

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO**

**Sistemazione idraulica fosso 2 – Libarna**

**Relazione idraulica**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing.P.P.Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R I	I N 1 T O X	0 0 1	B

Progettazione :								IL PROGETTISTA
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A00	Prima Emissione	ALPINA <i>[Signature]</i>	15/07/2013	ALPINA <i>[Signature]</i>	15/07/2013	A. Palomba <i>[Signature]</i>	19/07/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
B00	Revisione generale	ALPINA <i>[Signature]</i>	27/09/2013	COCIV <i>[Signature]</i>	27/09/2013	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/09/2013	

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX
-----------	--



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>CODIV</b> Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica</p> <p>Foglio 3 di 38</p>

## INDICE

1.	PREMESSA .....	5
2.	OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE .....	6
3.	INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI.....	6
4.	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	8
5.	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	9
6.	PORTATA DI PROGETTO .....	10
6.1.	Portata al colmo Fosso2 .....	10
6.2.	Portata di smaltimento piattaforma.....	12
7.	VERIFICHE IDRAULICHE .....	13
7.1.	Verifiche in moto uniforme .....	13
7.1.1.	Descrizione modello di calcolo .....	13
7.1.2.	La base geometrica .....	13
7.1.3.	Scabrezze .....	14
7.1.4.	Verifica delle sezioni d'alveo.....	15
7.1.5.	Verifica dei tombini .....	16
7.2.	Verifica protezioni dell'alveo .....	17
7.2.1.	Metodo di Calcolo .....	17
7.2.2.	Risultati .....	17
7.3.	Verifica dissipatore a gradini.....	18
8.	OPERE IN ASSENZA DEL DEPOSITO DP05.....	21
8.1.	Verifica in moto Uniforme .....	21
8.2.	Verifica dei gradoni .....	21
9.	OPERE PROVVISORIALI.....	23
9.1.	Portata di progetto .....	23
9.1.1.	Periodo di ritorno .....	23
9.1.2.	Metodo della portata indice.....	24
9.2.	Verifica delle opere provvisionali .....	25
10.	CONCLUSIONI .....	26
	ALLEGATO 1 .....	27

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX  
Relazione idraulica

Foglio  
4 di 38

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 5 di 38

## 1. PREMESSA

La presente relazione riporta la verifica idraulica di un canale secondario denominato nel seguito "fosso2", appartenente al reticolo idrografico minore del torrente Scrivia e interferente con la linea AC Milano –Genova alla pk 28+650 in zona Libarna nel Comune di Arquata Scrivia (AL).

Il fosso in esame subito a valle della linea ferroviaria in progetto recapita nel Rio Pradella oggetto della wbs IN11

Lo studio è finalizzato alla verifica di compatibilità idraulica dell'attraversamento e della sistemazione d'alveo nell'ambito del progetto esecutivo della tratta A.V./A.C. Milano-Genova Terzo valico dei Giovi.

Il progetto per la realizzazione della linea ferroviaria prevede l'attraversamento mediante tombino scatolare in cls dotato di manufatto di dissipazione a monte, è stata inoltre prevista la riprofilatura di un tratto di alveo a monte e la protezione delle stesse con massi di cava.

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con DPCM del 24/5/01, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

Le verifiche e il dimensionamento idraulico delle opere sono state condotte mediante verifiche idrauliche a carattere puntuale con la portata 200-ennale in accordo con le norme del Piano.

Lo studio ha dimostrato la compatibilità idraulica dell'intervento.

Il progetto esecutivo oggetto della presente relazione risponde a quanto previsto nel precedente livello di progettazione definitiva; in questa ulteriore fase sono stati sviluppati gli elaborati conformemente al livello progettuale esecutivo per fornire i necessari elementi di dettaglio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 6 di 38

## 2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE

In fase di approvazione del Progetto Definitivo del Terzo valico dei Giovi – linea AV/AC Milano-Genova – con delibera CIPE 80/2006 non sono presenti prescrizioni specifiche relative all'intervento oggetto della presente relazione.

## 3. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI

La normativa idraulica di riferimento per il versante padano è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con delibera di Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con DPCM del 24 maggio 2001, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

Il PAI è sovraordinato a tutti gli altri strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti e costituisce la norma a cui attenersi per l'esecuzione di opere e infrastrutture che interferiscano con il reticolo idrografico.

Esso fornisce i valori delle portate di piena da assumere alla base delle verifiche idrauliche per alcune sezioni significative del reticolo idrografico padano; fornisce altresì le indicazioni per il calcolo delle portate di piena nelle sezioni non indagate sulla base delle curve di probabilità pluviometrica per assegnato periodo di ritorno elaborate per tutto il territorio di competenza.

Il PAI contiene inoltre i criteri a cui attenersi per il dimensionamento delle opere in funzione della tipologia e dei vincoli esistenti.

I criteri adottati nel dimensionamento idraulico delle opere tengono conto delle norme di attuazione del PAI e degli indirizzi e delle indicazioni emerse nel corso dei colloqui con il competente Ufficio provinciale del Genio Civile di Alessandria della Regione Piemonte.

Da un punto di vista generale, per quanto riguarda la viabilità, si distinguono i casi di adeguamento della viabilità esistente e di realizzazione di nuova viabilità.

Nei casi in cui l'adeguamento della viabilità esistente, pur se a raso, si limita ad un semplice intervento di manutenzione senza interferenze con l'attuale assetto idraulico dell'alveo e delle aree adiacenti, non è prevista alcuna sistemazione idraulica, anche se l'intervento dovesse ricadere in area inondabile.

Nei casi in cui tale adeguamento comporti invece la realizzazione di opere interferenti con il corso d'acqua e/o con le sponde (muri di sostegno, argini, sbalzi ecc.), e nei casi di realizzazione di nuovi tratti di viabilità e/o nuovi attraversamenti, l'intervento previsto, pur nel rispetto dei vincoli imposti dalla progettazione stradale, è stato comunque orientato a garantire il deflusso della portata 200-ennale in condizioni di sicurezza lungo tutto il tronco del corso d'acqua interessato, anche attraverso una nuova sistemazione dell'alveo e delle sponde.

Da un punto di vista generale le sistemazioni idrauliche sono limitate allo stretto necessario alla funzionalità dell'opera nel rispetto dell'attuale configurazione dei corsi d'acqua interferenti; si è verificato che gli interventi non comportassero in nessun caso restringimenti di alveo e non

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 7 di 38

inducessero in generale effetti peggiorativi sul regime idraulico del corso d'acqua, con particolare riferimento agli effetti indotti sulla sponda opposta.

Al fine di preservare le opere dai possibili fenomeni erosivi della corrente, le fondazioni dei muri d'argine e delle opere in alveo in genere quali briglie, spalle e pile dei ponti, sono impostate ad una quota adeguatamente inferiore alla quota minima del fondo alveo (Talweg) e, quando necessario, protette con strutture elastiche quali scogliere di massi naturali, materassi tipo "Reno" o gabbioni, mantenendo per quanto possibile la naturalità dell'alveo e delle sponde.

Lungo i tratti di viabilità di cui è previsto l'adeguamento è stata effettuata la verifica idraulica dei manufatti di attraversamento esistenti al fine di individuare quelli ritenuti sufficienti al deflusso della portata 200-ennale, che possono pertanto essere mantenuti, e quelli di cui è opportuno prevedere il rifacimento perché insufficienti.

Il criterio adottato è quello di un franco minimo di 0.5 m rispetto all'intradosso per ponti, ponticelli e scatolari per i corsi d'acqua significativi (con superficie del bacino sotteso superiore a 0.2 Km<sup>2</sup>) e di un rapporto d'invaso inferiore a 0.75 per i manufatti di attraversamento dei corsi d'acqua minori (superficie del bacino inferiore a 0.2 Km<sup>2</sup>).

Nel caso di nuova viabilità a raso è stato adottato ovunque un franco rispetto al deflusso della portata di piena 200-ennale di 1.0 m rispetto al piano viabile anche in presenza di un'eventuale struttura a sbalzo.

Nel caso di nuovi attraversamenti dei corsi d'acqua significativi si è preferito anche in questo caso, ove possibile, l'adozione di struttura a campata unica senza ingombri in alveo; il franco minimo rispetto all'intradosso è stato assunto pari a 1.0 m e comunque non inferiore alla metà del carico cinetico della corrente; in accordo a quanto indicato nel P.A.I. tale valore deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia orizzontale e comunque per almeno 40 m nel caso di luci superiori a tale valore; nel caso di ponti e ponticelli si è assunto comunque un valore minimo dell'altezza libera di 2 m; per gli scatolari si è assunta una dimensione minima di 2x2 m.

Per i corsi d'acqua secondari, in mancanza di specifiche indicazioni contenute nel P.A.I. o fornite direttamente dagli Uffici tecnici competenti, si è assunta quale dimensione minima dei manufatti di attraversamento una tubazione Ø 1500.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica</p> <p>Foglio 8 di 38</p>

#### 4. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il fosso 2, affluente di sinistra del Rio Pradella interferisce con la linea in progetto alla pk 28+650; nel tratto interessato dall'intervento il fosso ha andamento est- ovest

L'area complessiva del bacino sotteso alla sezione di interferenza con la linea è di circa 0.23 km<sup>2</sup>; il suo territorio appartiene amministrativamente al Comune di Arquata Scrivia.

Il bacino presenta una forma arrotondata, con quote comprese tra 241 m s.l.m. e 325 m s.l.m.; il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale di lunghezza pari a circa 1170 m, e pendenza media pari al 10%; e da un piccolo ramo secondario di lunghezza pari a circa 100 m. Il bacino non risulta urbanizzato.

L'intervento riguarda un tratto dell'asta principale e secondaria per una lunghezza complessiva pari a circa 350 m; l'alveo naturale è caratterizzato in tale tratto da sezioni trapezoidali irregolari, strette e incise

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 9 di 38

## 5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'intervento in progetto in presenza del deposito DP05 prevede la realizzazione di un tombino scatolare in cemento armato di dimensioni  $b \times h = 4,00 \times 4,00$  m lungo complessivamente circa 49,5 m con pendenza paria all'1% che sottopassa la linea ferroviaria alla pk 28+650.

L'asse del tombino ricalca l'andamento planimetrico del rio che nel tratto in esame risulta perpendicolare alla linea ferroviaria.

La pendenza dell'asta di progetto è pari a circa il 5%, tale scelta è giustificata nella necessità di contenere le velocità della corrente; la differenza di pendenza tra l'alveo naturale e quello di progetto genera una differenza di quota all'imbocco del tombino pari a 8,8 m, per raccordare l'alveo in progetto e l'attraversamento è stato previsto un manufatto di dissipazione del tipo a gradoni.

Il manufatto avrà una lunghezza complessiva pari a 19,0 m, una larghezza di 4,0 m; procedendo da monte verso valle saranno realizzati una vasca di imbocco della lunghezza di 4,50 m con la soglia sfiorante posta alla quota di 241,0 m s.l.m., quindi sono presenti 3 salti dell'altezza di 3,60 m, i quali permettono di raggiungere la quota di imbocco dello scatolare pari a 232,20 m.

A valle di ognuno dei salti suddetti si trova una vasca rivestita in pietra della larghezza di 4,5m utile a dissipare l'energia della corrente.

La soglia sfiorante di ognuno dei salti si trova 1,00 m al di sopra del fondo della vasca; attraverso tali soglie saranno disposti 3 barbacani costituiti da una tubazione in pvc del diametro esterno pari a 63 mm.

Tra la suddetta soglia sfiorante e l'intradosso della soletta di copertura sarà presente una luce netta di 2,00 m.

Subito a valle del manufatto di dissipazione è presente un immissione di una tubazione in c.a. del diametro di 60 cm di drenaggio dell'abbancamento in progetto, il tubo recapita alla quota 232,60 m s.l.m.

Per quanto concerne la sistemazione idraulica dell'incisione, l'intervento verrà realizzato mediante impiego di pietrame e massi di cava di peso medio 1200-1500 kg, secondo tre sezioni tipo di forma trapezia, caratterizzate da una pendenza delle sponde  $h/b=2/3$ , un'altezza di 1,00 m ed uno spessore di 0,60 m; tali sezioni differiscono solamente per la larghezza alla base, pari a 3,00 m per la sezione tipo "A", 4,00 m per il tipo "B" e 1,00 m per la sezione tipo "C".

La sistemazione idraulica prevista si estende fino alla strada identificata con la wbs NV29, il ramo principale sarà caratterizzato dalla presenza di un tratto di imbocco e raccordo e da una sezione tipo "A" nel tratto compreso tra l'attraversamento e la diramazione, quindi da una sezione tipo "B" nel tratto terminale.

Il ramo secondario sarà realizzato secondo la sezione tipo "C". La sistemazione del ramo viene prolungata fino alla strada wbs NV29 allo scopo di raccogliere le acque di piattaforma della stessa, al di sotto della viabilità è prevista una tubazione in c.a. del diametro di 1,50 m.

Dal punto di vista realizzativo sarà eseguita la regolarizzazione del piano di appoggio mediante la posa di un geotessile bitumato del peso uguale o superiore a  $500\text{gr/m}^2$  che garantirà l'impermeabilizzazione della sezione e la disposizione dei massi sciolti per uno spessore di circa 60 cm.

La scelta di una sistemazione di tipo flessibile è giustificata dai possibili assestamenti che subirà il piano di posa nel tempo, mentre l'impermeabilizzazione sarà garantita dal geotessile bitumato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 10 di 38

## 6. PORTATA DI PROGETTO

### 6.1. Portata al colmo Fosso2

Data la mancanza di osservazioni dirette dei deflussi naturali (idrometria), nella valutazione delle portate massime probabili del corso d'acqua intercettato, si è fatto necessariamente riferimento a schemi di calcolo basati su una determinazione indiretta, a partire dalle curve di possibilità climatica caratteristiche dei rispettivi bacini.

Le curva di possibilità climatica vengono espresse nella seguente forma:

$$h = a \cdot t^n$$

Dove:

h = altezza di pioggia

t = tempo

a, n = costanti

Le costanti delle CPP, per i diversi tempi di ritorno, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, utilizzati per il bacino del fosso 2 sono i seguenti:

a 50	n 50	a 200	n 200	a 500	n 500
68.54	0.389	85.01	0.386	95.87	0.384

Tabella 1 – Valori di a,n delle CPP per il bacino

Il calcolo della portata al colmo è stato eseguito secondo il “metodo razionale”.

La caratterizzazione idrologica di piena per un bacino idrografico viene eseguita ragguagliando il valore di pioggia intensa per prefissato tempo di ritorno assegnato allo stesso bacino e successivamente attraverso un metodo di correlazione afflussi - deflussi si calcola il valore della portata. In tali casi vengono attribuiti alle piene gli stessi tempi di ritorno delle precipitazioni che le hanno generate.

Tale metodo di correlazione afflussi-deflussi è basato sull'ipotesi che la portata massima in un bacino, dovuta a precipitazioni di intensità costante nel tempo, si ha per eventi di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  del bacino stesso e si verifica dopo il tempo  $t_c$  dall'inizio del fenomeno.

Il calcolo della portata avviene mediante l'applicazione della formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dove:

S = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);

c = coefficiente di deflusso valutato in base a considerazioni di tipo generale;

h = altezza massima di precipitazione per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);

$t_c$  = tempo di corrivazione del bacino (ore).

Si è precedentemente osservata la necessità di valutare il tempo di corrivazione del bacino in esame allo scopo di definire la durata critica dell'evento di pioggia da considerare nell'applicazione del metodo razionale, considerando come tempo minimo di corrivazione 10 minuti.

La formula adottata per la stima di tale valore è quella di Tournon che necessita come dati di input di alcuni valori relativi alle caratteristiche morfologiche, fisiografiche ed altimetriche dei bacini definiti alle rispettive sezioni di chiusura.

Sono stati considerato due differenti bacini, uno alla sezione di chiusura del tombino ferroviario denominato nel seguito "bacino 2", e un sottobacino con sezione di chiusura in corrispondenza dell'immissione del ramo secondario denominato nel seguito "bacino 2.2".

Per il bacino in esame i dati caratteristici sono riassunti di seguito:

**Bacino 2**

S (km <sup>2</sup> )	0.32
L (km)	1.17
Pendenza media asta i (%)	10.3
Pendenza media bacino $i_m$ (%)	28,5

**Bacino2.2**

S (km <sup>2</sup> )	0.19
L (km)	0.45
Pendenza media asta i (%)	16.5
Pendenza media bacino $i_m$ (%)	18,5

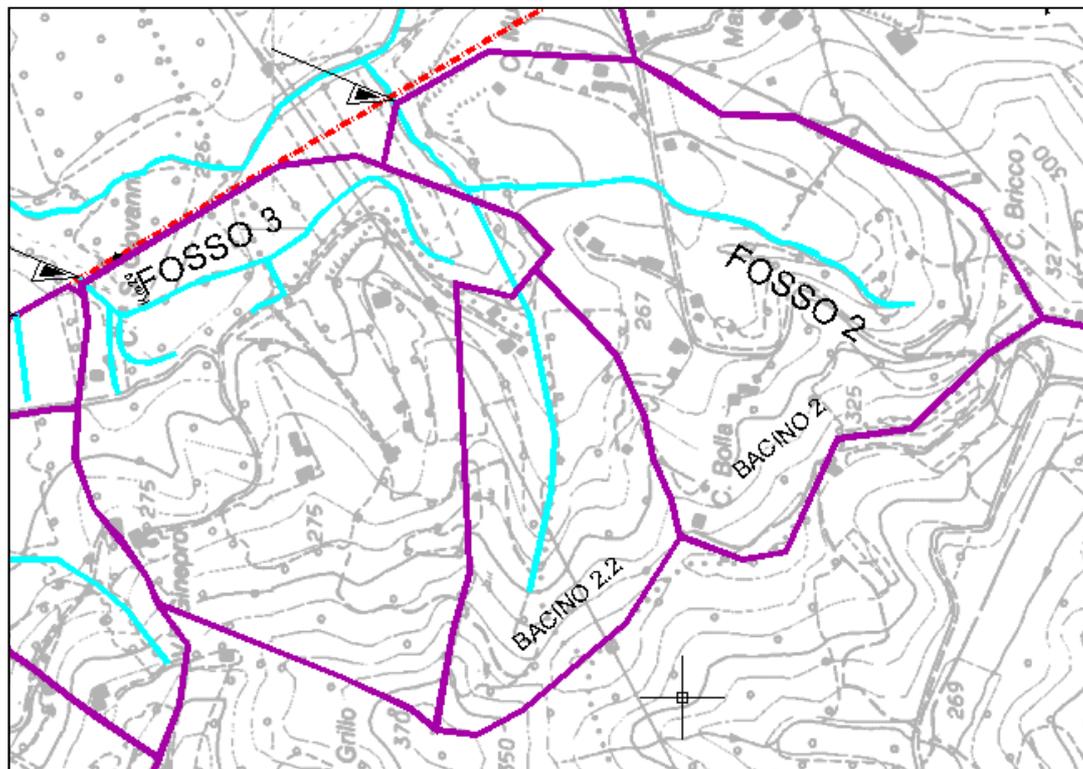


Figura 1 – Delimitazione bacino Fosso 2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica

La pendenza dell'asta principale è stata determinata utilizzando la relazione del Fornari che permette la determinazione di tale parametro dal valore della pendenza dei singoli tratti, utilizzando la media pesata:

$$i = (\sum_{k=1}^n l_k / i_k)^{-1} * L$$

dove  $l_k$  ed  $i_k$  sono rispettivamente la lunghezza e la pendenza dei singoli tratti omogenei in cui l'asta principale si considera divisa.

Formula di Tournon:

$$T = \frac{L}{i}$$

Il valore risultante è pari a circa 21 minuti per il *bacino 2*; e a circa 24 minuti per il *bacino 2.2*.

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente delicata e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata. Esso ha un significato "sintetico", essendo mediato su tutto il comprensorio in esame: esprime globalmente il rapporto fra i deflussi, che attraversano la sezione di chiusura in un intervallo definito nel tempo, e gli afflussi meteorici.

Tale parametro tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, adattandoli alle effettive caratteristiche del bacino in studio, anche in base all'esperienza.

Per il caso in esame è stato adottato un coefficiente pari a 0,8

Le portate idrologiche risultanti per i differenti bacini, sono riassunte in tabella 2:

Bacino 2	Bacino 2.2
[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
11.53	6.35

Tabella 2 – Valori di portata al colmo del bacino

## 6.2. Portata di smaltimento piattaforma

Per il calcolo della portata al colmo derivante dallo smaltimento delle acque di piattaforma della strada NV29 si rimanda alla relazione idraulica della wbs NV29.

L'apporto complessivo afferente al fosso 2 è pari a circa 0,15 m<sup>3</sup>/s.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 13 di 38

## 7. VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche idrauliche riguardano il calcolo dei livelli idrici che si instaurano nel fosso 2 prima e dopo la realizzazione dell'opera in progetto in corrispondenza della portata al colmo con tempo di ritorno 200 anni.

Si è anche provveduto alla verifica delle protezioni spondali e del dissipatore a gradini posto a monte dello scatolare.

### 7.1. Verifiche in moto uniforme

#### 7.1.1. Descrizione modello di calcolo

Le verifiche idrauliche sono state condotte secondo un tipo d'approccio a carattere locale riferito ad un singolo manufatto o una singola sezione.

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo sono state determinate le caratteristiche della corrente in condizioni di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [m<sup>3</sup>/s] è la portata,  $\chi$  [m<sup>1/2</sup> s<sup>-1</sup>] il coefficiente di attrito, A [m<sup>2</sup>] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico,  $i_f$  la pendenza dell'alveo.

Le pendenze medie dell'alveo sono state calcolate sulla base dei rilievi di dettaglio o sulla base cartografica disponibile alle diverse scale.

Per il calcolo di  $\chi$  è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [m<sup>-1/3</sup> s] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione della natura dell'alveo.

La determinazione della profondità di moto uniforme è stata effettuata per pendenze del fondo sino al 10%, considerato il valore limite per l'applicabilità del metodo.

#### 7.1.2. La base geometrica

Per lo studio idraulico è stato condotto un rilievo celerimetrico, da cui sono state ricavate 19 sezioni trasversali di lunghezza pari a 40 m.

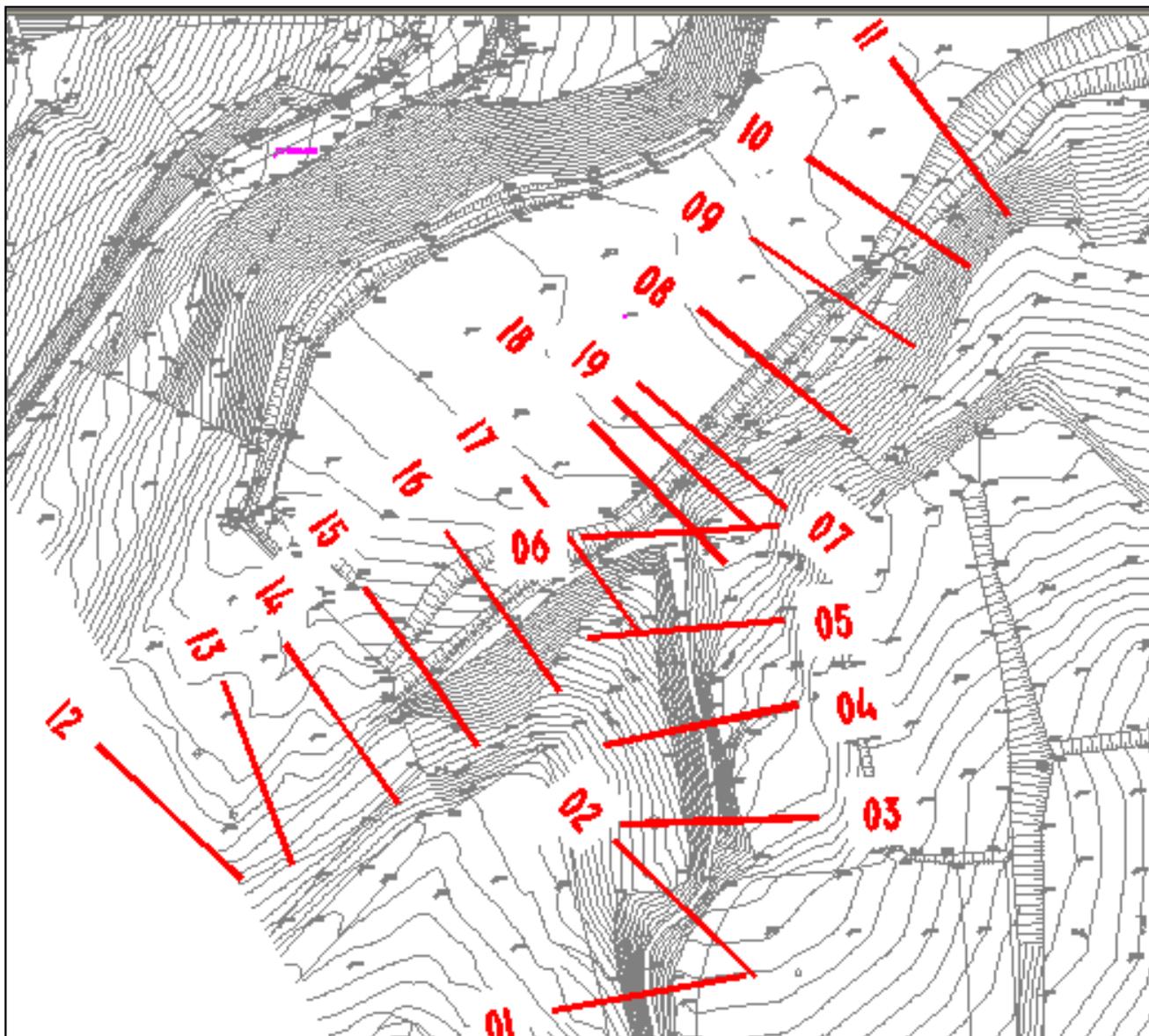


Figura 2 – Tacche delle sezioni del rilievo celerimetrico

### 7.1.3. Scabrezze

Non avendo operato uno studio specifico riguardante la granulometria e le condizioni morfologiche dell'alveo, per quanto riguarda la definizione del coefficiente di scabrezza da utilizzare nel modello, sono stati presi a riferimento gli standard Italferr.

Per il tratto di alveo esaminato sono stati quindi considerati coefficienti di Strickler, pari a  $30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per i canali in terra, pari a  $40 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per i canali rivestiti in massi, e pari a  $67 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per i canali in calcestruzzo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica		Foglio 15 di 38

#### 7.1.4. Verifica delle sezioni d'alveo

##### **Stato di fatto**

Sono state indagate 5 sezioni trasversali.

Le pendenze medie sono state calcolate considerando tratti di alveo della lunghezza pari a 50 m con la sezione in esame posta al centro di tale tratto.

Per la sezione 01 e 05, non essendo stato effettuato uno studio specifico per il sottobacino, a favore di sicurezza è stata considerata l'intera portata al colmo ( $Q=11.53 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Il coefficiente di scabrezza  $K_s$  adottato è pari a 30.

In tabella 3 sono riassunti i valori delle variabili idrauliche di interesse.

Sezione	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Pendenza	Altezza moto uniforme (ho)	Energia di moto uniforme (Eo)	Altezza critica (K)	Tipo di corrente	Velocità
	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	%	m	m	m		m/s
01	11.53	-	11.53	5.11	0.973	2.054	1.321	Corrente veloce	4.61
05	11.53	-	11.53	5.68	0.976	2.015	1.308	Corrente veloce	4.52
07	11.53	0.15	11.68	5.34	1.064	2.063	1.402	Corrente veloce	4.43
11	11.53	0.15	11.68	3.4	1.043	1.737	1.260	Corrente veloce	3.69
16	6.50	0.15	6.65	4.8	0.562	1.165	0.751	Corrente veloce	3.44

Tabella 3 – Variabili idrauliche delle sezioni esistenti

La corrente di moto uniforme è una corrente di tipo veloce ( $h < k$ ) con valori del battente ampiamente contenuti all'interno delle sponde e valori della velocità elevati.

##### **Progetto**

Sono state indagate le 3 differenti sezioni trasversali in progetto.

Per la sezione C, non essendo stato effettuato uno studio specifico per il sottobacino, a favore di sicurezza è stata considerata l'intera portata al colmo ( $Q=11.53 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Il coefficiente di scabrezza  $K_s$  adottato è pari a 40.

In tabella 4 sono riassunti i valori delle variabili idrauliche di interesse

Sezione	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Pendenza	Altezza moto uniforme (ho)	Energia di moto uniforme (Eo)	Altezza critica (K)	Tipo di corrente	Velocità
	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	%	m	m	m		m/s
A	11.53	-	11.53	3.62	0.632	1.720	0.968	Corrente veloce	4.62
B	11.53	0.15	11.68	3.62	0.548	1.543	0.853	Corrente veloce	4.42
C	6.50	0.15	6.65	4.55	0.535	1.539	0.838	Corrente veloce	4.44

Tabella 4 – Variabili idrauliche delle sezioni di progetto

La corrente di moto uniforme è una corrente di tipo veloce ( $h < k$ ) con valori del battente ampiamente contenuti all'interno delle sponde e valori della velocità elevati.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica		Foglio 16 di 38

## Confronto

In tabella 5 vengono confrontati i valori delle variabili idrauliche dello stato di fatto e di progetto.

Sezione Stato di fatto	Sezione Progetto	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Pendenza Stato di fatto	Pendenza Progetto	ho Stato di fatto	ho progetto	Velocità Stato di fatto	Velocità Progetto
		m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	%	%	m	m	m/s	m/s
01	A	11.53	-	11.53	5.11	3.62	0.973	0.632	4.61	4.62
05	A	11.53	-	11.53	5.68	3.62	0.976	0.632	4.52	4.62
07	B	11.53	0.15	11.68	5.34	3.62	1.064	0.548	4.43	4.42
11	B	11.53	0.15	11.68	3.40	3.62	1.043	0.548	3.69	4.42
16	C	6.50	0.15	6.65	4.80	4.55	0.562	0.535	3.44	4.44

Tabella 5 – Confronto tra le variabili idrauliche nello stato di fatto e di progetto

I livelli di moto uniforme di progetto sono inferiori a quelli dello stato di fatto, la velocità della corrente si mantiene elevata, risulta quindi consigliabile adottare una protezione dell'alveo.

### 7.1.5. Verifica dei tombini

#### **Tombino scatolare 4.0x4.0**

Sono stati considerati i seguenti dati di input:

Pendenza  $i= 1\%$   
 Portata  $Q=11.68 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Scabrezza  $K_s=67$

L'altezza di moto uniforme che ne deriva è pari a 1.52m, con una velocità pari a 1.92 m/s, il rapporto di riempimento è pari al 38% e un franco rispetto all'estradosso pari a 2.48 m.

#### **Tombino Circolare $\phi 1500$**

Sono stati considerati i seguenti dati di input:

Pendenza  $i= 4.55\%$   
 Portata  $Q=6.65 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Scabrezza  $K_s=67$

L'altezza di moto uniforme che ne deriva è pari a 0.75m, con una velocità pari a 7.41 m/s, il rapporto di riempimento è pari al 50% e un franco rispetto all'estradosso pari a 0.75 m.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 17 di 38

## 7.2. Verifica protezioni dell'alveo

### 7.2.1. Metodo di Calcolo

Nei casi in cui sia necessario realizzare delle opere di protezione delle sponde o del fondo di un corso d'acqua con strutture permeabili, deformabili e isolate, quali le scogliere in pietrame sciolto, gabbioni, o materassi Reno, occorre determinare le condizioni di equilibrio del singolo masso soggetto alle forze idrodinamiche della corrente che tendono a metterlo in movimento.

Si tratta cioè di determinare le dimensioni minime del singolo masso, e conseguentemente il suo peso, in grado di garantire le condizioni di stabilità in presenza di una corrente caratterizzata da una velocità media  $v$ .

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica  $v_{cr}$  che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente  $d$  della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione

$$v_{cr} = k d^{0.5}$$

con  $v_{cr}$  espresso in m/s e  $d$  in metri.

Il coefficiente  $k$  assume valori variabili fra 4 e 8; nella comune pratica progettuale si assume per  $k=5^1$ .

Quando  $k$  supera il valore di 8 si determinano le condizioni di movimento del singolo masso: pertanto, per il dimensionamento di massi cementati sul fondo dell'alveo, cautelativamente si assume un valore di  $k$  pari a 8.

Assumendo come velocità critica la velocità della corrente e risolvendo l'espressione secondo  $d$ , si ottiene la dimensione minima del masso da utilizzare nel caso esaminato.

La velocità che interessa è quella al fondo: nel caso in cui il battente idrico sia molto maggiore della dimensione del materiale la velocità al fondo può essere assunta pari al 75% della velocità media; nel caso in cui invece la dimensione del materiale sia confrontabile con la profondità della corrente è bene assumere come velocità al fondo la velocità media.

Analogamente alle soluzioni con massi naturali, sarà possibile fare ricorso a sistemi di gabbioni di dimensioni tali da garantire i pesi corrispondenti ai dimensionamenti precedentemente indicati, privilegiando la dimensione standard 1.0x1.0x2.0 m o materassi Reno di spessore pari a 0.5 m.

### 7.2.2. Risultati

Al fine del calcolo del diametro minimo viene assunta la massima velocità di progetto che si instaura nelle sezione tipo A pari a 4.62 m/s.

A favore di sicurezza è stato considerato che la velocità locale possa innalzarsi fino a un valore massimo di 5 m/s

Il diametro minimo dei massi per garantire la stabilità (considerando un coefficiente  $k=8$ ) risulta pari a  $d=0,39m$ .

Essendo i massi in progetto di volume medio pari a  $0.4 m^3$  la protezione spondale risulta verificata.

<sup>1</sup> L. Da Deppo-C. Datei-P. Salandin: Sistemazione dei corsi d'acqua, Cortina edizioni, Padova 1997.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 18 di 38

### 7.3. Verifica dissipatore a gradini

Il manufatto di dissipazione posizionato a monte del tombino in progetto, consente il salto di quota alle acque meteoriche raccolte provenienti dal fosso 2. Le dimensioni in pianta di tale manufatto sono pari a 4x19 metri.

A causa del notevole dislivello da superare (8,8 metri), e delle elevate velocità in arrivo deve essere prevista un'opportuna dissipazione dell'energia posseduta dalla corrente per evitare possibili erosioni delle opere a valle.

L'opera di dissipazione adottata è di tipo a scalinata/gradinata, che consente in generale un contenimento degli ingombri ed una migliore ispezionabilità rispetto alle altre tipologie. Il principio di azione delle opere di dissipazione è quello di agevolare il formarsi di una corrente lenta a valle, limitando al massimo l'estensione della parte di corrente caratterizzata da alte velocità e forte turbolenza, che deve essere confinata entro l'opera stessa.

L'opera di dissipazione a scalinata è costituita da uno scivolo realizzato a gradini più o meno allungati. In generale si possono avere due regimi di moto: regime di vena e regime di corrente areata. Nel primo caso la corrente forma un risalto idraulico su ogni gradino, che si comporta quindi come una piccola vasca di dissipazione, mentre nel secondo caso, che si verifica per le portate e le pendenze più elevate (come i casi in esame), la corrente scorre lungo la gradinata.

Le condizioni perché si verifichi il regime "areato" sono che l'altezza critica della corrente risulti superiore al valore caratteristico  $y_{ccr}$  definito dall'equazione:

$$\frac{y_{ccr}}{h} = 1.057 - 0.465 \frac{h}{L} \quad \text{valida per } (0.2 \leq \frac{h}{L} \leq 1.25)$$

Una stima delle caratteristiche della corrente si può ottenere sulla base delle seguenti espressioni, valide per canale rettangolare largo:

$$\frac{Y_{90}}{y_c} = \sqrt[3]{\frac{f_e}{8 \cdot (1 - C_e)^3 \cdot \text{sen} \alpha}}$$

$$\frac{y_0}{y_c} = \sqrt[3]{\frac{f_e}{8 \cdot \text{sen} \alpha}}$$

$$\frac{V}{V_c} = \sqrt[3]{\frac{8 \text{sen} \alpha}{f_e}}$$

essendo:

h: altezza gradino;

L: lunghezza gradino;

$\alpha$ : l'angolo della gradinata rispetto all'orizzontale;

$y_0$ : l'altezza idrica corrispondente alla zona uniforme;

$y_c$ : l'altezza critica;

$Y_{90}$ : l'altezza d'acqua comprensiva del sopraelevamento dovuto alla presenza d'aria (profondità alla quale la concentrazione d'aria è pari al 90%), che deve essere inferiore ad h;

**Ce: la concentrazione media d'aria come volume d'aria per unità di volume della miscela di aria e acqua (tabellata in letteratura in funzione dell'angolo  $\alpha$  – Tabella 6) Tabella 6 – Valori del coefficiente Ce in funzione dell'angolo  $\alpha$**

);  
 fe: il coefficiente d'attrito, calcolabile dalla seguente relazione

essendo f il coefficiente d'attrito per il caso in cui venga trascurata l'aerazione della corrente. (per calcoli di primo orientamento e con pendenze elevate viene suggerito il valore di f pari a 1)

V: velocità della corrente nella zona uniforme;  
 Vc: velocità critica.

ANGOLO $\alpha$ RISPETTO ALL'ORIZZONTALE	C <sub>e</sub>
0,0°	0,0
7,5°	0,1608
15,0°	0,2411
22,5°	0,3100
30,0°	0,4104
37,5°	0,5693
45,0°	0,6222
60,0°	0,6799
75,0°	0,7209

Tabella 6 – Valori del coefficiente Ce in funzione dell'angolo  $\alpha$

Si riportano di seguito i risultati principali applicati al caso in esame:

b	4
h	2.6
L	4.5
n gradini	3.00
h/L	0.578
y <sub>ccr</sub>	2.050
alfa [rad]	0.524
alfa[grad]	30.02
Ce	0.41
f	1
fe	0.63
y <sub>0</sub>	0.186
yc	0.344
L <sub>pozzo</sub>	18
y <sub>90</sub> [m]	0.315
V <sub>c</sub> [m/s]	1.759
V [m/s]	3.69

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 20 di 38

Tabella 7 - Verifica manufatto di dissipazione

La velocità in uscita è inferiore a quella in ingresso (sez tipo B,  $V=4.43$  m/s), e risulta inferiore a 5 m/s, valore ritenuto critico per quanto concerne l'erosione dei manufatti

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 21 di 38

## 8. OPERE IN ASSENZA DEL DEPOSITO DP05

In assenza del deposito DP05 l'intervento in progetto prevede la seguente sistemazione a carattere provvisorio: a valle del tombino stradale  $\Phi 1500$  della wbs NV29, sono previsti salti di quota realizzati mediante gradoni in massi allo scopo di dissipare l'energia in eccesso; più a valle è prevista una sistemazione mediante canale trapezio rivestito in massi.

Nello specifico vengono previsti quattro salti di quota da un metro seguiti da tratti sub-orizzontale variabili tra i due e gli otto metri, mentre il rimanente tratto di canale sarà sistemato mediante sezione trapezia del "tipo C" già descritta nel paragrafo 5.

Al termine della sistemazione vi è l'immissione nel canale esistente che convoglia le acque nel tombino ferroviario situato circa 300 m più a valle.

La lunghezza complessiva della sistemazione in oggetto è pari a circa 60 m.

### 8.1. Verifica in moto Uniforme

Per i dettagli di calcolo di rimanda al paragrafo 7.1.

Per il calcolo della portata di progetto con tempo di ritorno 200 anni si rimanda al paragrafo 6.

Nel caso in esame si hanno i seguenti dati di input

$Q=6.65 \text{ m}^3/\text{s}$

$I=1\%$

$K_s=40$

Si ricava un'altezza di moto uniforme pari a circa 1 m.

La portata di progetto duecentennale viene quindi smaltita a piene sponde, in assenza di franco idraulico.

Verifica idraulica si può ritenere comunque soddisfatta avendo l'opera in oggetto carattere provvisorio. In altre parole, siccome nel periodo transitorio di vita dell'opera è molto meno probabile che si verifichi la portata duecentennale, è possibile accettare che la stessa venga smaltita con franco idraulico pari a zero.

### 8.2. Verifica dei gradoni

Per i dettagli di calcolo si rimanda al paragrafo 7.3.

Si considera nel caso in esame la lunghezza più corta dei gradoni pari a 2 m, in quanto un gradino più lungo dissipa sicuramente più energia anche nel caso che vari il regime di moto.

Essendo l'altezza critica in uscita dal tombino pari a 1.31 m inferiore all'altezza  $Y_{ccr}$  pari a 0.82m, ed essendo  $h/l$  pari a 0.5 risultano soddisfatte le condizioni per il verificarsi del regime areato.

Si ottengono i seguenti risultati

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 22 di 38

b	2
h	1
L	2
n gradini	4
h/L	0.5
yccr	0.82
alfa [rad]	0.463
alfa[grad]	26.56
Ce	0.36
f	1
fe	0.70
y0	0.75
yc	1.29
Lpozzo	4
y90[m]	1.17
Vc[m/s]	3.4
V [m/s]	4.4

I significati delle grandezze sono riportate nel paragrafo 7.3.

La velocità in uscita dal dissipatore pari a 4.4 m/s risulta compatibile con il rivestimento in massi previsto dal progetto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica

Foglio  
23 di 38

## 9. OPERE PROVVISORIALI

Per garantire le continuità del reticolo idrografico durante la realizzazione del manufatto di attraversamento ferroviario e durante la realizzazione del deposito DP05, si prevede la seguente fasistica realizzativa:

- 1 posizionamento di un tubo provvisorio DN1000 in prossimità del tombino da realizzare, in modo da ridurre al minimo gli scavi
- 2 realizzazione del tombino privo dei muri di imbocco
- 3 realizzazione dei muri di imbocco previo posizionamento di un ulteriore tubo provvisorio all'interno del tombino precedentemente realizzato; in tal modo si può procedere alla realizzazione dei muri di imbocco all'asciutto;
- 4 Rimozione del tombino circolare e sistemazione imbocchi per la fase transitoria in assenza del deposito DP05;
- 5 Posa sul fondo del canale esistente di un tubo portante in acciaio DN500 con recapito all'interno del tombino già realizzato, per garantire la continuità idraulica durante le fasi di realizzazione del deposito e di completamento del manufatto di imbocco.

### 9.1. Portata di progetto

#### 9.1.1. Periodo di ritorno

Per il dimensionamento delle opere provvisionali è stata utilizzata una portata di progetto con tempo di ritorno pari a 5 anni.

Secondo quanto riportato nella Direttiva Tecnica n.4 "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" assunta dell'Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazione di Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 e aggiornata con deliberazione n.10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006, "il tempo di ritorno della piena da assumere per le valutazioni idrauliche delle opere provvisionali è quello in cui la probabilità di essere raggiunta o superata una volta nel periodo temporale corrispondente alle fasi di costruzione non è superiore alla probabilità che ha la portata di progetto di essere raggiunta o superata una volta nel periodo di vita dell'opera".

Il rischio di insufficienza di opera, ovvero la probabilità che un evento con periodo di ritorno T venga raggiunto e superato negli N anni di vita prevista dell' opera, viene definito come:

—

Considerando una durata di realizzazione del tombino non superiore a 6 mesi e una durata di vita dell'opera pari a 100 anni, si ottiene che la probabilità di superamento della piena di progetto con periodo di ritorno pari a 200 anni nel corso della vita dell'opera è superiore alla probabilità che una piena con periodo di ritorno di 5 anni venga superata nel periodo di costruzione dell'opera stessa. Si riporta di seguito il calcolo del rischio di insufficienza dell'opera in fase provvisoriale e in fase definitiva.

T VITA [ANNI]	T RITORNO [ANNI]	RISCHIO
0.5	5	0.11
100	200	0.39

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 24 di 38

### Tabella 8 – Rischio di insufficienza dell'opera durante in periodo di vita della stessa e in fase di realizzazione

Pertanto l'assunzione di eventi con periodo di ritorno di 5 anni per il dimensionamento delle opere provvisoriale è assolutamente cautelativa ed è in linea con la normativa vigente.

#### 9.1.2. Metodo della portata indice

Per il calcolo della portata di progetto con periodo di ritorno di 5 anni è stato utilizzato il metodo della portata indice, proposto all'interno del Progetto VAPI.

Tale metodo assume che all'interno di una zona omogenea, la portata al colmo massima annuale relativa ad una assegnata sezione fluviale si possa definire come:

Dove:

- $Q(T)$  : portata al colmo massima annuale relativa alla sezione  $i$  e con tempo di ritorno  $T$
- $Q_i$  : portata indice
- $X_t$ : fattore di crescita regionale; rappresenta il quantile adimensionale valido per l'intera regione

Una regione viene definita omogenea quando tutti i siti in essa contenuta sono caratterizzati dalla stessa distribuzione di probabilità dei colmi di piena massimi annuali, a meno di un fattore di scala.

Secondo il Progetto VAPI, il bacino in esame rientra nella regione C – Appennino Nord-Occidentale e bacini Tirrenici (tale bacino abbraccia i bacini liguri con foce lungo il litorale Tirreno ed i bacini padani dallo Scrivia al Taro).

Il fattore di crescita è espresso dalla formula seguente (Modello probabilistico GEV)

—

Dove

—

Per la zona in esame i parametri  $\epsilon$ ,  $\alpha$  e  $k$  assumono i seguenti valori

$\epsilon=0.643$

$\alpha=0.377$

$K=-0.276$

Il fattore di crescita  $X_t$  assume il valore di 1.34.

La portata indice viene definita secondo una regressione lineare semplice:

Dove, per l'area in esame, i parametri  $Q(1)$  e  $m$  assumono i seguenti valori:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 25 di 38

- $Q(1) = 5.2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{Km}^{-2\text{m}}$
- $m = 0.750$
- A rappresenta la superficie del bacino in  $\text{Km}^2$ .

Il bacino in esame ha, nella configurazione di stato di fatto, una superficie pari a  $0.23 \text{ Km}^2$ , al quale corrisponde una portata indice  $Q_i = 1.73 \text{ m}^3/\text{s}$  e una portata di progetto per un periodo di ritorno di 5 anni  $Q_5 = 2.32 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 9.2. Verifica delle opere provvisionali

Il dimensionamento idraulico delle opere provvisionali è stato effettuato mediante la formula di Chezy, descritta nel paragrafo 7.1.

### ***Tombino Circolare $\phi 1000$ in cls***

Sono stati considerati i seguenti dati di input:

Pendenza  $i = 3.7\%$   
 Portata  $Q = 2.32 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Scabrezza  $K_s = 67$

L'altezza di moto uniforme che ne deriva è pari a  $0.55 \text{ m}$ , con una velocità pari a  $5 \text{ m/s}$ , il rapporto di riempimento è pari al  $55\%$  e un franco rispetto all'estradosso pari a  $0.45 \text{ m}$ .

### ***Tombino Circolare $\phi 1000$ portante in acciaio***

Sono stati considerati i seguenti dati di input:

Pendenza  $i = 7\%$   
 Portata  $Q = 2.32 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Scabrezza  $K_s = 47$

L'altezza di moto uniforme che ne deriva è pari a  $0.65 \text{ m}$ , con una velocità pari a  $4.5 \text{ m/s}$ , il rapporto di riempimento è pari al  $65\%$  e un franco rispetto all'estradosso pari a  $0.45 \text{ m}$ .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica
	Foglio 26 di 38

## 10. CONCLUSIONI

L'intervento di sistemazione del "fosso 2" risulta "idraulicamente compatibile", la riprofilatura dell'alveo e l'inserimento di una tombinatura di sufficienti dimensioni creano situazioni migliorative dal punto di vista idraulico.

Il rivestimento delle sezioni trasversali mediante massi cementati mette al riparo da rischi di erosioni dovute all'alta velocità dell'acqua.

La pendenza longitudinale viene rettificata e portata a livelli inferiori a quella esistente allo scopo di contenere le velocità entro valori accettabili; il salto di quota che ne deriva è assorbito mediante opera di dissipazione che consente alla corrente in uscita di raggiungere livelli di velocità congrui con le necessità di proteggere i manufatti dall'erosione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51-02-E-CV-RI-IN1T-0X-001-B00.DOCX Relazione idraulica</p>	<p>Foglio 27 di 38</p>

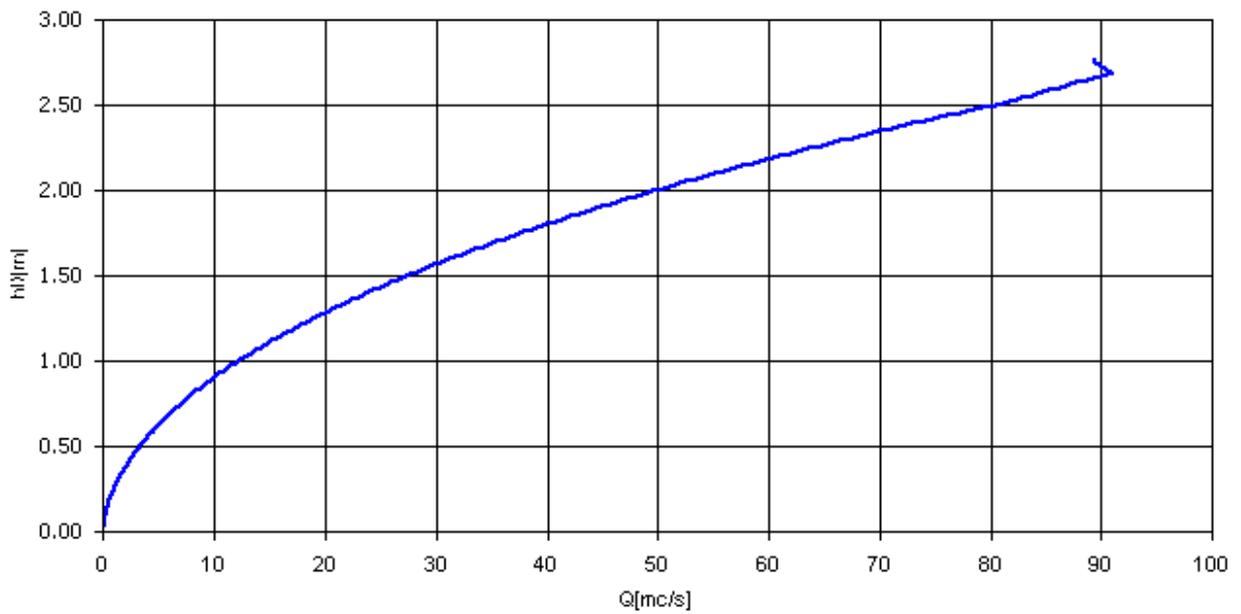
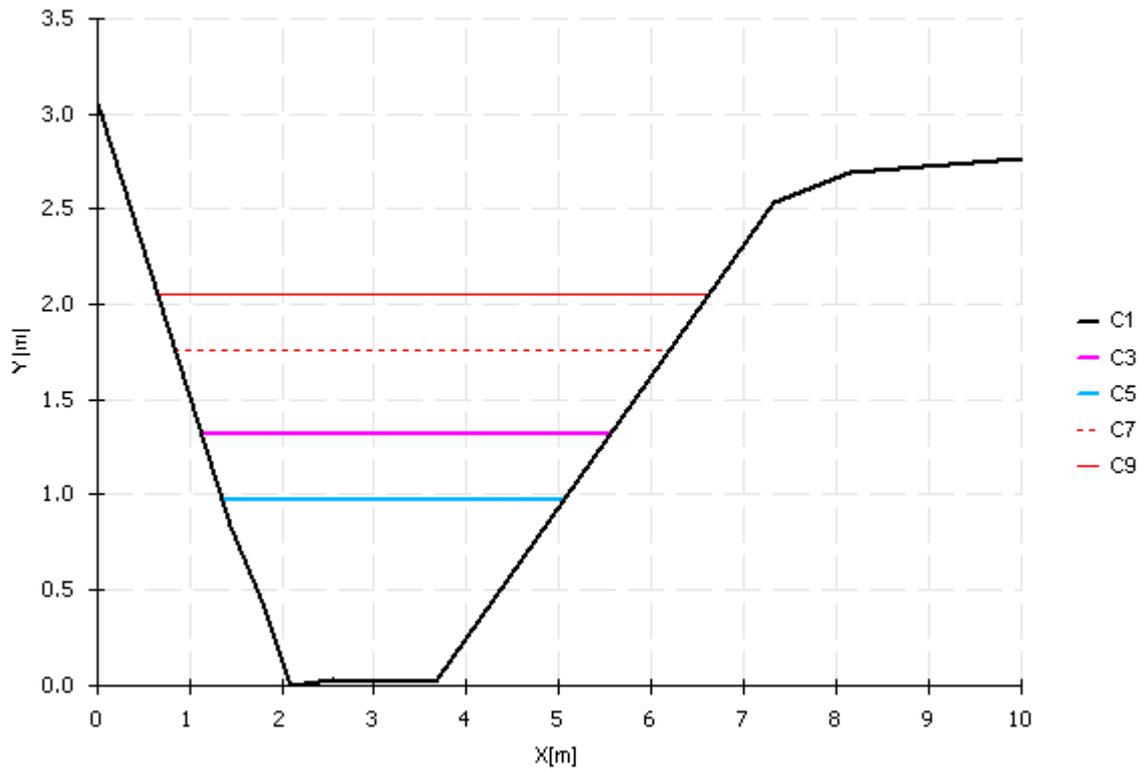
## ALLEGATO 1

### SCALE DI DEFLUSSO

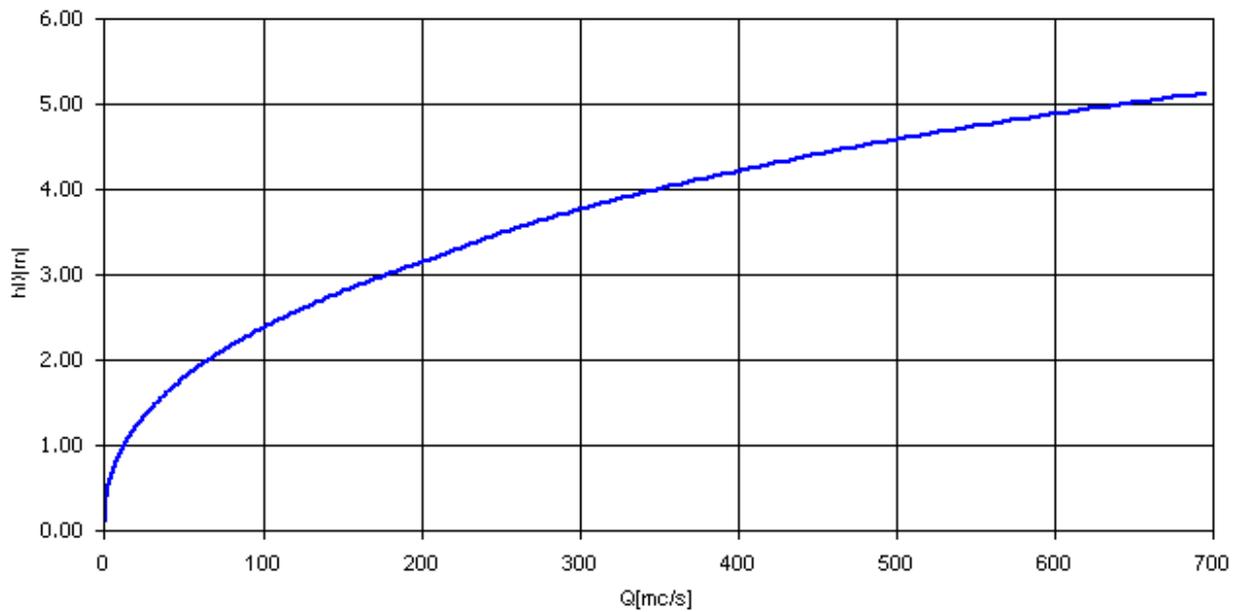
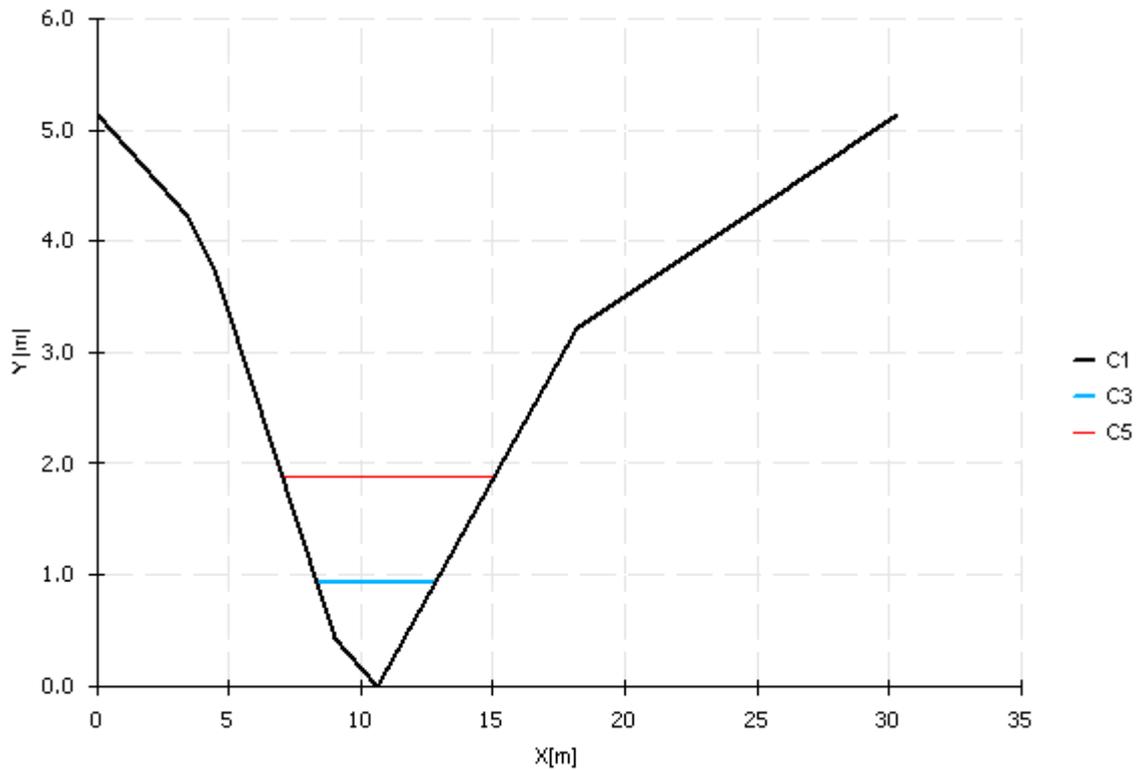
*Legenda.*

- C1 Alveo
- C3 Altezza Critica
- C5 Altezza di moto uniforme
- C7 Energia di moto uniforme
- C9 Energia critica

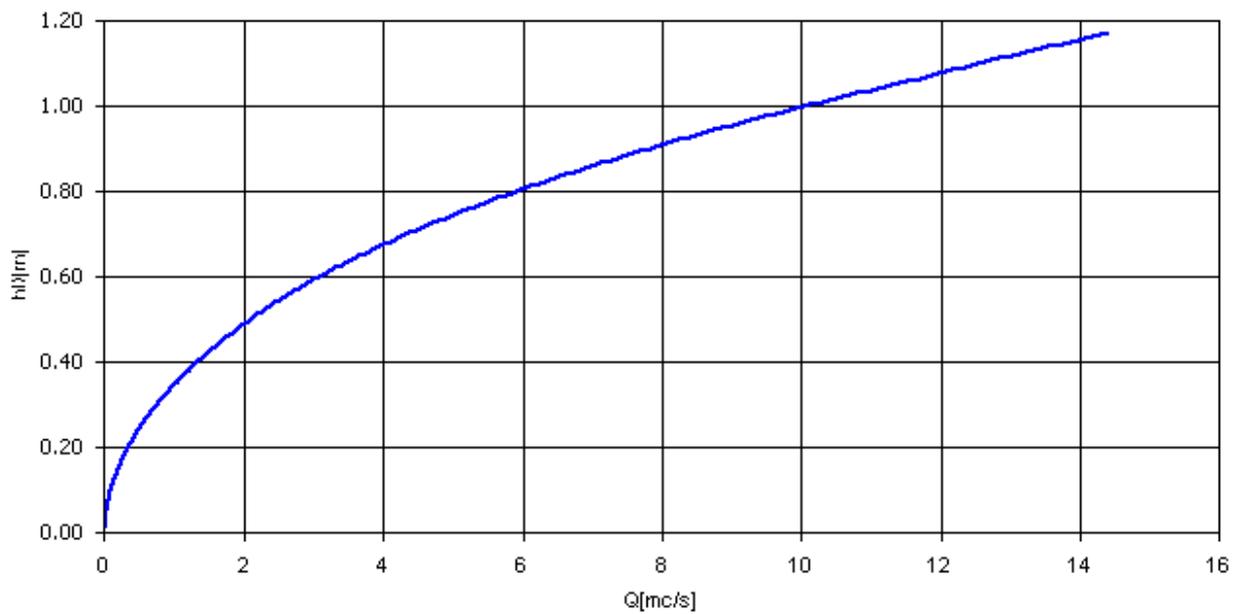
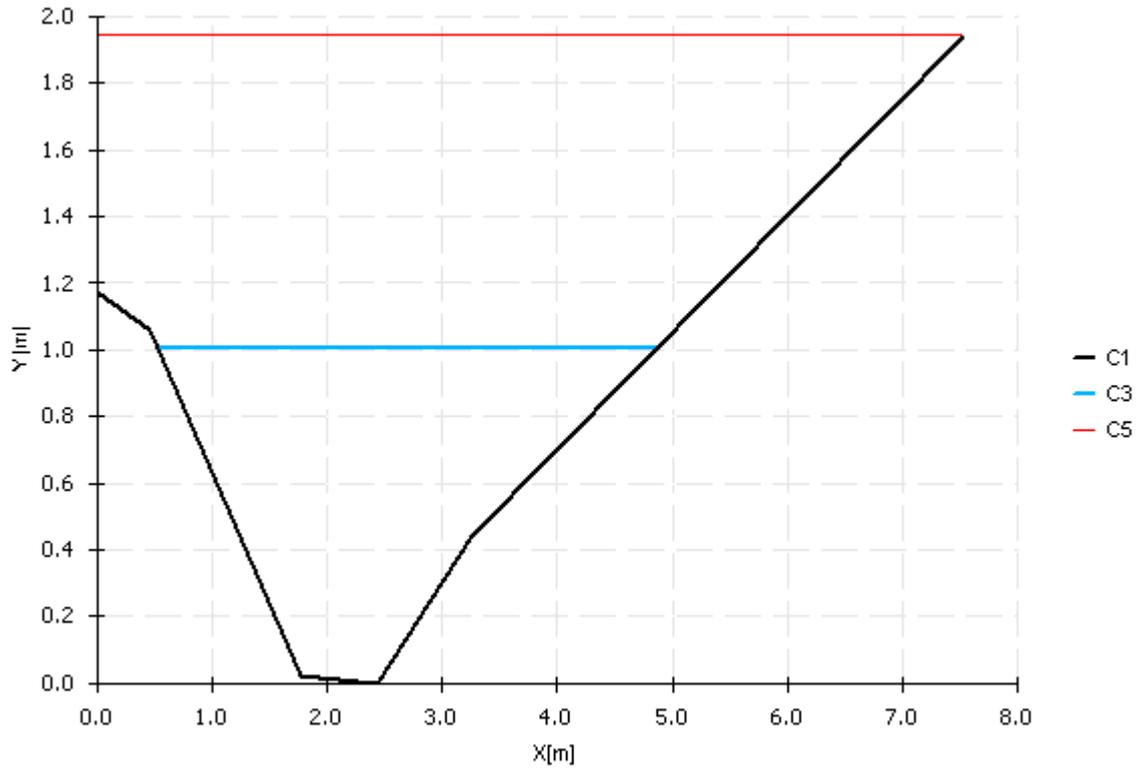
Sezione 1



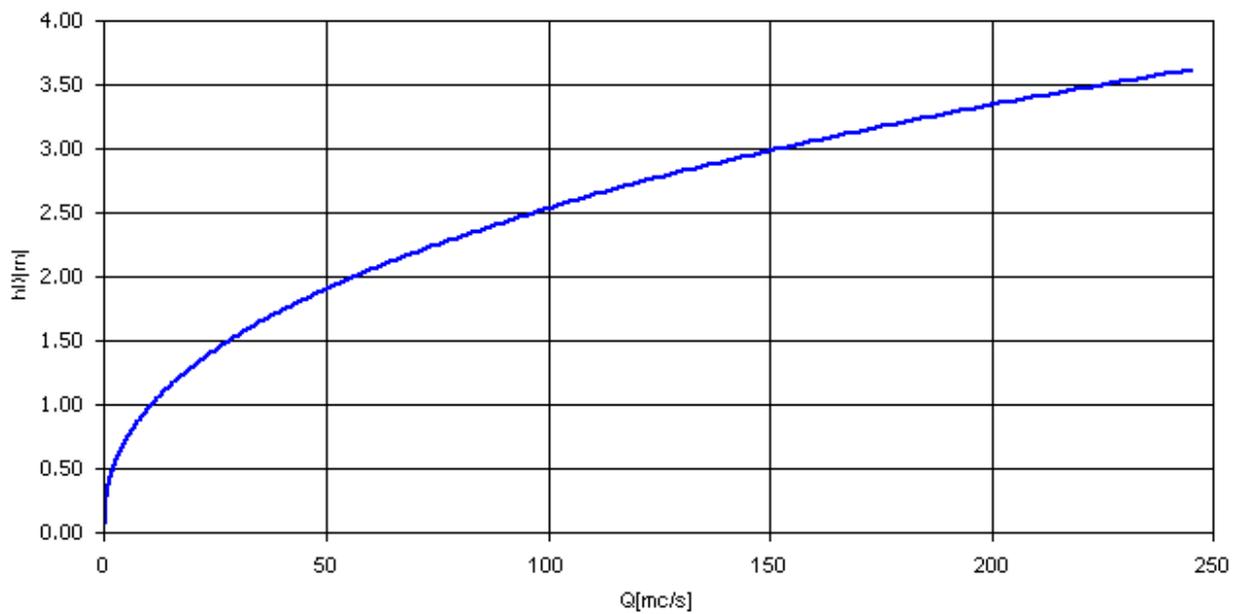
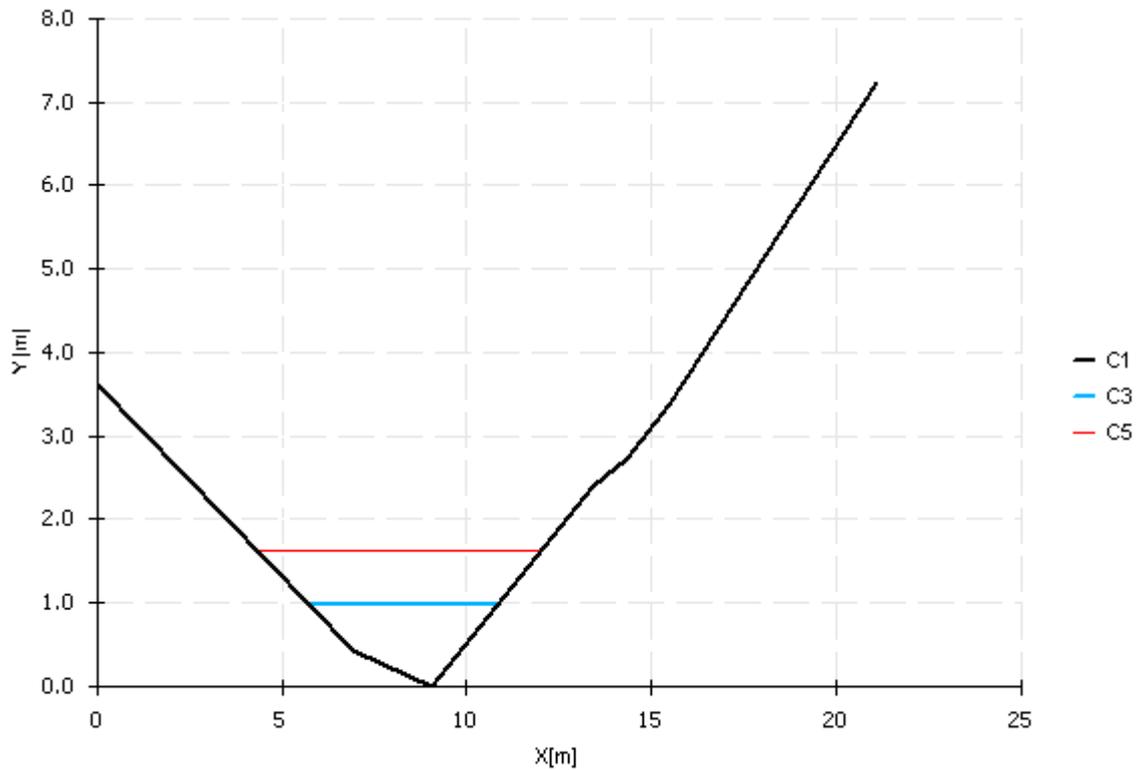
## Sezione 5



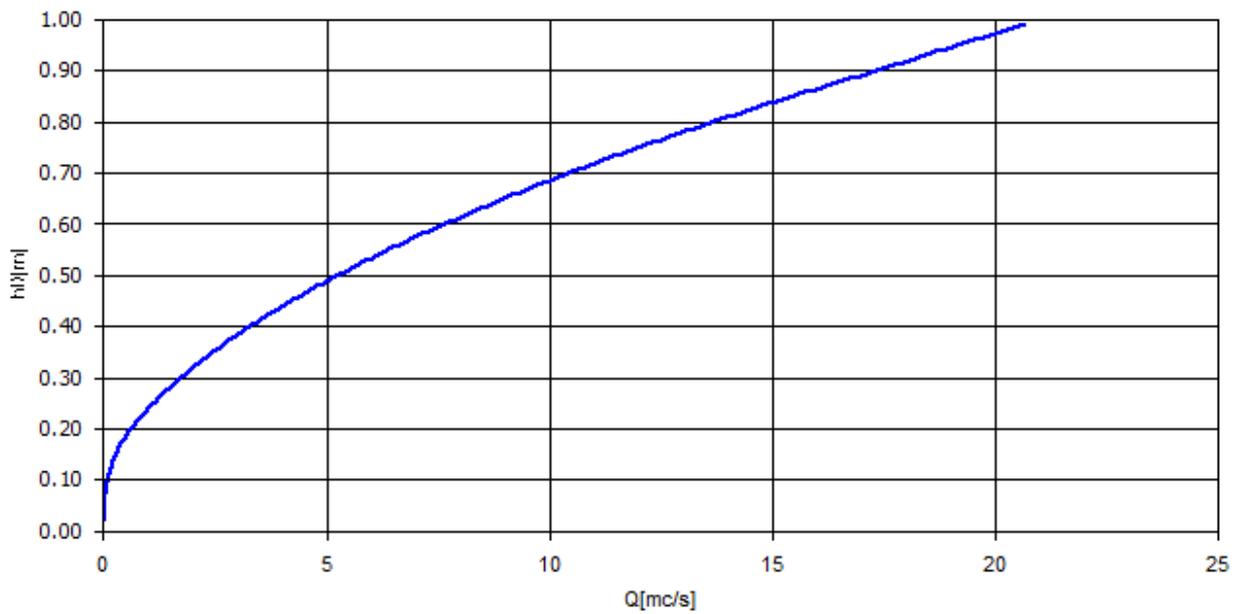
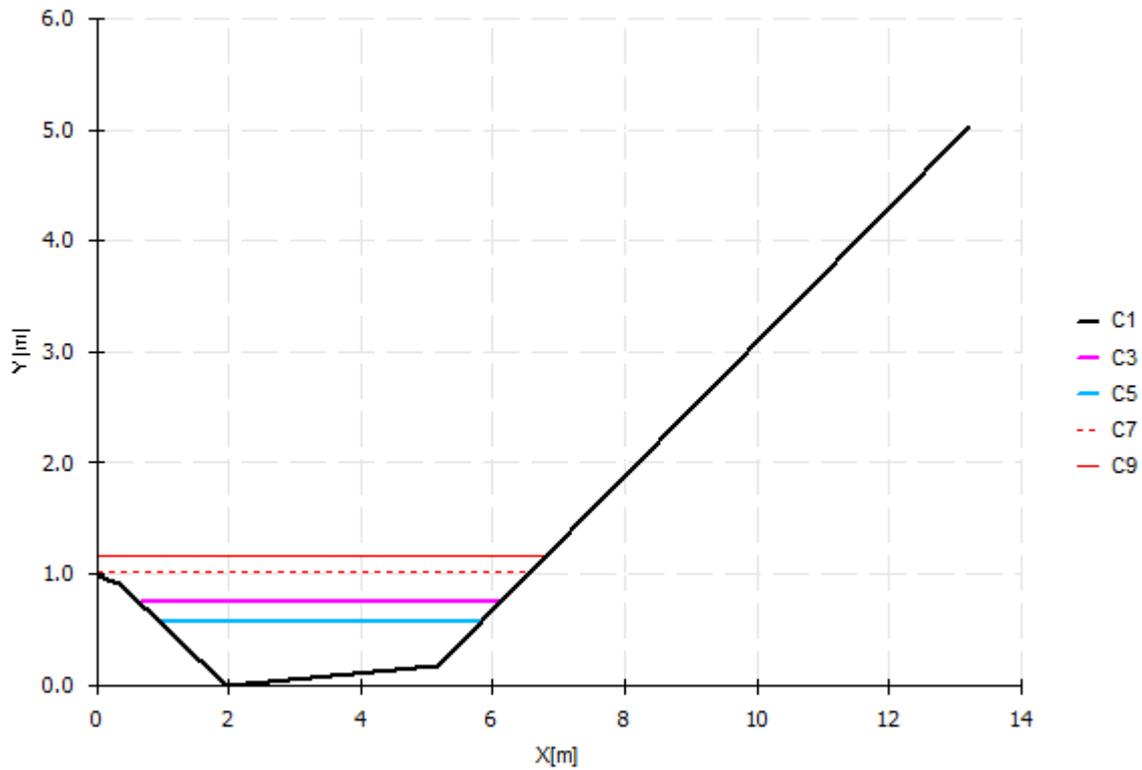
## Sezione 7



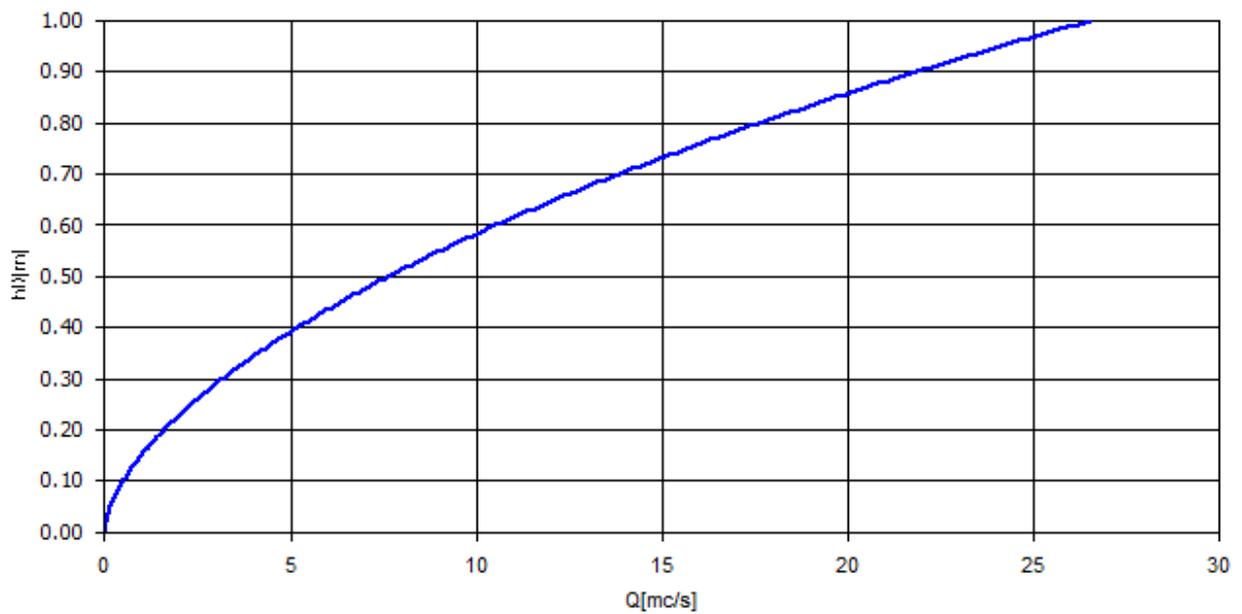
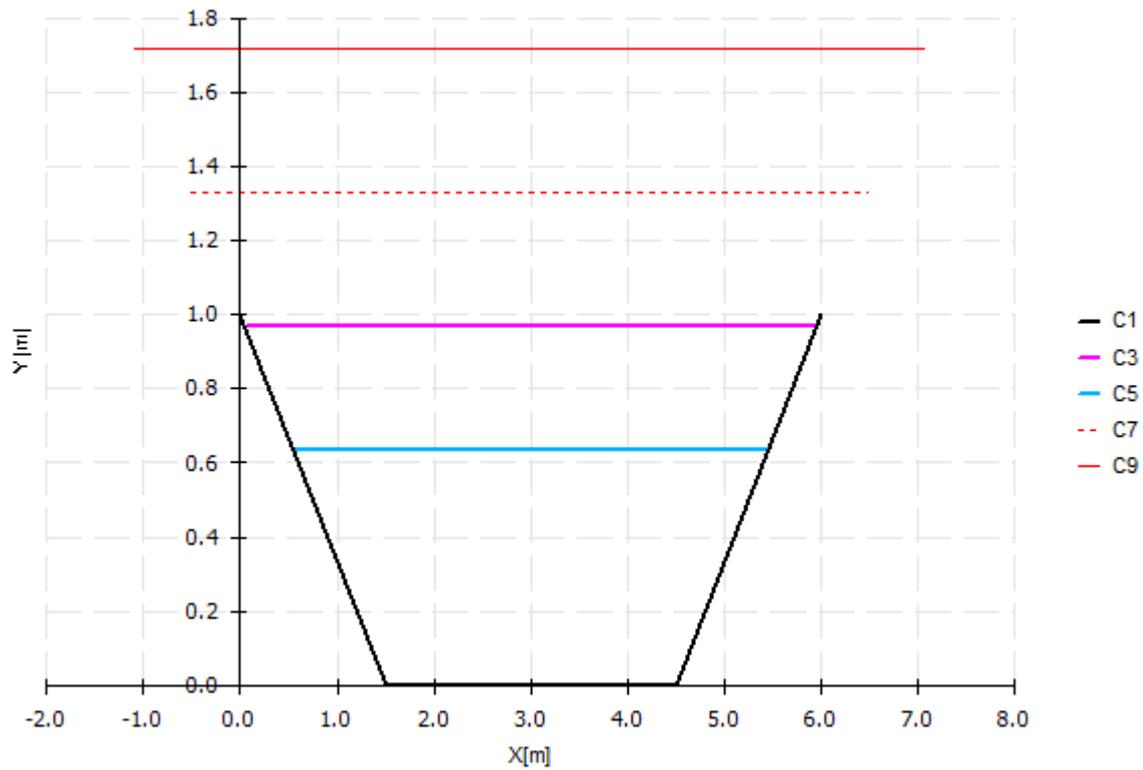
## Sezione 11



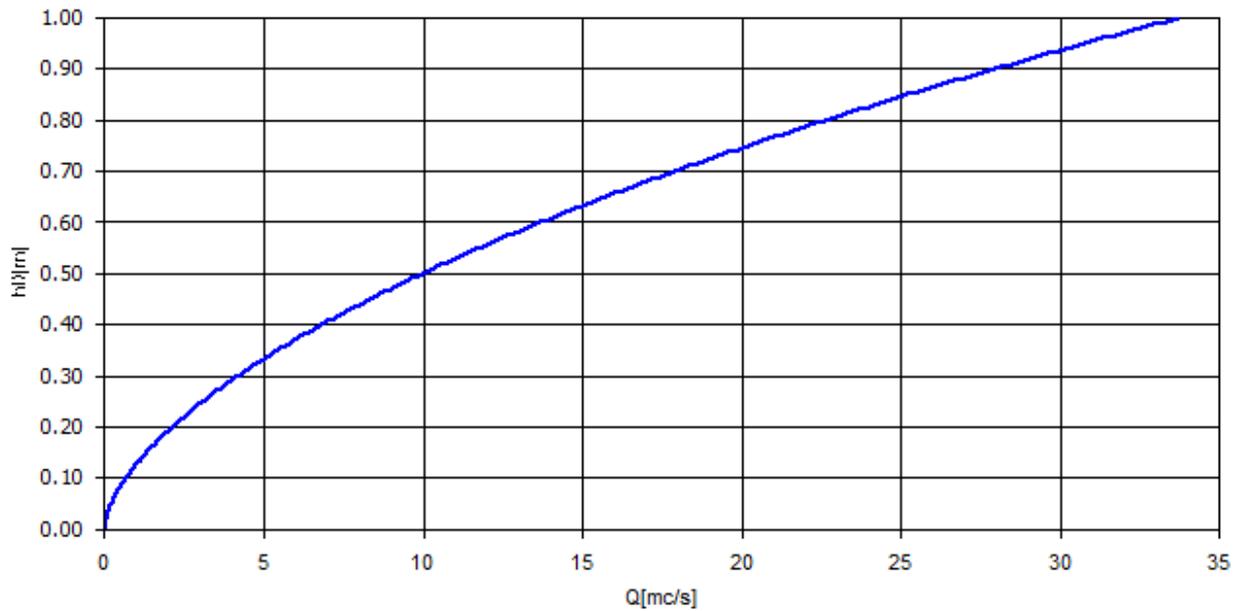
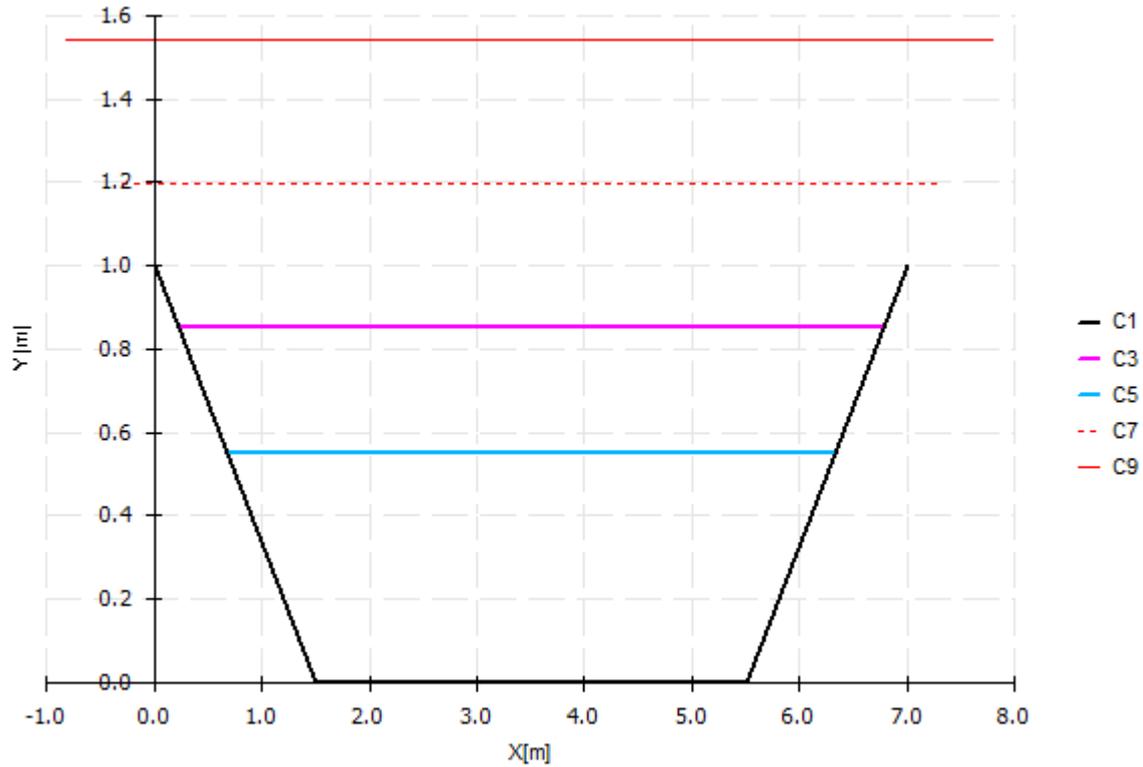
## Sezione 16



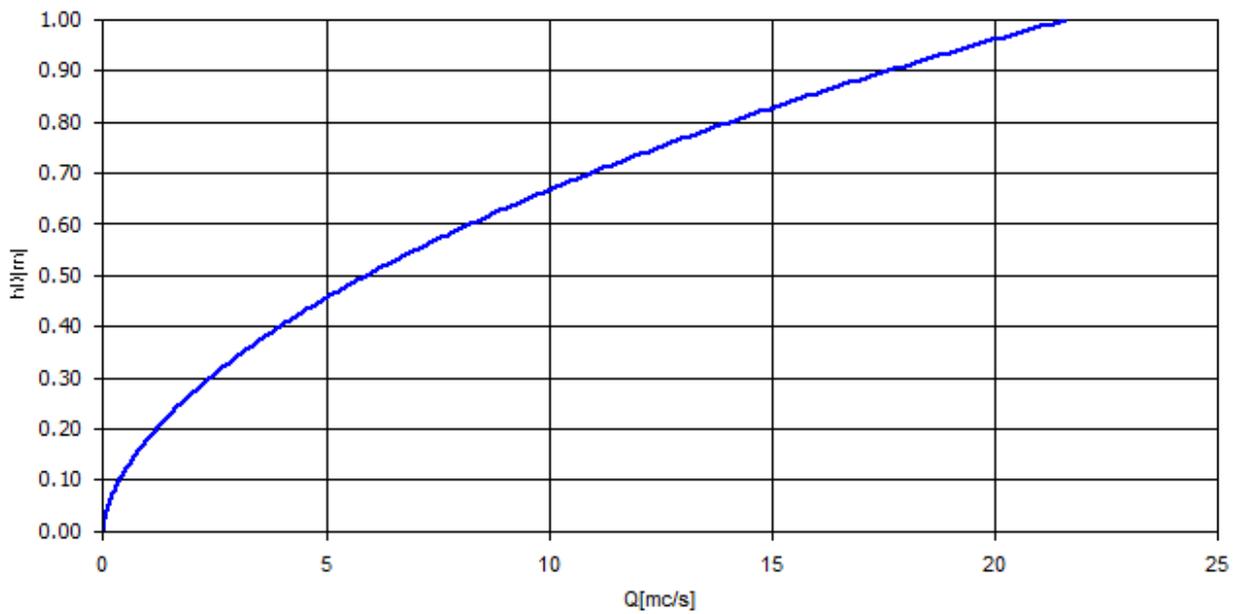
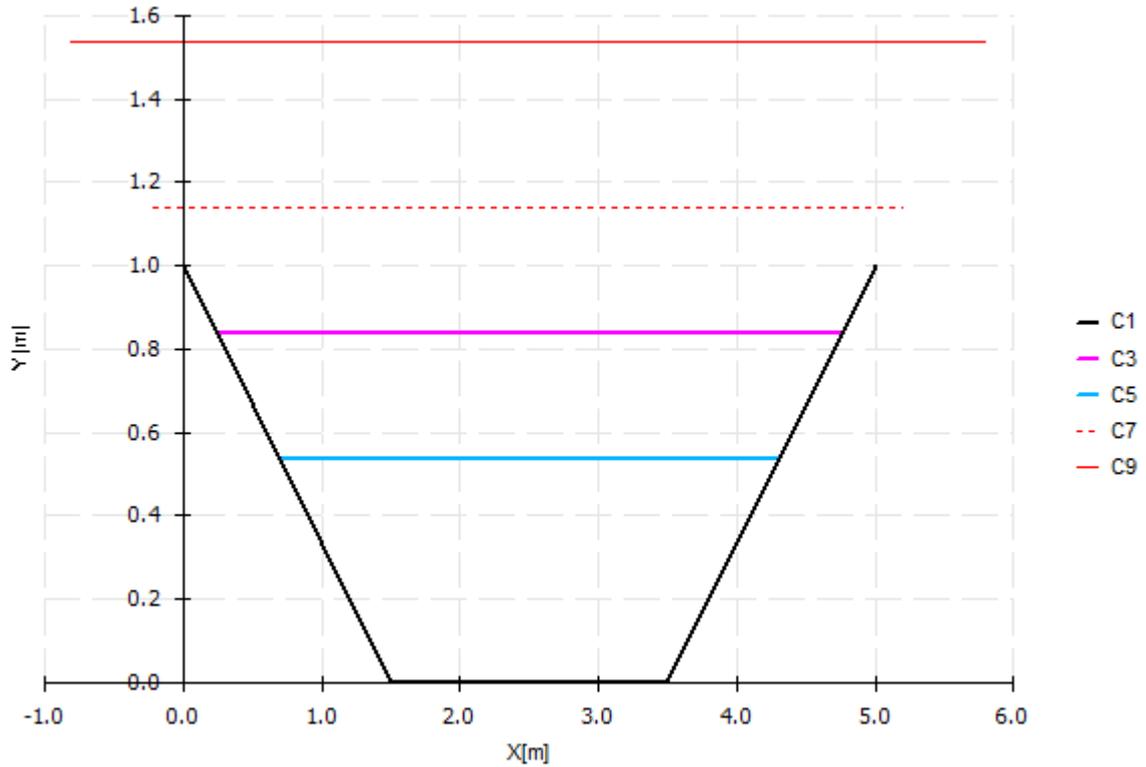
## Sezione tipo A



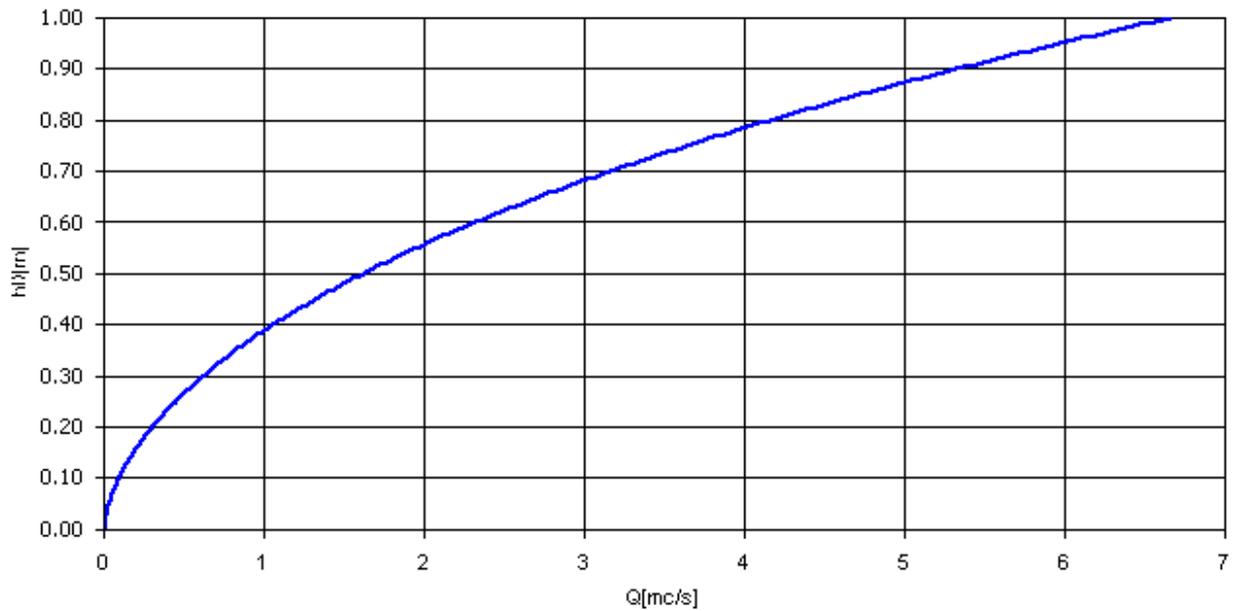
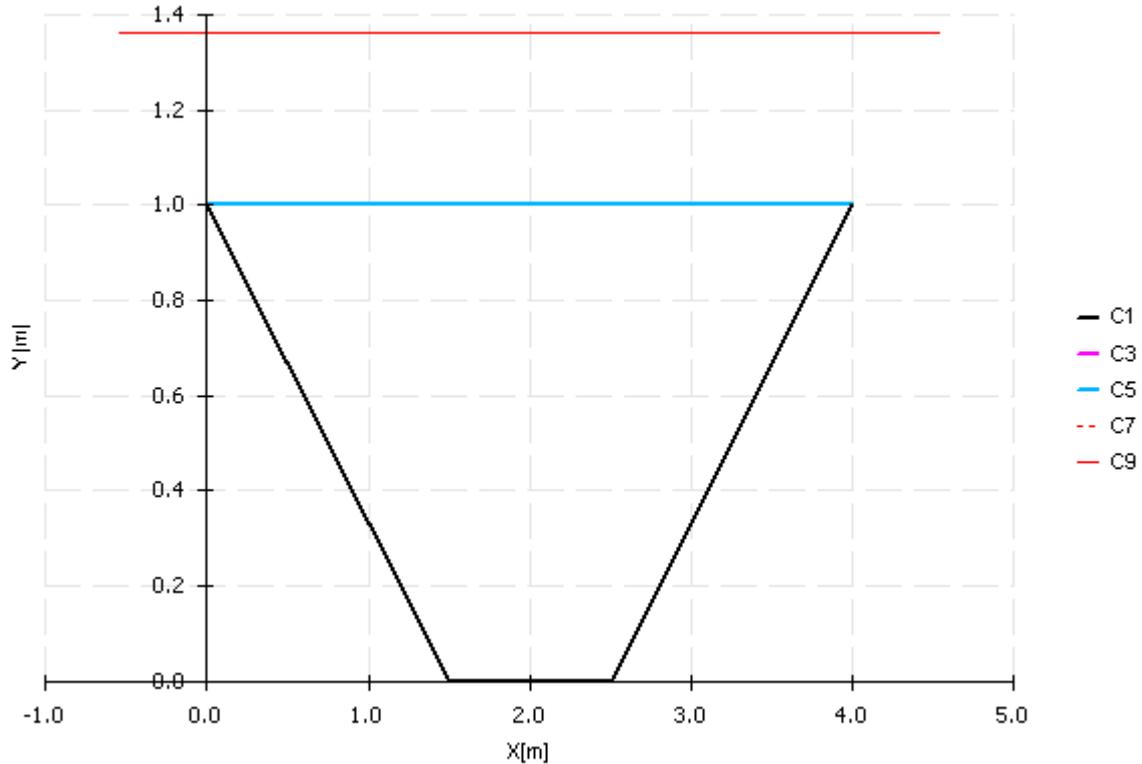
## Sezione tipo B



Sezione tipo C



## Sezione tipo C (in assenza di del deposito DP05)



## Tombino scatolare 4.0x4.0

Altezza pelo libero <i>m</i>	Larghezza pelo libero <i>m</i>	Area <i>m<sup>2</sup></i>	Perimetro bagnato <i>m</i>	Raggio idraulico <i>m</i>	Portata <i>m<sup>3</sup>/s</i>	Velocità <i>m/s</i>	Energia <i>m</i>	Froude
0.100	4.00	0.400	4.200	0.10	0.1767	0.44	0.11	0.45
0.200	4.00	0.800	4.400	0.18	0.5440	0.68	0.22	0.49
0.300	4.00	1.200	4.600	0.26	1.0380	0.87	0.34	0.50
0.400	4.00	1.600	4.800	0.33	1.6297	1.02	0.45	0.51
0.500	4.00	2.000	5.000	0.40	2.3004	1.15	0.57	0.52
0.600	4.00	2.400	5.200	0.46	3.0369	1.27	0.68	0.52
0.700	4.00	2.800	5.400	0.52	3.8289	1.37	0.80	0.52
0.800	4.00	3.200	5.600	0.57	4.6687	1.46	0.91	0.52
0.900	4.00	3.600	5.800	0.62	5.5500	1.54	1.02	0.52
1.000	4.00	4.000	6.000	0.67	6.4676	1.62	1.13	0.52
1.100	4.00	4.400	6.200	0.71	7.4171	1.69	1.24	0.51
1.200	4.00	4.800	6.400	0.75	8.3951	1.75	1.36	0.51
1.300	4.00	5.200	6.600	0.79	9.3983	1.81	1.47	0.51
1.400	4.00	5.600	6.800	0.82	10.4243	1.86	1.58	0.50
1.500	4.00	6.000	7.000	0.86	11.4708	1.91	1.69	0.50
1.600	4.00	6.400	7.200	0.89	12.5358	1.96	1.80	0.49
1.700	4.00	6.800	7.400	0.92	13.6176	2.00	1.90	0.49
1.800	4.00	7.200	7.600	0.95	14.7148	2.04	2.01	0.49
1.900	4.00	7.600	7.800	0.97	15.8259	2.08	2.12	0.48
2.000	4.00	8.000	8.000	1.00	16.9498	2.12	2.23	0.48
2.100	4.00	8.400	8.200	1.02	18.0855	2.15	2.34	0.47
2.200	4.00	8.800	8.400	1.05	19.2321	2.19	2.44	0.47
2.300	4.00	9.200	8.600	1.07	20.3887	2.22	2.55	0.47
2.400	4.00	9.600	8.800	1.09	21.5545	2.25	2.66	0.46
2.500	4.00	10.000	9.000	1.11	22.7290	2.27	2.76	0.46
2.600	4.00	10.400	9.200	1.13	23.9114	2.30	2.87	0.46
2.700	4.00	10.800	9.400	1.15	25.1013	2.32	2.98	0.45
2.800	4.00	11.200	9.600	1.17	26.2981	2.35	3.08	0.45
2.900	4.00	11.600	9.800	1.18	27.5014	2.37	3.19	0.44
3.000	4.00	12.000	10.000	1.20	28.7107	2.39	3.29	0.44
3.100	4.00	12.400	10.200	1.22	29.9257	2.41	3.40	0.44
3.200	4.00	12.800	10.400	1.23	31.1460	2.43	3.50	0.43
3.300	4.00	13.200	10.600	1.25	32.3713	2.45	3.61	0.43
3.400	4.00	13.600	10.800	1.26	33.6014	2.47	3.71	0.43
3.500	4.00	14.000	11.000	1.27	34.8358	2.49	3.82	0.42
3.600	4.00	14.400	11.200	1.29	36.0745	2.51	3.92	0.42
3.700	4.00	14.800	11.400	1.30	37.3171	2.52	4.02	0.42
3.800	4.00	15.200	11.600	1.31	38.5634	2.54	4.13	0.42
3.900	4.00	15.600	11.800	1.32	39.8133	2.55	4.23	0.41
4.000	4.00	16.000	12.000	1.33	41.0665	2.57	4.34	0.41

## Tombino circolare 1500

Altezza pelo libero <i>m</i>	Angolo riemp. <i>j</i>	Area <i>m<sup>2</sup></i>	Perimetro bagnato <i>m</i>	Raggio idraulico <i>m</i>	Portata <i>m<sup>3</sup>/s</i>	Portata <i>l/s</i>	Velocità <i>m/s</i>	Energia <i>m</i>	h/D <i>-</i>
0.05	42.08	0.018	0.55	0.033	0.0265	<b>26.5</b>	1.46	0.16	0.03
0.10	59.85	0.051	0.78	0.065	0.1164	<b>116.4</b>	2.30	0.37	0.07
0.15	73.74	0.092	0.97	0.095	0.2742	<b>274.2</b>	2.98	0.60	0.10
0.20	85.67	0.140	1.12	0.125	0.5002	<b>500.2</b>	3.57	0.85	0.13
0.25	96.38	0.194	1.26	0.153	0.7930	<b>793.0</b>	4.10	1.11	0.17
0.30	106.26	0.252	1.39	0.181	1.1501	<b>1150.1</b>	4.57	1.36	0.20
0.35	115.54	0.313	1.51	0.207	1.5682	<b>1568.2</b>	5.00	1.63	0.23
0.40	124.36	0.378	1.63	0.232	2.0436	<b>2043.6</b>	5.40	1.89	0.27
0.45	132.84	0.446	1.74	0.256	2.5719	<b>2571.9</b>	5.77	2.15	0.30
0.50	141.06	0.516	1.85	0.279	3.1485	<b>3148.5</b>	6.11	2.40	0.33
0.55	149.07	0.587	1.95	0.301	3.7682	<b>3768.2</b>	6.42	2.65	0.37
0.60	156.93	0.660	2.05	0.321	4.4258	<b>4425.8</b>	6.70	2.89	0.40
0.65	164.68	0.734	2.16	0.341	5.1154	<b>5115.4</b>	6.97	3.13	0.43
0.70	172.35	0.809	2.26	0.358	5.8311	<b>5831.1</b>	7.21	3.35	0.47
0.75	180.00	0.884	2.36	0.375	6.5666	<b>6566.6</b>	7.43	3.57	0.50
0.80	187.65	0.959	2.46	0.390	7.3153	<b>7315.3</b>	7.63	3.77	0.53
0.85	195.32	1.033	2.56	0.404	8.0700	<b>8070.0</b>	7.81	3.96	0.57
0.90	203.07	1.107	2.66	0.416	8.8235	<b>8823.5</b>	7.97	4.14	0.60
0.95	210.93	1.180	2.76	0.427	9.5679	<b>9567.9</b>	8.11	4.30	0.63
1.00	218.94	1.252	2.87	0.437	10.2949	<b>10294.9</b>	8.23	4.45	0.67
1.05	227.16	1.321	2.97	0.444	10.9957	<b>10995.7</b>	8.32	4.58	0.70
1.10	235.64	1.389	3.08	0.450	11.6604	<b>11660.4</b>	8.40	4.69	0.73
1.15	244.46	1.454	3.20	0.454	12.2784	<b>12278.4</b>	8.45	4.79	0.77
1.20	253.74	1.516	3.32	0.456	12.8374	<b>12837.4</b>	8.47	4.86	0.80
1.25	263.62	1.574	3.45	0.456	13.3231	<b>13323.1</b>	8.47	4.90	0.83
1.30	274.33	1.627	3.59	0.453	13.7177	<b>13717.7</b>	8.43	4.92	0.87
1.35	286.26	1.675	3.75	0.447	13.9974	<b>13997.4</b>	8.36	4.91	0.90
1.40	300.15	1.717	3.93	0.437	14.1252	<b>14125.2</b>	8.23	4.85	0.93
1.45	317.92	1.749	4.16	0.420	14.0256	<b>14025.6</b>	8.02	4.73	0.97