";
- che più in generale gli interventi in progetto nell'ambito in esame risultano congruenti le prescrizioni e finalità stabilite nelle Norme di Piano del PSDA.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 53 di 75

In ragione di quanto sopra evidenziato, si ritiene che le scelte progettuali inerenti lo specifico ambito d'interferenza possano essere ritenute congruenti con le disposizioni delle Norme di Attuazione del Piano e che dunque l'opera in progetto risulti **COMPATIBILE** con il contesto idraulico relativo all'ambito in esame.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 54 di 75

APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - METODOLOGIA DI CALCOLO

Codice di calcolo

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

Il calcolo del profilo in moto permanente è stato eseguito per mezzo della versione 4.1.

Il modello Hec-Ras permette di calcolare, per canali naturali od artificiali, il profilo idrico di correnti gradualmente variate ed in condizioni di moto stazionario (sia in regime di corrente lenta che di corrente veloce).

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

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

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

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

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

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

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

dove:

- A , area della sezione bagnata (m^2);
- Λ , coefficiente di attrito di Chezy ($m^{1/2}/s$);
- g , accelerazione di gravità (m/s^2);
- h , altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);
- Q , portata (m^3/s);

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 55 di 75

- R , raggio idraulico (m);
- α , coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
- q , portata laterale addotta (m^2/s).

Condizioni di moto

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

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

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

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

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

in cui

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

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

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

in cui

- L è la lunghezza del tratto in analisi,
- J_m è un valore medio rappresentativo della cadente (perdita di carico per unità di lunghezza) nel tratto medesimo,
- C è il coefficiente di contrazione o espansione.

In tal modo, si tiene conto sia delle perdite di carico continue o distribuite, rappresentate dal primo addendo del membro di destra, sia delle perdite di carico localizzate o concentrate, rappresentate dal secondo addendo del membro di destra e dovute alle variazioni di

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 56 di 75

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 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 57 di 75

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

- 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 58 di 75

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 1 rispettivamente le sezioni di monte e di valle del tratto considerato, si esprime come

$$\frac{\beta_2 Q_2^2}{gA_2} + A_2 Y_{2,b} + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot i - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot J_m - \frac{\beta_1 Q_1^2}{gA_1} - A_1 Y_{1,b} = 0$$

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 Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 59 di 75	Rev. 2

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   X  XXXXXX   XXXX   X   X   X   X   XXXXXX
  
```

PROJECT DATA

Project Title: Tordino
Project File : Tordino.prj

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Plan 01
Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch(Abruzzo)\Tordino.p01

Geometry Title: Tordino
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch(Abruzzo)\Tordino.g01

Flow Title : Tordino
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch(Abruzzo)\Tordino.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: Tordino
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch(Abruzzo)\Tordino.f01

Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	TR200
F.Tordino	alveo	50	831

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
F.Tordino	alveo	TR200	Normal S = 0.0063	Normal S = 0.0063

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 60 di 75	Rev. 2

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Tordino

Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch(Abruzzo)\Tordino.g01

CROSS SECTION

RIVER: F.Tordino

REACH: alveo RS: 50

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 489

Sta	Elev								
0	20.04	1	20.07	2	20.06	3	20.05	4	20.05
5	20.02	6	20.03	7	20.06	8	20.06	9	20.09
10	20.07	11	20.05	12	20.07	13	20.08	14	20.05
15	20.18	16	20.32	17	20.23	18	20.03	19	19.9
20	19.91	21	19.9	22	19.85	23	19.86	24	19.86
25	19.91	26	19.9	27	19.81	28	19.77	29	19.78
30	19.77	31	19.76	32	19.77	33	19.75	34	19.72
35	19.76	36	19.72	37	19.74	38	19.78	39	19.87
40	19.86	41	19.85	42	20.01	43	20.44	44	21.15
45	21.88	46	22.56	47	23.19	48	23.9	49	24.28
50	24.43	51	24.5	52	24.45	53	24.48	54	24.47
55	24.48	56	24.53	57	24.62	58	24.66	59	24.7
60	24.76	61	24.8	62	24.81	63	24.86	64	24.87
65	24.94	66	24.94	67	25.04	68	25	69	25.01
70	25.1	71	25.16	72	25.19	73	25.14	74	25.16
75	25.15	76	25.24	77	25.19	78	25.17	79	25.13
80	25.18	81	25.14	82	25.14	83	25.11	84	25.01
85	24.82	86	24.56	87	24.26	88	23.9	89	23.53
90	23.23	91	23.04	92	22.87	93	22.84	94	22.73
95	22.72	96	22.79	97	22.79	98	22.82	99	22.87
100	22.92	101	23.09	102	23.37	103	23.61	104	24.01
105	24.28	106	24.52	107	24.76	108	25.06	109	25.22
110	25.32	111	25.41	112	25.45	113	25.44	114	25.39
115	25.3	116	25.04	117	24.64	118	24.12	119	23.62
120	23.17	121	22.87	122	22.39	123	21.77	124	21.23
125	20.65	126	20.08	127	19.63	128	19.3	129	19.09
130	19.11	131	19.13	132	19.08	133	19.05	134	19
135	18.92	136	18.85	137	18.84	138	18.81	139	18.8
140	18.79	141	18.78	142	18.78	143	18.72	144	18.69
145	18.65	146	18.59	147	18.49	148	18.48	149	18.47
150	18.39	151	18.34	152	18.39	153	18.39	154	18.33
155	18.3	156	18.36	157	18.32	158	18.29	159	18.36
160	18.47	161	18.78	162	19.48	163	19.79	164	19.79
165	19.44	166	18.85	167	18.36	168	17.77	169	17.05
170	16.34	171	15.68	172	15.07	173	14.6	174	14.54
175	14.51	176	14.48	177	14.47	178	14.45	179	14.42
180	14.4	181	14.38	182	14.36	183	14.38	184	14.36
185	14.44	186	14.53	187	14.54	188	14.49	189	14.47
190	14.41	191	14.39	192	14.47	193	14.5	194	14.51
195	14.6	196	14.64	197	14.67	198	14.72	199	14.66
200	14.49	201	14.43	202	14.44	203	14.42	204	14.45
205	14.55	206	14.61	207	14.57	208	14.5	209	14.54
210	14.59	211	14.6	212	14.57	213	14.51	214	14.55
215	14.59	216	14.59	217	14.52	218	14.48	219	14.47
220	14.44	221	14.47	222	14.5	223	14.5	224	14.55
225	14.57	226	14.61	227	14.62	228	14.65	229	14.72
230	14.74	231	14.73	232	14.69	233	14.65	234	14.56
235	14.39	236	14.4	237	14.4	238	14.39	239	14.41
240	14.42	241	14.53	242	14.69	243	14.88	244	15.01
245	15.08	246	15.24	247	15.45	248	15.79	249	15.96
250	15.86	251	15.86	252	15.85	253	15.85	254	15.74
255	15.72	256	15.77	257	15.84	258	15.95	259	15.9
260	15.6	261	15.13	262	14.83	263	14.46	264	14.28
265	14.3	266	14.36	267	14.72	268	15.14	269	15.55
270	15.7	271	15.71	272	15.51	273	15.35	274	15.22
275	15.02	276	14.65	277	14.51	278	14.46	279	14.48

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 61 di 75	Rev. 2

280	15.04	281	15.41	282	15.38	283	15.36	284	15.25
285	15.2	286	15.22	287	15.23	288	15.55	289	15.83
290	16.06	291	16.18	292	16.37	293	16.55	294	16.74
295	16.92	296	17.09	297	17.2	298	17.09	299	16.99
300	16.97	301	16.94	302	16.93	303	16.94	304	16.96
305	16.95	306	16.95	307	16.95	308	16.95	309	16.99
310	17.06	311	17.03	312	16.97	313	16.92	314	16.91
315	16.98	316	17.01	317	17.02	318	17.03	319	17.03
320	17.03	321	17.02	322	17.07	323	17.07	324	17.07
325	17.04	326	17.05	327	17.07	328	17.11	329	17.12
330	17.08	331	17.1	332	17.16	333	17.13	334	17.11
335	17.13	336	17.15	337	17.15	338	17.17	339	17.18
340	17.18	341	17.16	342	17.15	343	17.19	344	17.2
345	17.18	346	17.14	347	17.17	348	17.18	349	17.2
350	17.22	351	17.21	352	17.19	353	17.17	354	17.16
355	17.18	356	17.2	357	17.2	358	17.2	359	17.21
360	17.25	361	17.26	362	17.26	363	17.23	364	17.28
365	17.22	366	17.22	367	17.25	368	17.28	369	17.27
370	17.26	371	17.27	372	17.28	373	17.26	374	17.26
375	17.31	376	17.32	377	17.35	378	17.31	379	17.28
380	17.31	381	17.31	382	17.33	383	17.33	384	17.32
385	17.32	386	17.33	387	17.34	388	17.33	389	17.35
390	17.37	391	17.37	392	17.36	393	17.35	394	17.28
395	17.3	396	17.34	397	17.34	398	17.32	399	17.31
400	17.31	401	17.33	402	17.31	403	17.33	404	17.39
405	17.37	406	17.36	407	17.4	408	17.37	409	17.4
410	17.39	411	17.38	412	17.38	413	17.38	414	17.41
415	17.43	416	17.43	417	17.4	418	17.42	419	17.4
420	17.39	421	17.37	422	17.4	423	17.39	424	17.38
425	17.43	426	17.38	427	17.34	428	17.35	429	17.37
430	17.44	431	17.39	432	17.39	433	17.36	434	17.39
435	17.41	436	17.42	437	17.42	438	17.41	439	17.43
440	17.42	441	17.4	442	17.39	443	17.42	444	17.44
445	17.4	446	17.39	447	17.41	448	17.4	449	17.41
450	17.39	451	17.46	452	17.43	453	17.44	454	17.43
455	17.42	456	17.46	457	17.46	458	17.45	459	17.39
460	17.42	461	17.44	462	17.44	463	17.44	464	17.46
465	17.45	466	17.44	467	17.41	468	17.43	469	17.42
470	17.41	471	17.43	472	17.46	473	17.43	474	17.37
475	17.41	476	17.41	477	17.4	478	17.44	479	17.42
481	17.39	482	17.43	483	17.44	484	17.49	486	17.46
487	17.47	488	17.52	489	17.51	490	17.52		

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 168 .035 297 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
168 297 100.01 100.01 100.01 .1 .3
Left Levee Station= 163 Elevation= 19.79
Right Levee Station= 297 Elevation= 17.2

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	17.50	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.53	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	16.96	Reach Len. (m)	100.01	100.01	100.01
Crit W.S. (m)	16.55	Flow Area (m2)		256.49	
E.G. Slope (m/m)	0.005097	Area (m2)		256.49	
Q Total (m3/s)	831.00	Flow (m3/s)		831.00	
Top Width (m)	126.12	Top Width (m)		126.12	
Vel Total (m/s)	3.24	Avg. Vel. (m/s)		3.24	
Max Chl Dpth (m)	2.68	Hydr. Depth (m)		2.03	
Conv. Total (m3/s)	11640.3	Conv. (m3/s)		11640.3	
Length Wtd. (m)	100.01	Wetted Per. (m)		128.13	
Min Ch El (m)	14.28	Shear (N/m2)		100.05	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	23460.17	7804.10	14219.72
Frctn Loss (m)	0.50	Cum Volume (1000 m3)	2.93	185.78	0.18
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	3.95	82.62	0.48

CROSS SECTION

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 62 di 75	Rev. 2

RIVER: F.Tordino

REACH: alveo

RS: 45.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 486									
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.75	1.009	19.955	2.019	20.07	3.028	20.015	4.037	20.009		
5.047	19.98	6.056	19.992	7.066	19.93	8.075	19.487	9.084	19.213		
10.094	19.138	11.103	19.127	12.113	19.156	13.122	19.151	14.131	19.202		
15.141	19.25	16.15	19.296	17.159	19.343	18.169	19.278	19.178	19.292		
20.188	19.223	21.197	19.375	22.206	19.607	23.216	19.73	24.225	19.766		
25.234	19.738	26.244	19.743	27.253	19.615	28.263	19.483	29.272	19.432		
30.281	19.357	31.291	19.278	32.3	19.169	33.309	19.156	34.319	19.183		
35.328	19.122	36.338	19.102	37.347	19.119	38.356	19.187	39.366	19.141		
40.375	19.086	41.384	19.117	42.394	19.279	43.403	19.566	44.412	19.901		
45.422	20.222	46.431	20.507	47.441	20.843	48.45	21.066	49.459	21.119		
50.469	21.163	51.478	21.121	52.487	21.115	53.497	21.105	54.506	21.11		
55.516	21.151	56.525	21.201	57.534	21.181	58.544	21.208	59.553	21.247		
60.562	21.256	61.572	21.244	62.581	21.276	63.591	21.316	64.6	21.34		
65.609	21.366	66.619	21.42	67.628	21.416	68.637	21.427	69.647	21.484		
70.656	21.505	71.666	21.527	72.675	21.503	73.684	21.503	74.694	21.492		
75.703	21.47	76.713	21.416	77.722	21.386	78.731	21.402	79.741	21.385		
80.75	21.375	81.759	21.367	82.769	21.328	83.778	21.232	84.787	21.11		
85.797	20.986	86.806	20.825	87.816	20.643	88.825	20.502	89.834	20.411		
90.844	20.347	91.853	20.319	92.863	20.255	93.872	20.226	94.881	20.207		
95.891	20.17	96.9	20.162	97.909	20.185	98.919	20.181	99.928	20.138		
100.938	20.112	101.947	20.192	102.956	20.347	103.966	20.451	104.975	20.574		
105.984	20.691	106.994	20.833	107.997	20.89	109.012	20.931	110.022	20.961		
111.031	20.92	112.041	20.913	113.05	20.861	114.059	20.775	115.069	20.632		
116.078	20.394	117.088	20.096	118.097	19.806	119.106	19.588	120.116	19.415		
121.125	19.132	122.134	18.807	123.144	18.502	124.153	18.158	125.162	17.872		
126.172	17.658	127.181	17.492	128.191	17.464	129.2	17.459	130.209	17.435		
131.219	17.413	132.228	17.314	133.238	17.196	134.247	17.113	135.256	17.002		
136.266	16.767	137.275	16.532	138.284	16.412	139.294	16.332	140.303	16.265		
141.312	16.196	142.322	16.12	143.331	16.017	144.341	15.95	145.35	15.905		
146.359	15.876	147.369	15.851	148.378	15.815	149.387	15.811	150.397	15.85		
151.406	15.815	152.416	15.785	153.425	15.842	154.434	16.096	155.444	16.342		
156.453	16.606	157.462	16.922	158.472	17.392	159.481	17.984	160.491	18.738		
161.5	19.26	162	19.395	162.5	19.325	163.625	19.116	164.75	18.623		
165.875	17.976	167	17.16	168.058	16.354	169.116	15.763	170.174	15.234		
171.233	14.766	172.291	14.468	173.349	14.31	174.407	14.158	175.465	14.025		
176.479	13.938	177.427	13.835	178.375	13.791	179.323	13.778	180.271	13.748		
181.219	13.747	182.167	13.737	183.115	13.762	184.062	13.814	185.01	13.815		
186.047	13.774	187.105	13.784	188.163	13.747	189.221	13.763	190.279	13.818		
191.337	13.828	192.395	13.871	193.453	13.873	194.49	13.895	195.438	13.903		
196.385	13.87	197.333	13.798	198.281	13.778	199.229	13.808	200.177	13.853		
201.125	13.931	202.073	14.019	203.021	14.07	204.035	14.058	205.093	14.034		
206.151	14.068	207.209	14.067	208.267	14.067	209.326	14.04	210.384	14.03		
211.442	14.058	212.5	14.07	213.558	14.078	214.616	14.074	215.674	14.06		
216.733	14.067	217.791	14.099	218.849	14.13	219.907	14.14	220.965	14.159		
221.979	14.204	222.927	14.244	223.875	14.306	224.823	14.374	225.771	14.427		
226.719	14.452	227.667	14.41	228.615	14.345	229.562	14.317	230.51	14.244		
231.547	14.205	232.605	14.199	233.663	14.158	234.721	14.072	235.779	14.106		
236.837	14.259	237.895	14.44	238.953	14.599	239.99	14.679	240.938	14.738		
241.885	14.778	242.833	14.89	243.781	14.93	244.729	14.86	245.677	14.855		
246.625	14.849	247.573	14.872	248.521	14.8	249.535	14.782	250.593	14.737		
251.651	14.677	252.709	14.65	253.767	14.49	254.826	14.207	255.884	13.995		
256.942	13.717	258	13.585	259.196	13.642	260.391	13.876	261.438	14.16		
262.297	14.391	263.156	14.493	264.016	14.526	265.174	14.422	266.37	14.327		
267.453	14.228	268.312	14.076	269.172	14.039	270.031	14.044	271.152	14.2		
272.348	14.444	273.469	14.302	274.328	14.198	275.188	14.13	276.047	14.17		
277.13	14.321	278.326	14.589	279.484	14.955	280.344	15.199	281.203	15.388		
282.062	15.609	283.109	15.856	284.304	16.175	285.5	16.55	286	16.605		
286.625	16.936	287.875	17.119	289.455	16.705	290.41	16.607	291.365	16.564		
292.32	16.552	293.275	16.533	294.23	16.415	295.185	16.238	296.14	16.135		
297.095	16.13	298.05	16.14	299.96	16.158	300.915	16.199	301.87	16.194		
302.825	16.176	303.78	16.156	304.735	16.133	305.69	16.123	306.645	16.154		
307.6	16.206	308.555	16.251	309.509	16.265	310.539	16.273	311.589	16.259		
312.638	16.279	313.688	16.311	314.737	16.3	315.786	16.306	316.836	16.3		

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 63 di 75	Rev. 2

317.885	16.301	318.935	16.332	319.984	16.365	320.969	16.38	321.924	16.368
322.879	16.363	323.834	16.405	324.789	16.406	325.744	16.41	326.699	16.419
327.654	16.408	328.609	16.435	329.564	16.421	330.519	16.42	331.529	16.46
332.578	16.463	333.628	16.436	334.677	16.425	335.727	16.462	336.776	16.503
337.826	16.502	338.875	16.486	339.924	16.501	340.974	16.519	341.979	16.525
342.934	16.519	343.889	16.511	344.844	16.508	345.799	16.504	346.754	16.542
347.709	16.539	348.664	16.528	349.618	16.525	350.573	16.51	351.528	16.5
352.518	16.506	353.568	16.548	354.617	16.57	355.667	16.558	356.716	16.546
357.766	16.565	358.815	16.557	359.865	16.596	360.914	16.632	361.964	16.664
362.988	16.655	363.943	16.651	364.898	16.654	365.853	16.654	366.808	16.639
367.763	16.65	368.718	16.646	369.673	16.657	370.628	16.694	371.583	16.692
372.538	16.679	373.508	16.65	374.557	16.672	375.607	16.691	376.656	16.697
377.706	16.674	378.755	16.655	379.805	16.647	380.854	16.65	381.904	16.651
382.953	16.65	383.998	16.665	385.052	16.667	386.102	16.675	387.151	16.644
388.201	16.641	389.25	16.64	390.299	16.672	391.349	16.714	392.398	16.692
393.448	16.662	394.497	16.64	395.547	16.623	396.596	16.614	397.646	16.599
398.695	16.607	399.745	16.638	400.794	16.616	401.844	16.612	402.893	16.639
403.943	16.616	404.992	16.669	405.962	16.685	406.917	16.676	407.872	16.65
408.827	16.65	409.782	16.643	410.737	16.645	411.692	16.65	412.647	16.671
413.602	16.632	414.557	16.629	415.512	16.635	416.536	16.645	417.586	16.633
418.635	16.641	419.685	16.64	420.734	16.649	421.784	16.69	422.833	16.675
423.883	16.645	424.932	16.671	425.982	16.68	426.972	16.683	427.927	16.674
428.882	16.67	429.836	16.655	430.791	16.674	431.746	16.69	432.701	16.697
433.656	16.7	434.611	16.689	435.566	16.671	436.521	16.67	437.526	16.651
438.576	16.649	439.625	16.64	440.674	16.657	441.724	16.666	442.773	16.651
443.823	16.636	444.872	16.628	445.922	16.616	446.971	16.625	447.981	16.63
448.936	16.651	449.891	16.608	450.846	16.643	451.801	16.632	452.756	16.622
453.711	16.628	454.666	16.625	455.621	16.624	456.576	16.62	457.531	16.571
458.516	16.58	459.565	16.606	460.615	16.613	461.664	16.6	462.714	16.596
463.763	16.574	464.812	16.566	465.862	16.562	466.911	16.579	467.961	16.584
468.991	16.575	469.945	16.574	470.9	16.612	471.855	16.579	472.81	16.521
473.765	16.511	474.72	16.525	475.675	16.543	476.63	16.555	477.585	16.528
478.54	16.544	480.45	16.526	481.405	16.526	482.36	16.519	483.315	16.546
484.27	16.561	485.802	16.519	486.852	16.531	487.901	16.557	488.951	16.555
490	16.56								

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .055 167 .035 286 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 167 286 100.01 100.01 100.01 .1 .3
 Left Levee Station= 162 Elevation= 19.395
 Right Levee Station= 287.25 Elevation= 17.17

CROSS SECTION

RIVER: F.Tordino
 REACH: alveo RS: 40

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 491									
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.46	1	19.84	2	20.08	3	19.98	4	19.97
5	19.94	6	19.95	7	19.8	8	18.91	9	18.34
10	18.21	11	18.2	12	18.24	13	18.23	14	18.32
15	18.28	16	18.3	17	18.52	18	18.57	19	18.68
20	18.54	21	18.87	22	19.36	23	19.6	24	19.65
25	19.57	26	19.63	27	19.44	28	19.19	29	19.09
30	18.95	31	18.79	32	18.58	33	18.58	34	18.62
35	18.51	36	18.47	37	18.47	38	18.53	39	18.42
40	18.32	41	18.26	42	18.21	43	18.12	44	18.05
45	17.99	46	17.91	47	17.87	48	17.89	49	17.82
50	17.83	51	17.79	52	17.75	53	17.74	54	17.74
55	17.77	56	17.78	57	17.7	58	17.71	59	17.73
60	17.71	61	17.67	62	17.69	63	17.75	64	17.74
65	17.77	66	17.81	67	17.83	68	17.82	69	17.85
70	17.84	71	17.88	72	17.86	73	17.85	74	17.8
75	17.72	76	17.65	77	17.62	78	17.65	79	17.61
80	17.61	81	17.61	82	17.6	83	17.56	84	17.55

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 64 di 75	Rev. 2

85	17.59	86	17.61	87	17.62	88	17.67	89	17.72
90	17.77	91	17.79	92	17.75	93	17.73	94	17.64
95	17.55	96	17.51	97	17.51	98	17.45	99	17.21
100	16.89	101	16.8	102	16.72	103	16.64	104	16.64
105	16.63	106	16.61	107	16.56	108	16.54	109	16.51
110	16.39	111	16.39	112	16.34	113	16.28	114	16.28
115	16.23	116	16.16	117	16.08	118	16.07	119	16.07
120	16.03	121	15.99	122	15.94	123	15.84	124	15.81
125	15.8	126	15.76	127	15.83	128	15.8	129	15.76
130	15.76	131	15.6	132	15.43	133	15.34	134	15.16
135	14.71	136	14.26	137	14.03	138	13.88	139	13.75
140	13.65	141	13.54	142	13.37	143	13.29	144	13.29
145	13.27	146	13.23	147	13.22	148	13.27	149	13.32
150	13.24	151	13.23	152	13.38	153	13.84	154	14.36
155	14.92	156	15.49	157	16.32	158	17.2	159	18.01
160	18.73	161	19	162	18.86	163	18.53	164	18.1
165	17.47	166	16.55	167	15.74	168	15.34	169	15
170	14.68	171	14.37	172	14.1	173	13.83	174	13.58
175	13.42	176	13.22	177	13.17	178	13.18	179	13.1
180	13.13	181	13.08	182	13.1	183	13.09	184	13.06
185	13.11	186	13.09	187	13.1	188	13.15	189	13.15
190	13.16	191	13.11	192	13.12	193	13.08	194	13.08
195	13.12	196	13.13	197	13.23	198	13.39	199	13.48
200	13.53	201	13.55	202	13.56	203	13.58	204	13.54
205	13.55	206	13.55	207	13.52	208	13.53	209	13.55
210	13.64	211	13.67	212	13.66	213	13.68	214	13.71
215	13.76	216	13.74	217	13.75	218	13.8	219	13.88
220	13.99	221	14.05	222	14.17	223	14.18	224	14.03
225	14.07	226	14.1	227	14.01	228	14	229	13.92
230	13.73	231	13.73	232	13.88	233	14.04	234	14.2
235	14.28	236	14.23	237	14.07	238	13.95	239	13.86
240	13.86	241	13.83	242	13.9	243	13.86	244	13.84
245	13.69	246	13.48	247	13.37	248	13.24	249	13.12
250	13.09	251	12.93	252	12.89	253	12.96	254	13.11
255	13.19	256	13.26	257	13.34	258	13.39	259	13.4
260	13.44	261	13.54	262	13.62	263	13.75	264	13.59
265	13.2	266	12.95	267	13.11	268	13.42	269	13.74
270	14.09	271	14.45	272	14.81	273	15.12	274	15.5
275	16.01	276	16.7	277	17.2	278	17.12	279	16.75
280	16.41	281	16.24	282	16.18	283	16.17	284	16.13
285	15.88	286	15.52	287	15.32	288	15.31	289	15.33
290	15.32	291	15.33	292	15.35	293	15.35	294	15.36
295	15.37	296	15.35	297	15.31	298	15.32	299	15.4
300	15.48	301	15.5	302	15.52	303	15.48	304	15.53
305	15.56	306	15.54	307	15.52	308	15.56	309	15.56
310	15.55	311	15.6	312	15.62	313	15.64	314	15.65
315	15.63	316	15.67	317	15.67	318	15.7	319	15.72
320	15.68	321	15.72	322	15.69	323	15.67	324	15.74
325	15.75	326	15.72	327	15.69	328	15.72	329	15.75
330	15.85	331	15.81	332	15.84	333	15.83	334	15.86
335	15.85	336	15.82	337	15.81	338	15.82	339	15.83
340	15.92	341	15.91	342	15.87	343	15.85	344	15.82
345	15.8	346	15.8	347	15.84	348	15.89	349	15.85
350	15.87	351	15.85	352	15.85	353	15.92	354	15.99
355	16.02	356	16.05	357	16.04	358	16.04	359	16.04
360	16.03	361	16.01	362	16.04	363	16.01	364	16
365	16.06	366	16.04	367	16.05	368	16.02	369	16.03
370	16.07	371	16.08	372	16.03	373	16	374	15.98
375	15.97	376	15.97	377	15.96	378	15.97	379	15.98
380	15.96	381	15.99	382	15.94	383	15.9	384	15.98
385	16.02	386	16.06	387	16.1	388	16.03	389	16
390	15.97	391	15.94	392	15.9	393	15.89	394	15.88
395	15.89	396	15.88	397	15.85	398	15.87	399	15.88
400	15.86	401	15.94	402	15.98	403	15.97	404	15.92
405	15.92	406	15.89	407	15.87	408	15.87	409	15.92
410	15.86	411	15.84	412	15.87	413	15.9	414	15.9
415	15.88	416	15.89	417	15.89	418	15.95	419	15.95
420	15.98	421	15.94	422	16	423	15.99	424	15.93
425	15.95	426	15.95	427	15.94	428	15.97	429	15.98
430	15.98	431	15.98	432	15.96	433	15.93	434	15.91
435	15.88	436	15.9	437	15.89	438	15.89	439	15.9

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 65 di 75	Rev. 2

440	15.88	441	15.92	442	15.86	443	15.84	444	15.83
445	15.84	446	15.87	447	15.85	448	15.78	449	15.85
450	15.83	451	15.82	452	15.82	453	15.79	454	15.79
455	15.8	456	15.75	457	15.74	458	15.77	459	15.79
460	15.77	461	15.74	462	15.72	463	15.68	464	15.7
465	15.72	466	15.73	467	15.75	468	15.74	469	15.72
470	15.77	471	15.72	472	15.65	473	15.63	474	15.64
475	15.68	476	15.7	477	15.62	478	15.67	479	15.64
480	15.66	481	15.63	482	15.6	483	15.62	484	15.64
485	15.62	486	15.55	487	15.61	488	15.59	489	15.6
490	15.6								

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 166 .035 275 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
166 275 100.09 100.09 100.09 .1 .3
Left Levee Station= 161 Elevation= 19
Right Levee Station= 277 Elevation= 17.2

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	16.51	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.59	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	15.93	Reach Len. (m)	100.09	100.09	100.09
Crit W.S. (m)	15.47	Flow Area (m2)		245.05	
E.G. Slope (m/m)	0.004807	Area (m2)		245.05	
Q Total (m3/s)	831.00	Flow (m3/s)		831.00	
Top Width (m)	108.07	Top Width (m)		108.07	
Vel Total (m/s)	3.39	Avg. Vel. (m/s)		3.39	
Max Chl Dpth (m)	3.04	Hydr. Depth (m)		2.27	
Conv. Total (m3/s)	11985.2	Conv. (m3/s)		11985.2	
Length Wtd. (m)	100.09	Wetted Per. (m)		109.41	
Min Ch El (m)	12.89	Shear (N/m2)		105.59	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	23460.17	7708.34	13262.18
Frctn Loss (m)	0.46	Cum Volume (1000 m3)	2.93	135.42	0.18
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	3.95	59.18	0.48

CROSS SECTION

RIVER: F.Tordino

REACH: alveo RS: 35.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 487

Sta	Elev								
0	17.41	1.016	17.584	2.032	17.707	3.048	17.665	4.064	17.643
5.08	17.631	6.096	17.626	7.111	17.461	8.127	17.062	9.143	16.836
10.159	16.748	11.175	16.747	12.191	16.773	13.207	16.774	14.223	16.816
15.239	16.81	16.255	16.866	17.271	16.914	18.287	16.952	19.303	16.933
20.318	17	21.334	17.244	22.35	17.414	23.366	17.473	24.382	17.449
25.398	17.449	26.414	17.371	27.43	17.248	28.446	17.195	29.462	17.105
30.478	17.029	31.494	16.946	32.491	16.901	33.475	16.944	34.46	16.899
35.444	16.858	36.429	16.859	37.414	16.886	38.398	16.834	39.383	16.789
40.367	16.76	41.352	16.731	42.336	16.688	43.321	16.655	44.306	16.616
45.29	16.567	46.275	16.55	47.259	16.562	48.244	16.52	49.228	16.538
50.213	16.525	51.198	16.483	52.182	16.475	53.167	16.473	54.151	16.48
55.136	16.475	56.12	16.441	57.105	16.46	58.09	16.445	59.074	16.414
60.059	16.415	61.043	16.427	62.028	16.478	63.012	16.445	64.981	16.479
65.966	16.499	66.951	16.481	67.935	16.482	68.92	16.483	69.904	16.505
70.889	16.491	71.873	16.478	72.858	16.436	73.843	16.4	74.827	16.38
75.812	16.373	76.796	16.381	77.781	16.366	78.765	16.364	79.75	16.355
80.735	16.348	81.719	16.321	82.704	16.308	83.688	16.329	84.673	16.348
85.657	16.362	86.642	16.384	87.627	16.391	88.611	16.408	89.596	16.426
90.58	16.388	91.565	16.372	92.549	16.341	93.534	16.31	94.519	16.295
96.488	16.246	97.472	16.101	98.457	15.949	99.441	15.887	100.426	15.841
101.41	15.796	102.395	15.775	103.38	15.757	104.364	15.756	105.349	15.735
106.333	15.742	107.318	15.729	108.302	15.65	109.287	15.643	110.272	15.623

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 66 di 75

111.256	15.592	112.241	15.592	113.225	15.563	114.21	15.518	115.194	15.467
116.179	15.443	117.164	15.423	118.148	15.39	119.133	15.366	120.117	15.322
121.102	15.247	122.086	15.238	123.071	15.221	124.056	15.176	125.04	15.213
126.025	15.175	127.009	15.145	128.006	15.119	129.022	15.016	130.038	14.932
131.054	14.875	132.07	14.713	133.086	14.496	134.102	14.302	135.118	14.192
136.134	14.133	137.15	14.06	138.166	13.982	139.182	13.929	140.197	13.864
141.213	13.835	142.229	13.825	143.245	13.81	144.261	13.762	145.277	13.734
146.293	13.78	147.309	13.82	148.325	13.862	149.341	13.966	150.357	14.199
151.373	14.504	152.389	14.813	153.404	15.096	154.42	15.499	155.436	16.014
156.452	16.641	157.468	17.242	158.484	17.601	159.5	17.68	160.808	17.048
161.625	16.811	162.769	16.514	163.75	16.218	164.731	16.02	165.875	15.749
166.692	15.563	168	15.32	169.006	14.909	170.012	14.652	171.017	14.336
172.023	13.917	173.029	13.596	174.035	13.398	175.041	13.237	176.047	13.073
177.052	12.966	178.058	12.833	179.064	12.796	180.07	12.805	181.076	12.767
182.081	12.794	183.087	12.763	184.093	12.765	185.099	12.762	186.105	12.758
187.11	12.784	188.116	12.729	189.122	12.719	190.128	12.763	191.134	12.788
192.14	12.808	193.145	12.808	194.151	12.823	195.157	12.813	196.163	12.823
197.169	12.855	198.174	12.882	199.18	12.953	200.186	13.019	201.192	13.047
202.198	13.079	203.203	13.103	204.209	13.12	205.215	13.13	206.221	13.117
207.227	13.132	208.233	13.13	209.238	13.1	210.244	13.093	211.25	13.093
212.256	13.117	213.262	13.117	214.267	13.094	215.273	13.074	216.279	13.064
217.285	13.054	218.291	13.013	219.297	13.001	220.302	13.011	221.308	13.03
222.314	13.069	223.32	13.089	224.326	13.142	225.331	13.145	226.337	13.05
227.343	13.036	228.349	13.023	229.355	12.974	230.36	12.984	231.366	12.961
232.372	12.859	233.378	12.844	234.384	12.911	235.39	12.994	236.395	13.079
237.401	13.136	238.407	13.123	239.413	13.045	240.419	13.014	241.424	12.941
242.43	12.939	243.436	12.96	244.442	12.982	245.448	12.938	246.453	12.939
247.459	12.92	248.465	12.815	249.471	12.774	250.477	12.715	251.483	12.631
252.488	12.483	253.494	12.296	254.5	12.255	255.717	12.372	256.935	12.453
257.543	12.496	258.761	12.53	259.978	12.605	260.587	12.684	261.804	12.767
262.9	12.56	263.63	12.748	264.848	13.285	265.7	13.687	266.674	14.132
267.891	14.672	268.5	15.025	269.2	15.528	270.25	15.99	271.3	16.3
272	16.43	272.978	16.397	273.955	16.232	274.933	15.903	275.91	15.54
276.888	14.822	277.865	14.751	278.843	14.821	279.821	15.045	280.798	15.313
281.776	15.25	282.753	15.182	283.731	14.99	284.709	14.898	285.686	14.862
286.664	14.838	287.641	14.8	288.619	14.806	289.596	14.826	290.574	14.859
291.552	14.873	292.529	14.88	293.507	14.891	294.516	14.935	295.54	14.981
296.563	14.999	297.587	15.007	298.61	14.994	299.634	15.018	300.657	15.043
301.681	15.035	302.704	15.017	303.728	15.04	304.751	15.043	305.775	15.043
306.798	15.064	307.822	15.076	308.845	15.08	309.869	15.091	310.892	15.097
311.915	15.116	312.939	15.124	313.962	15.154	314.986	15.17	315.991	15.14
316.969	15.174	317.946	15.177	318.924	15.177	319.901	15.213	320.879	15.224
321.857	15.229	322.834	15.2	323.812	15.209	324.789	15.244	325.767	15.272
326.744	15.275	327.722	15.282	328.7	15.293	329.677	15.29	330.655	15.268
331.632	15.261	332.61	15.269	333.587	15.256	334.565	15.246	335.543	15.259
336.52	15.315	338.475	15.296	339.453	15.311	340.43	15.327	341.408	15.352
342.386	15.35	343.363	15.385	344.341	15.422	345.318	15.422	346.296	15.446
347.274	15.445	348.251	15.395	349.229	15.381	350.206	15.414	351.184	15.446
352.161	15.465	353.139	15.464	354.117	15.44	355.094	15.405	356.072	15.374
357.049	15.379	358.027	15.371	359.982	15.356	360.96	15.36	361.937	15.391
362.915	15.417	363.892	15.434	364.87	15.419	365.848	15.418	366.825	15.438
367.803	15.438	368.78	15.446	369.758	15.427	370.735	15.405	371.713	15.398
372.691	15.385	373.668	15.408	374.646	15.401	375.623	15.396	376.601	15.393
377.578	15.397	378.556	15.417	379.534	15.404	380.511	15.371	381.512	15.39
382.535	15.4	383.559	15.421	384.582	15.443	385.606	15.401	386.629	15.391
387.653	15.378	388.676	15.356	389.7	15.334	390.723	15.326	391.746	15.31
392.77	15.315	393.793	15.31	394.817	15.305	395.84	15.31	396.864	15.321
397.887	15.323	398.911	15.373	399.934	15.399	400.958	15.4	401.981	15.37
402.996	15.36	404.028	15.316	405.052	15.326	406.075	15.332	407.099	15.339
408.122	15.311	409.146	15.321	410.169	15.337	411.193	15.333	412.216	15.317
413.239	15.31	414.263	15.32	415.286	15.322	416.31	15.347	417.333	15.355
418.357	15.379	419.38	15.349	420.404	15.383	421.427	15.363	422.451	15.339
423.474	15.359	424.498	15.345	425.521	15.355	426.545	15.366	427.568	15.379
428.592	15.372	429.615	15.359	430.638	15.344	431.662	15.32	432.685	15.307
433.709	15.309	434.732	15.325	435.756	15.32	436.779	15.323	437.803	15.321
438.826	15.315	439.85	15.34	440.873	15.303	441.897	15.278	442.92	15.257
443.944	15.264	444.967	15.28	445.991	15.275	446.987	15.261	447.964	15.287
448.942	15.276	449.919	15.276	450.897	15.265	451.874	15.259	452.852	15.28
453.83	15.268	454.807	15.24	455.785	15.217	456.762	15.213	457.74	15.235
458.717	15.231	459.695	15.209	460.673	15.207	461.65	15.179	462.628	15.188
463.605	15.187	464.583	15.191	465.561	15.196	466.538	15.2	467.516	15.2

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 67 di 75	Rev. 2

468.507	15.185	469.531	15.206	470.554	15.196	471.577	15.17	472.601	15.161
473.624	15.177	474.648	15.232	475.671	15.26	476.695	15.184	477.718	15.189
478.742	15.178	479.765	15.185	480.789	15.176	481.812	15.159	482.836	15.168
483.859	15.166	484.883	15.158	485.906	15.125	486.93	15.164	487.953	15.178
488.977	15.185	490	15.18						

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	168	.035	268.5	.055

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	168	268.5		100.09	100.09		.1	.3
Left Levee		Station=	159.5	Elevation=	17.68			
Right Levee		Station=	272	Elevation=	16.43			

CROSS SECTION

RIVER: F.Tordino

REACH: alveo RS: 30

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 491							
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	15.36	1	15.32	2	15.34	3	15.35	4	15.32
5	15.32	6	15.33	7	15.32	8	15.36	9	15.37
10	15.29	11	15.28	12	15.31	13	15.28	14	15.33
15	15.33	16	15.32	17	15.28	18	15.27	19	15.27
20	15.25	21	15.29	22	15.3	23	15.31	24	15.31
25	15.28	26	15.27	27	15.27	28	15.29	29	15.25
30	15.26	31	15.31	32	15.22	33	15.27	34	15.29
35	15.24	36	15.25	37	15.24	38	15.25	39	15.26
40	15.26	41	15.25	42	15.26	43	15.26	44	15.23
45	15.22	46	15.24	47	15.23	48	15.21	49	15.29
50	15.22	51	15.21	52	15.21	53	15.2	54	15.17
55	15.17	56	15.22	57	15.17	58	15.11	59	15.16
60	15.16	61	15.21	62	15.15	63	15.12	64	15.15
65	15.17	66	15.14	67	15.11	68	15.13	69	15.13
70	15.12	71	15.1	72	15.06	73	15.09	74	15.12
75	15.13	76	15.1	77	15.14	78	15.1	79	15.1
80	15.09	81	15.07	82	15.06	83	15.08	84	15.1
85	15.11	86	15.07	87	15.04	88	15.07	89	15.03
90	15.01	91	15.04	92	15.07	93	15.08	94	15.09
95	15.04	96	14.99	97	15.01	98	14.97	99	14.96
100	14.95	101	14.9	102	14.88	103	14.91	104	14.91
105	14.96	106	14.94	107	14.89	108	14.9	109	14.91
110	14.9	111	14.91	112	14.88	113	14.87	114	14.83
115	14.79	116	14.75	117	14.75	118	14.72	119	14.65
120	14.67	121	14.65	122	14.59	123	14.6	124	14.55
125	14.53	126	14.48	127	14.44	128	14.44	129	14.43
130	14.33	131	14.36	132	14.39	133	14.39	134	14.42
135	14.4	136	14.35	137	14.38	138	14.39	139	14.38
140	14.37	141	14.37	142	14.3	143	14.22	144	14.26
145	14.37	146	14.49	147	14.6	148	14.69	149	14.78
150	14.83	151	14.81	152	14.81	153	14.94	154	15.35
155	15.8	156	16.21	157	16.5	158	16.16	159	15.44
160	15.13	161	14.98	162	14.73	163	14.41	164	14.26
165	14.23	166	14.05	167	14.02	168	14.01	169	14.03
170	14.09	171	14.08	172	13.97	173	13.69	174	13.17
175	12.83	176	12.7	177	12.65	178	12.57	179	12.52
180	12.45	181	12.42	182	12.43	183	12.43	184	12.46
185	12.45	186	12.43	187	12.43	188	12.45	189	12.48
190	12.38	191	12.33	192	12.36	193	12.42	194	12.44
195	12.5	196	12.52	197	12.54	198	12.56	199	12.58
200	12.61	201	12.68	202	12.67	203	12.61	204	12.62
205	12.64	206	12.68	207	12.68	208	12.68	209	12.71
210	12.72	211	12.7	212	12.66	213	12.65	214	12.62
215	12.57	216	12.56	217	12.5	218	12.44	219	12.4
220	12.31	221	12.27	222	12.24	223	12.21	224	12.16
225	12.14	226	12.12	227	12.11	228	12.11	229	12.05
230	11.98	231	11.93	232	11.94	233	11.98	234	12.01

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 68 di 75	Rev. 2

235	11.98	236	11.95	237	11.94	238	11.95	239	11.96
240	12	241	12.02	242	12.02	243	12.09	244	12.01
245	12.02	246	12.1	247	12.06	248	12.01	249	12.04
250	12.16	251	12.15	252	12.18	253	12.19	254	12.14
255	11.87	256	11.66	257	11.62	258	11.65	259	11.67
260	12.12	261	13.14	262	14.04	263	14.77	264	15.16
265	15.4	266	15.6	267	15.66	268	15.67	269	15.68
270	15.35	271	14.81	272	13.45	273	13.33	274	13.5
275	14.12	276	14.96	277	15.09	278	15.05	279	14.66
280	14.47	281	14.4	282	14.34	283	14.25	284	14.26
285	14.29	286	14.35	287	14.4	288	14.45	289	14.46
290	14.47	291	14.48	292	14.5	293	14.49	294	14.51
295	14.5	296	14.52	297	14.54	298	14.51	299	14.52
300	14.52	301	14.53	302	14.54	303	14.52	304	14.54
305	14.51	306	14.54	307	14.57	308	14.56	309	14.58
310	14.61	311	14.62	312	14.6	313	14.63	314	14.66
315	14.68	316	14.7	317	14.7	318	14.73	319	14.7
320	14.71	321	14.75	322	14.74	323	14.72	324	14.74
325	14.75	326	14.74	327	14.68	328	14.68	329	14.72
330	14.7	331	14.67	332	14.68	333	14.71	334	14.71
335	14.72	336	14.77	337	14.83	338	14.9	339	14.9
340	14.94	341	14.97	342	14.98	343	15.03	344	15.03
345	14.94	346	14.88	347	14.88	348	14.89	349	14.9
350	14.88	351	14.84	352	14.77	353	14.71	354	14.73
355	14.73	356	14.67	357	14.7	358	14.72	359	14.73
360	14.79	361	14.82	362	14.81	363	14.81	364	14.82
365	14.8	366	14.84	367	14.84	368	14.82	369	14.82
370	14.8	371	14.85	372	14.84	373	14.82	374	14.81
375	14.83	376	14.85	377	14.87	378	14.84	379	14.8
380	14.78	381	14.78	382	14.79	383	14.77	384	14.78
385	14.79	386	14.78	387	14.76	388	14.78	389	14.74
390	14.74	391	14.74	392	14.74	393	14.77	394	14.74
395	14.77	396	14.79	397	14.81	398	14.82	399	14.83
400	14.82	401	14.8	402	14.74	403	14.78	404	14.8
405	14.76	406	14.75	407	14.8	408	14.81	409	14.79
410	14.73	411	14.74	412	14.74	413	14.76	414	14.75
415	14.74	416	14.77	417	14.78	418	14.75	419	14.77
420	14.73	421	14.75	422	14.77	423	14.74	424	14.77
425	14.76	426	14.78	427	14.77	428	14.74	429	14.73
430	14.72	431	14.69	432	14.73	433	14.75	434	14.75
435	14.75	436	14.76	437	14.73	438	14.76	439	14.76
440	14.74	441	14.71	442	14.68	443	14.69	444	14.69
445	14.7	446	14.74	447	14.73	448	14.72	449	14.73
450	14.71	451	14.72	452	14.77	453	14.74	454	14.71
455	14.69	456	14.67	457	14.69	458	14.68	459	14.66
460	14.68	461	14.65	462	14.69	463	14.67	464	14.66
465	14.66	466	14.65	467	14.66	468	14.65	469	14.64
470	14.67	471	14.69	472	14.69	473	14.7	474	14.76
475	14.84	476	14.78	477	14.7	478	14.72	479	14.71
480	14.71	481	14.73	482	14.71	483	14.72	484	14.68
485	14.7	486	14.7	487	14.72	488	14.77	489	14.77
490	14.76								

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 170 .035 262 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
170 262 100.22 100.22 100.22 .1 .3
Left Levee Station= 157 Elevation= 16.5
Right Levee Station= 267 Elevation= 15.66

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	15.65	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.55	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	15.10	Reach Len. (m)	100.22	100.22	100.22
Crit W.S. (m)	14.43	Flow Area (m2)	7.70	249.52	0.84
E.G. Slope (m/m)	0.003590	Area (m2)	7.70	249.52	0.84
Q Total (m3/s)	831.00	Flow (m3/s)	7.08	823.43	0.49
Top Width (m)	103.67	Top Width (m)	9.82	92.00	1.85

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 69 di 75

Vel Total (m/s)	3.22	Avg. Vel. (m/s)	0.92	3.30	0.58
Max Chl Dpth (m)	3.48	Hydr. Depth (m)	0.78	2.71	0.45
Conv. Total (m3/s)	13868.4	Conv. (m3/s)	118.2	13742.1	8.2
Length Wtd. (m)	100.22	Wetted Per. (m)	9.94	93.24	2.15
Min Ch El (m)	11.62	Shear (N/m2)	27.28	94.23	13.73
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	23460.17	7516.83	12783.39
Frctn Loss (m)	0.36	Cum Volume (1000 m3)	2.54	86.10	0.13
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	3.37	39.11	0.32

CROSS SECTION

RIVER: F.Tordino

REACH: alveo

RS: 25.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=		489					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	14.32	1.05	14.3	2.09	14.29	3.14	14.29	4.18	14.3
5.23	14.3	6.27	14.3	7.32	14.31	8.36	14.31	9.41	14.27
10.45	14.27	11.5	14.29	12.54	14.27	13.59	14.27	14.63	14.25
15.68	14.23	16.72	14.24	17.77	14.24	18.81	14.22	19.86	14.25
20.9	14.26	21.95	14.26	22.99	14.27	23.97	14.23	24.92	14.2
25.88	14.22	26.84	14.24	27.8	14.21	28.76	14.2	29.72	14.22
30.68	14.18	31.63	14.22	32.59	14.24	33.55	14.22	34.51	14.21
35.54	14.22	36.58	14.27	37.63	14.3	38.67	14.29	39.72	14.32
40.76	14.31	41.81	14.28	42.85	14.27	43.9	14.26	44.94	14.27
45.99	14.26	46.97	14.29	47.93	14.26	48.89	14.26	49.85	14.25
50.81	14.24	51.76	14.23	52.72	14.23	53.68	14.27	54.64	14.24
55.6	14.2	56.56	14.21	57.52	14.21	58.53	14.24	59.57	14.21
60.62	14.19	61.66	14.22	62.71	14.21	63.75	14.2	64.8	14.2
65.84	14.2	66.89	14.2	67.93	14.2	68.98	14.19	69.98	14.19
70.94	14.2	71.9	14.2	72.85	14.19	73.81	14.21	74.77	14.19
75.73	14.19	76.69	14.18	77.65	14.15	78.61	14.14	79.56	14.12
80.52	14.15	81.52	14.17	82.57	14.13	83.61	14.11	84.66	14.1
85.7	14.1	86.75	14.09	87.79	14.13	88.84	14.12	89.88	14.11
90.93	14.08	91.97	14.04	92.98	14.04	93.94	14.02	94.9	14
95.86	14	96.82	13.97	97.78	13.96	98.74	13.97	99.69	13.96
100.65	13.98	101.61	13.97	102.57	13.94	103.53	13.94	104.51	13.94
105.56	13.93	106.6	13.94	107.65	13.92	108.69	13.91	109.74	13.88
110.79	13.84	111.83	13.82	112.88	13.81	113.92	13.79	114.97	13.77
115.99	13.79	116.95	13.74	117.91	13.75	118.87	13.72	119.83	13.72
120.78	13.69	121.74	13.66	122.7	13.66	123.66	13.66	124.62	13.6
125.58	13.61	126.54	13.62	127.51	13.63	128.55	13.64	129.6	13.62
130.64	13.6	131.69	13.61	132.73	13.63	133.78	13.64	134.82	13.66
135.87	13.63	136.91	13.58	137.96	13.71	139	13.94	140.05	14.07
141.09	14.1	142.14	14.17	143.18	14.22	144.23	14.28	145.27	14.31
146.32	14.54	147.37	14.89	148.41	15.27	149.46	15.52	150.5	15.6
151.73	15.28	152.96	14.72	153.87	14.37	154.71	14.06	155.55	13.85
156.65	13.72	157.89	13.59	158.92	13.57	159.76	13.61	160.61	13.63
161.58	13.56	162.81	13.61	163.97	13.69	164.82	13.74	165.66	13.83
166.5	13.9	167.32	13.87	168.13	13.75	169.08	13.43	170.37	12.94
171.4	12.78	172.21	12.71	173.03	12.63	174.25	12.53	175.48	12.44
176.29	12.41	177.11	12.37	178.12	12.32	179.41	12.25	180.37	12.19
181.19	12.16	182.01	12.12	183.28	12	184.45	11.95	185.27	11.99
186.09	12.03	187.16	12.11	188.45	12.11	189.35	12.11	190.17	12.11
191.03	12.11	192.32	12.13	193.43	12.08	194.25	12.07	195.06	12.06
196.19	12.05	197.48	12.11	198.33	12.12	199.14	12.12	200.06	12.11
201.36	12.09	202.41	12.06	203.22	12.02	204.04	12	205.23	11.98
206.49	11.93	207.31	11.9	208.12	11.89	209.1	11.87	210.39	11.84
211.39	11.8	212.2	11.79	213.02	11.79	214.26	11.77	215.47	11.71
216.28	11.67	217.1	11.67	218.14	11.67	219.43	11.65	220.36	11.61
221.18	11.58	222.01	11.55	223.3	11.52	224.44	11.5	225.26	11.46
226.08	11.46	227.17	11.42	228.46	11.48	229.34	11.44	230.16	11.39
231.05	11.37	232.34	11.4	233.42	11.42	234.24	11.43	235.05	11.4
236.21	11.22	237.5	11.13	238.67	11.14	239.85	11.16	240.9	11.17
241.6	11.2	242.78	11.19	243.95	11.21	244.53	11.23	245.71	11.31
246.88	11.4	247.7	11.46	248.64	11.62	249.81	12.14	250.98	12.78
251.57	13.02	252.74	13.38	253.91	13.71	254.5	13.89	255.47	14.33
256.44	14.63	257.41	14.89	258.38	15.16	259.35	15.36	260.32	15.51

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regioni: Marche e Abruzzo	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti	Fg. 70 di 75	Rev. 2

261.28	15.43	262.25	15.1	263.22	14.62	264.19	14.02	265.16	13.54
266.13	13.52	267.1	13.59	268.07	13.92	269.04	14.28	270.01	14.34
271.03	14.34	272.06	14.14	273.09	14.06	274.13	14.04	275.16	14
276.19	13.95	277.22	13.96	278.26	13.98	279.29	14	280.32	14.02
281.36	14.06	282.39	14.07	283.42	14.07	284.45	14.1	285.49	14.12
286.48	14.14	287.45	14.14	288.42	14.13	289.39	14.15	290.36	14.18
291.33	14.18	292.3	14.18	293.27	14.15	294.24	14.15	295.2	14.15
296.17	14.15	297.14	14.15	298.11	14.16	299.08	14.15	300.05	14.16
301.02	14.2	302.01	14.21	303.05	14.21	304.08	14.22	305.11	14.2
306.15	14.19	307.18	14.21	308.21	14.21	309.24	14.23	310.28	14.25
311.31	14.24	312.34	14.26	313.38	14.24	314.41	14.24	315.44	14.28
316.47	14.25	317.49	14.24	318.46	14.23	319.43	14.24	320.4	14.26
321.37	14.22	322.34	14.22	323.31	14.21	324.28	14.24	325.25	14.23
326.22	14.21	327.19	14.22	328.15	14.24	329.12	14.23	330.09	14.24
331.06	14.27	332.03	14.26	333.97	14.28	334.94	14.31	335.91	14.3
336.88	14.32	337.85	14.34	338.82	14.37	339.78	14.32	340.75	14.29
341.72	14.27	342.69	14.3	343.66	14.31	344.63	14.3	345.6	14.26
346.57	14.2	347.54	14.16	348.51	14.13	349.53	14.17	350.56	14.2
351.59	14.17	352.63	14.18	353.66	14.2	354.69	14.2	355.72	14.21
356.76	14.22	357.79	14.21	358.82	14.21	359.86	14.21	360.89	14.2
361.92	14.23	362.95	14.24	363.99	14.23	364.98	14.22	365.95	14.2
366.92	14.23	367.89	14.2	368.86	14.2	369.83	14.2	370.8	14.2
371.77	14.2	372.74	14.22	373.7	14.23	374.67	14.21	375.64	14.2
376.61	14.2	377.58	14.19	378.55	14.17	379.52	14.17	380.51	14.18
381.55	14.18	382.58	14.18	383.61	14.17	384.65	14.18	385.68	14.16
386.71	14.16	387.74	14.16	388.78	14.16	389.81	14.17	390.84	14.16
391.88	14.19	392.91	14.2	393.94	14.21	394.97	14.22	395.99	14.22
396.96	14.23	397.93	14.23	398.9	14.28	399.87	14.4	400.84	14.51
401.81	14.54	402.78	14.54	403.75	14.53	404.72	14.5	405.69	14.39
406.65	14.3	407.62	14.15	408.59	14.12	409.56	14.08	410.53	14.07
412.47	14.04	413.44	14.06	414.41	14.05	415.38	14.06	416.35	14.05
417.32	14.06	418.28	14.03	419.25	14.06	420.22	14.08	421.19	14.05
422.16	14.06	423.13	14.08	424.1	14.09	425.07	14.08	426.04	14.08
427.01	14.07	428.03	14.06	429.06	14.05	430.09	14.06	431.13	14.05
432.16	14.05	433.19	14.07	434.22	14.1	435.26	14.11	436.29	14.15
437.32	14.14	438.36	14.11	439.39	14.09	440.42	14.07	441.45	14.08
442.49	14.1	443.48	14.13	444.45	14.14	445.42	14.14	446.39	14.13
447.36	14.15	448.33	14.14	449.3	14.14	450.27	14.16	451.24	14.17
452.2	14.15	453.17	14.14	454.14	14.12	455.11	14.13	456.08	14.16
457.05	14.14	458.02	14.14	459.01	14.17	460.05	14.16	461.08	14.17
462.11	14.15	463.15	14.15	464.18	14.15	465.21	14.14	466.24	14.16
467.28	14.17	468.31	14.17	469.34	14.16	470.38	14.16	471.41	14.17
472.44	14.19	473.47	14.23	474.49	14.29	475.46	14.28	476.43	14.26
477.4	14.25	478.37	14.24	479.34	14.25	480.31	14.27	481.28	14.26
482.25	14.25	483.22	14.25	484.19	14.25	485.15	14.28	486.12	14.26
487.09	14.29	488.06	14.3	489.03	14.29	490	14.33		

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 166.5 .035 254.5 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
166.5 254.5 100.22 100.22 100.22 .1 .3
Left Levee Station= 150.5 Elevation= 15.6
Right Levee Station= 260.32 Elevation= 15.51

CROSS SECTION

RIVER: F.Tordino
REACH: alveo RS: 20

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 491
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev
0 13.27 1 13.28 2 13.24 3 13.24 4 13.28
5 13.28 6 13.27 7 13.27 8 13.25 9 13.24
10 13.25 11 13.26 12 13.25 13 13.21 14 13.17
15 13.15 16 13.2 17 13.2 18 13.19 19 13.23
20 13.22 21 13.22 22 13.22 23 13.17 24 13.13

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 71 di 75

25	13.17	26	13.19	27	13.16	28	13.12	29	13.14
30	13.15	31	13.19	32	13.2	33	13.17	34	13.19
35	13.29	36	13.33	37	13.33	38	13.38	39	13.36
40	13.32	41	13.31	42	13.29	43	13.3	44	13.3
45	13.29	46	13.3	47	13.3	48	13.28	49	13.29
50	13.28	51	13.32	52	13.31	53	13.3	54	13.25
55	13.26	56	13.28	57	13.27	58	13.26	59	13.28
60	13.27	61	13.28	62	13.28	63	13.27	64	13.27
65	13.29	66	13.31	67	13.28	68	13.29	69	13.27
70	13.27	71	13.29	72	13.27	73	13.28	74	13.23
75	13.23	76	13.16	77	13.2	78	13.24	79	13.19
80	13.17	81	13.14	82	13.17	83	13.16	84	13.2
85	13.17	86	13.13	87	13.12	88	13.08	89	13.06
90	13.07	91	13.02	92	13.05	93	13.04	94	13.05
95	13.01	96	13	97	13.01	98	12.98	99	12.98
100	12.97	101	12.95	102	12.97	103	12.96	104	12.97
105	12.95	106	12.91	107	12.89	108	12.89	109	12.91
110	12.87	111	12.92	112	12.89	113	12.89	114	12.88
115	12.91	116	12.88	117	12.88	118	12.89	119	12.86
120	12.87	121	12.85	122	12.86	123	12.86	124	12.84
125	12.84	126	12.84	127	12.87	128	12.9	129	12.95
130	12.94	131	12.93	132	13.17	133	13.51	134	13.64
135	13.58	136	13.62	137	13.65	138	13.73	139	13.8
140	14.18	141	14.54	142	14.83	143	14.87	144	14.69
145	14.51	146	14.27	147	13.97	148	13.52	149	13.06
150	12.74	151	12.7	152	12.73	153	12.79	154	12.86
155	12.97	156	13.07	157	13.07	158	13.11	159	13.27
160	13.36	161	13.46	162	13.62	163	13.71	164	13.63
165	13.26	166	12.97	167	12.82	168	12.7	169	12.58
170	12.46	171	12.33	172	12.19	173	12.06	174	11.92
175	11.77	176	11.65	177	11.53	178	11.6	179	11.71
180	11.69	181	11.65	182	11.6	183	11.59	184	11.55
185	11.48	186	11.42	187	11.54	188	11.53	189	11.52
190	11.53	191	11.5	192	11.43	193	11.49	194	11.46
195	11.5	196	11.51	197	11.5	198	11.44	199	11.47
200	11.46	201	11.43	202	11.4	203	11.36	204	11.32
205	11.25	206	11.15	207	11.06	208	10.97	209	10.83
210	10.83	211	10.86	212	10.8	213	10.68	214	10.65
215	10.66	216	10.67	217	10.66	218	10.64	219	10.65
220	10.65	221	10.67	222	10.67	223	10.66	224	10.69
225	10.75	226	10.71	227	10.72	228	10.72	229	10.75
230	10.75	231	10.76	232	10.77	233	10.78	234	10.79
235	10.8	236	10.82	237	10.84	238	11.06	239	11.53
240	11.97	241	12.45	242	12.78	243	12.96	244	13.19
245	13.41	246	13.54	247	13.73	248	13.93	249	14.14
250	14.42	251	14.76	252	15.08	253	15.36	254	15.19
255	14.69	256	14.12	257	13.74	258	13.67	259	13.66
260	13.55	261	13.6	262	13.58	263	13.58	264	13.62
265	13.61	266	13.65	267	13.69	268	13.65	269	13.65
270	13.66	271	13.67	272	13.65	273	13.65	274	13.64
275	13.67	276	13.67	277	13.68	278	13.73	279	13.73
280	13.79	281	13.77	282	13.75	283	13.78	284	13.82
285	13.83	286	13.84	287	13.78	288	13.78	289	13.77
290	13.76	291	13.77	292	13.78	293	13.78	294	13.78
295	13.82	296	13.85	297	13.85	298	13.83	299	13.78
300	13.78	301	13.81	302	13.75	303	13.76	304	13.81
305	13.78	306	13.78	307	13.79	308	13.77	309	13.78
310	13.81	311	13.76	312	13.76	313	13.73	314	13.74
315	13.77	316	13.75	317	13.76	318	13.71	319	13.78
320	13.78	321	13.75	322	13.75	323	13.77	324	13.75
325	13.74	326	13.76	327	13.69	328	13.68	329	13.66
330	13.69	331	13.64	332	13.66	333	13.67	334	13.7
335	13.66	336	13.67	337	13.66	338	13.72	339	13.73
340	13.71	341	13.64	342	13.57	343	13.55	344	13.55
345	13.61	346	13.67	347	13.66	348	13.66	349	13.67
350	13.7	351	13.64	352	13.6	353	13.62	354	13.59
355	13.61	356	13.6	357	13.59	358	13.63	359	13.63
360	13.63	361	13.61	362	13.6	363	13.62	364	13.56
365	13.58	366	13.58	367	13.57	368	13.56	369	13.57
370	13.6	371	13.59	372	13.6	373	13.61	374	13.59
375	13.55	376	13.57	377	13.58	378	13.57	379	13.57

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 72 di 75

380	13.58	381	13.57	382	13.58	383	13.57	384	13.58
385	13.59	386	13.56	387	13.59	388	13.58	389	13.61
390	13.61	391	13.6	392	13.63	393	13.6	394	13.63
395	13.66	396	13.81	397	14.02	398	14.22	399	14.31
400	14.32	401	14.29	402	14.2	403	13.98	404	13.82
405	13.57	406	13.5	407	13.41	408	13.37	409	13.32
410	13.33	411	13.35	412	13.33	413	13.36	414	13.34
415	13.37	416	13.32	417	13.36	418	13.4	419	13.35
420	13.36	421	13.39	422	13.4	423	13.39	424	13.42
425	13.4	426	13.4	427	13.4	428	13.4	429	13.36
430	13.34	431	13.35	432	13.44	433	13.43	434	13.54
435	13.55	436	13.49	437	13.47	438	13.46	439	13.46
440	13.48	441	13.5	442	13.55	443	13.55	444	13.54
445	13.54	446	13.57	447	13.57	448	13.57	449	13.58
450	13.59	451	13.57	452	13.58	453	13.55	454	13.59
455	13.63	456	13.61	457	13.61	458	13.66	459	13.67
460	13.65	461	13.62	462	13.63	463	13.64	464	13.64
465	13.63	466	13.68	467	13.7	468	13.69	469	13.63
470	13.63	471	13.66	472	13.68	473	13.7	474	13.74
475	13.77	476	13.81	477	13.79	478	13.76	479	13.78
480	13.82	481	13.8	482	13.79	483	13.8	484	13.82
485	13.86	486	13.82	487	13.84	488	13.82	489	13.8
490	13.9								

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 163 .035 247 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
163 247 100.435 100.435 100.435 .1 .3
Left Levee Station= 143 Elevation= 14.87
Right Levee Station= 253 Elevation= 15.36

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	14.70	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.03	Wt. n-Val.	0.055	0.035	
W.S. Elev (m)	13.67	Reach Len. (m)	100.44	100.44	100.44
Crit W.S. (m)	13.67	Flow Area (m2)	8.70	181.73	
E.G. Slope (m/m)	0.008927	Area (m2)	8.70	181.73	
Q Total (m3/s)	831.00	Flow (m3/s)	10.32	820.68	
Top Width (m)	98.17	Top Width (m)	14.93	83.24	
Vel Total (m/s)	4.36	Avg. Vel. (m/s)	1.19	4.52	
Max Chl Dpth (m)	3.03	Hydr. Depth (m)	0.58	2.18	
Conv. Total (m3/s)	8795.4	Conv. (m3/s)	109.3	8686.1	
Length Wtd. (m)	100.44	Wetted Per. (m)	15.17	83.99	
Min Ch El (m)	10.64	Shear (N/m2)	50.23	189.42	
Alpha	1.06	Stream Power (N/m s)	23460.17	6846.54	12113.09
Frctn Loss (m)	0.93	Cum Volume (1000 m3)	0.44	40.17	
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	0.78	21.51	

CROSS SECTION

RIVER: F.Tordino
REACH: alveo

RS: 15.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	372							
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 11.92 1.12 11.92 2.25 11.91 3.37 11.94 4.49 11.97									
5.41 11.99 6.31 11.98 7.21 11.95 8.11 11.93 9.01 11.95									
10.11 12.01 11.23 12.04 12.35 12.06 13.47 12.08 14.42 12.17									
15.32 12.27 16.23 12.37 17.13 12.5 18.03 12.57 19.09 12.66									
20.21 12.76 21.33 12.8 22.46 12.79 23.44 12.82 24.34 12.81									
25.24 12.79 26.14 12.81 27.04 12.81 28.07 12.83 29.19 12.79									
30.32 12.77 31.44 12.78 32.45 12.81 33.35 12.8 34.25 12.81									
35.16 12.79 36.06 12.77 37.05 12.75 38.18 12.74 39.3 12.71									
40.42 12.76 41.47 12.77 42.37 12.74 43.27 12.72 44.17 12.71									
45.07 12.71 46.04 12.73 47.16 12.71 48.28 12.68 49.4 12.66									

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 73 di 75

50.48	12.67	51.38	12.65	52.28	12.64	53.18	12.67	54.09	12.67
55.02	12.67	56.14	12.67	57.26	12.66	58.39	12.64	59.49	12.65
60.39	12.62	61.3	12.62	62.2	12.61	63.1	12.59	64.9	12.58
65.8	12.58	66.7	12.54	67.61	12.53	68.51	12.49	69.61	12.51
70.74	12.5	71.86	12.5	72.98	12.5	73.92	12.49	74.82	12.49
75.72	12.53	76.62	12.53	77.52	12.47	78.6	12.43	79.72	12.45
80.84	12.45	81.97	12.38	82.93	12.38	83.83	12.37	84.73	12.38
85.63	12.35	86.54	12.34	87.58	12.35	88.7	12.34	89.83	12.3
90.95	12.31	91.94	12.28	92.85	12.23	93.75	12.22	94.65	12.22
95.55	12.22	96.56	12.2	97.68	12.17	98.81	12.15	99.93	12.13
100.96	12.11	101.86	12.15	102.76	12.18	103.66	12.2	104.56	12.17
105.54	12.17	106.67	12.15	107.79	12.12	108.91	12.12	109.97	12.14
110.87	12.16	111.78	12.16	112.68	12.17	113.58	12.19	114.53	12.22
115.65	12.29	116.77	12.37	117.9	12.41	118.99	12.58	119.89	12.76
120.79	12.84	121.69	12.82	122.59	12.87	123.51	12.9	124.63	12.99
125.75	13.43	126.88	13.93	128	14.21	129.24	14.1	130.48	13.85
131.1	13.67	132.33	13.15	133.2	12.93	134.19	12.86	135.43	12.84
136.05	12.85	137.29	12.81	138.4	12.82	139.14	12.83	140.38	12.87
141	12.87	141.85	12.7	142.69	12.4	143.54	12.14	144.67	12
145.9	11.87	146.92	11.71	147.76	11.61	148.61	11.52	149.57	11.42
150.79	11.31	151.99	11.21	152.84	11.1	153.68	11.08	154.53	11.09
155.68	11.08	156.91	11.16	157.91	11.25	158.76	11.32	159.6	11.37
160.58	11.43	161.8	11.51	162.98	11.49	163.83	11.45	164.67	11.38
165.52	11.3	166.7	11.31	167.92	11.34	168.9	11.37	169.75	11.39
170.59	11.38	171.59	11.39	172.82	11.27	173.97	11.14	174.82	11.03
175.66	10.92	176.51	10.78	177.71	10.56	178.93	10.35	179.89	10.2
180.74	10.17	181.58	10.17	182.61	10.11	183.83	10.04	184.96	10.03
185.81	10.01	186.66	9.98	188.15	10.04	189.46	10.25	190.12	10.29
191.43	10.36	192.08	10.38	193.39	10.44	194.04	10.48	195.35	10.5
196.01	10.5	197.31	10.52	198.1	10.52	199.28	10.53	200.22	10.53
201.24	10.55	202.35	10.55	203.2	10.52	204.47	10.49	205.17	10.49
206.47	10.45	207.13	10.43	208.44	10.37	209.09	10.37	210.4	10.33
211.05	10.3	212.36	10.32	213.02	10.29	214.32	10.3	215.07	10.32
216.29	10.3	217.19	10.3	218.25	10.29	219.31	10.28	220.21	10.32
221.43	10.34	222.18	10.35	223.48	10.33	224.14	10.33	225.45	10.32
226.1	10.33	227.41	10.61	228.06	10.74	229.37	10.84	230.03	10.89
231.34	11.05	232.03	11.12	233.3	11.21	234.16	11.3	235.26	11.42
236.28	11.52	237.22	11.55	238.4	11.65	239.19	11.71	240.5	11.8
241.15	11.84	242.46	11.86	243.11	11.87	244.42	11.73	245.07	11.71
246.38	11.77	247.04	11.95	248.35	12.53	249	13.05	249.67	13.23
251	13.64	252.33	13.91	253	14.02	254	13.87	256	13.37
258	13.18	260	13.07	262	13.08	264	13.08	266	13.1
268	13.09	270	13.06	272	13.09	274	13.04	276	13.04
278	13.1	280	13.15	282	13.05	284	13.03	286	13.04
288	13.02	290	12.99	292	12.99	294	12.96	296	13.01
298	13.02	300	12.98	302	12.99	304	13.02	306	12.97
308	12.96	310	12.94	312	12.91	314	12.9	316	12.89
318	12.88	320	12.91	322	12.87	324	12.86	326	12.86
328	12.86	330	12.86	332	12.85	334	12.88	336	12.9
338	12.96	340	12.96	342	12.86	344	12.82	346	12.88
348	12.9	350	12.93	352	12.87	354	12.87	356	12.87
358	12.89	360	12.89	362	12.87	364	12.87	366	12.87
368	12.85	370	12.89	372	12.91	374	12.92	376	12.93
378	12.94	380	12.94	382	12.97	384	12.97	386	12.96
388	12.96	390	13	392	13.01	394	13.01	396	13.09
398	13.3	400	13.34	402	13.28	404	13.07	406	12.96
408	12.88	410	12.88	412	12.86	414	12.86	416	12.85
418	12.9	420	12.88	422	12.88	424	12.92	426	12.9
428	12.94	430	12.91	432	12.97	434	13.02	436	13.02
438	12.99	440	13	442	13.03	444	13.01	446	13
448	13	450	13.01	452	12.97	454	12.91	456	12.89
458	12.92	460	12.92	462	12.72	464	12.48	466	12.55
468	12.67	470	12.84	472	12.85	474	12.94	476	13.01
478	12.99	480	13.03	482	13.01	484	13.03	486	13.04
488	13.03	490	13.07						

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 141 .035 249 .055

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 74 di 75	Rev. 2

141 249 100.435 100.435 100.435 .1 .3
Left Levee Station= 128 Elevation= 14.21
Right Levee Station= 253 Elevation= 14.02

CROSS SECTION

RIVER: F.Tordino

REACH: alveo RS: 10

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	491							
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	10.56	1	10.57	2	10.58	3	10.61	4	10.66		
5	10.72	6	10.68	7	10.61	8	10.65	9	10.77		
10	10.85	11	10.94	12	11.01	13	11.17	14	11.42		
15	11.71	16	11.91	17	12.1	18	12.32	19	12.46		
20	12.42	21	12.45	22	12.46	23	12.47	24	12.47		
25	12.46	26	12.4	27	12.35	28	12.29	29	12.28		
30	12.27	31	12.2	32	12.23	33	12.2	34	12.19		
35	12.12	36	12.23	37	12.23	38	12.16	39	12.14		
40	12.13	41	12.13	42	12.11	43	12.09	44	12.06		
45	12.05	46	12.01	47	12.04	48	12.07	49	12.06		
50	12.07	51	12.04	52	12	53	11.99	54	11.96		
55	11.95	56	11.93	57	11.86	58	11.89	59	11.86		
60	11.83	61	11.82	62	11.81	63	11.78	64	11.82		
65	11.85	66	11.81	67	11.83	68	11.91	69	11.81		
70	11.74	71	11.82	72	11.84	73	11.74	74	11.71		
75	11.7	76	11.7	77	11.67	78	11.7	79	11.7		
80	11.63	81	11.66	82	11.59	83	11.47	84	11.47		
85	11.52	86	11.51	87	11.45	88	11.41	89	11.35		
90	11.33	91	11.44	92	11.5	93	11.46	94	11.45		
95	11.41	96	11.38	97	11.38	98	11.43	99	11.48		
100	11.48	101	11.53	102	11.57	103	11.66	104	11.79		
105	11.89	106	12	107	12.02	108	12.04	109	12.11		
110	12.14	111	12.24	112	12.87	113	13.4	114	13.59		
115	13.43	116	13.13	117	12.77	118	12.4	119	12.03		
120	11.66	121	11.32	122	11.23	123	11.13	124	10.93		
125	10.85	126	10.8	127	10.78	128	10.76	129	10.62		
130	10.47	131	10.48	132	10.71	133	10.96	134	11.21		
135	11.42	136	11.48	137	11.45	138	11.32	139	11.16		
140	11.14	141	11.19	142	11.25	143	11.32	144	11.32		
145	11.09	146	10.86	147	10.61	148	10.31	149	10.01		
150	9.71	151	9.54	152	9.48	153	9.45	154	9.42		
155	9.39	156	9.33	157	9.26	158	9.43	159	9.79		
160	9.85	161	9.92	162	10.01	163	10.06	164	10.11		
165	10.16	166	10.22	167	10.29	168	10.34	169	10.32		
170	10.33	171	10.36	172	10.38	173	10.38	174	10.42		
175	10.39	176	10.37	177	10.36	178	10.38	179	10.37		
180	10.33	181	10.31	182	10.29	183	10.27	184	10.26		
185	10.22	186	10.17	187	10.14	188	10.11	189	10.02		
190	10.01	191	9.97	192	9.91	193	9.85	194	9.86		
195	9.89	196	9.83	197	9.84	198	9.85	199	9.87		
200	9.89	201	9.84	202	9.83	203	9.84	204	9.81		
205	9.8	206	9.78	207	9.86	208	9.87	209	9.9		
210	9.91	211	9.76	212	9.85	213	9.86	214	9.85		
215	9.83	216	9.83	217	10.01	218	10.38	219	10.62		
220	10.69	221	10.68	222	10.7	223	10.72	224	10.73		
225	10.72	226	10.69	227	10.63	228	10.64	229	10.61		
230	10.61	231	10.62	232	10.58	233	10.51	234	10.52		
235	10.51	236	10.58	237	10.63	238	10.65	239	10.66		
240	10.61	241	10.55	242	10.49	243	10.31	244	10.08		
245	9.99	246	9.95	247	10.02	248	10.34	249	10.66		
250	11.39	251	12.37	252	12.85	253	12.67	254	12.54		
255	12.55	256	12.62	257	12.67	258	12.68	259	12.61		
260	12.58	261	12.53	262	12.57	263	12.53	264	12.54		
265	12.51	266	12.55	267	12.52	268	12.52	269	12.48		
270	12.46	271	12.51	272	12.52	273	12.5	274	12.44		
275	12.37	276	12.41	277	12.43	278	12.46	279	12.41		
280	12.5	281	12.41	282	12.35	283	12.32	284	12.24		
285	12.23	286	12.24	287	12.24	288	12.25	289	12.23		

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regioni: Marche e Abruzzo		LA-E- 83134	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto San Benedetto del Tronto - Chieti		Fg. 75 di 75	Rev. 2

290	12.21	291	12.21	292	12.19	293	12.18	294	12.14
295	12.15	296	12.17	297	12.2	298	12.2	299	12.2
300	12.17	301	12.18	302	12.23	303	12.24	304	12.22
305	12.17	306	12.16	307	12.19	308	12.14	309	12.09
310	12.07	311	12.04	312	12.05	313	12.03	314	12.06
315	12.08	316	12.03	317	12.04	318	12.04	319	12.02
320	12.03	321	12.01	322	11.99	323	11.99	324	11.97
325	11.96	326	11.95	327	11.98	328	12.03	329	12.03
330	12.02	331	12.01	332	12.04	333	12.04	334	12.05
335	12.06	336	12.12	337	12.17	338	12.19	339	12.21
340	12.21	341	12.18	342	12.15	343	12.11	344	12.08
345	12.1	346	12.09	347	12.12	348	12.14	349	12.14
350	12.16	351	12.16	352	12.13	353	12.1	354	12.14
355	12.13	356	12.14	357	12.15	358	12.15	359	12.17
360	12.15	361	12.13	362	12.13	363	12.12	364	12.17
365	12.17	366	12.15	367	12.12	368	12.14	369	12.17
370	12.18	371	12.18	372	12.22	373	12.23	374	12.25
375	12.23	376	12.28	377	12.29	378	12.31	379	12.29
380	12.29	381	12.32	382	12.35	383	12.35	384	12.35
385	12.35	386	12.36	387	12.38	388	12.33	389	12.38
390	12.39	391	12.43	392	12.38	393	12.39	394	12.38
395	12.35	396	12.36	397	12.35	398	12.37	399	12.33
400	12.35	401	12.35	402	12.35	403	12.32	404	12.32
405	12.35	406	12.41	407	12.37	408	12.39	409	12.42
410	12.43	411	12.36	412	12.38	413	12.38	414	12.38
415	12.38	416	12.37	417	12.36	418	12.39	419	12.38
420	12.39	421	12.38	422	12.36	423	12.37	424	12.41
425	12.42	426	12.4	427	12.44	428	12.48	429	12.46
430	12.48	431	12.49	432	12.49	433	12.48	434	12.49
435	12.52	436	12.55	437	12.52	438	12.52	439	12.51
440	12.52	441	12.52	442	12.5	443	12.5	444	12.48
445	12.47	446	12.43	447	12.44	448	12.42	449	12.43
450	12.43	451	12.4	452	12.36	453	12.31	454	12.23
455	12.18	456	12.17	457	12.16	458	12.17	459	12.25
460	12.18	461	11.97	462	11.81	463	11.58	464	11.32
465	11.4	466	11.42	467	11.5	468	11.64	469	11.8
470	12.04	471	12.05	472	12.02	473	12.13	474	12.13
475	12.16	476	12.2	477	12.19	478	12.22	479	12.23
480	12.24	481	12.22	482	12.23	483	12.23	484	12.24
485	12.25	486	12.26	487	12.25	488	12.24	489	12.23
490	12.23								

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 119 .035 251 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
119 251 0 0 0
Left Levee Station= 114 Elevation= 13.59
Right Levee Station= 252 Elevation= 12.85

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	12.81	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.59	Wt. n-Val.	0.055	0.035	
W.S. Elev (m)	12.22	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	11.95	Flow Area (m2)	0.05	244.57	
E.G. Slope (m/m)	0.006302	Area (m2)	0.05	244.57	
Q Total (m3/s)	831.00	Flow (m3/s)	0.01	830.99	
Top Width (m)	132.35	Top Width (m)	0.51	131.85	
Vel Total (m/s)	3.40	Avg. Vel. (m/s)	0.29	3.40	
Max Chl Dpth (m)	2.96	Hydr. Depth (m)	0.09	1.85	
Conv. Total (m3/s)	10467.9	Conv. (m3/s)	0.2	10467.7	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	0.54	133.39	
Min Ch El (m)	9.26	Shear (N/m2)	5.45	113.31	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	23460.17	5458.08	12065.23
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			