

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**

Rilevato di Linea III Valico da pk 36+585.21 a pk 37+395.19

Relazione idraulica reticolo

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R I	R I 1 3 0 X	0 0 2	A

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

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX
-----------	--

INDICE

INDICE.....		3
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		9
6.1. Portata al colmo.....		9
6.2. Portata di smaltimento piattaforma.....		12
7. VERIFICHE IDRAULICHE		13
7.1. Verifiche in moto uniforme		13
7.1.1. <i>Descrizione modello di calcolo</i>		13
7.1.2. La base geometrica		13
7.1.3. <i>Scabrezze</i>		13
7.1.4. <i>Verifica delle sezioni d'alveo</i>		14
7.1.5. <i>Verifica dei tombini</i>		15
7.2. Verifica protezioni dell'alveo		16
7.2.1. <i>Metodo di Calcolo</i>		16
7.2.2. <i>Risultati</i>		16
8. OPERE IN ASSENZA DEL DEPOSITO DP06		17
8.1. Verifica in moto Uniforme.....		17
9. OPERE PROVVISORIALI		17
10. CONCLUSIONI		17
11. ALLEGATO 1		18

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX
Relazione idraulica reticolo

Foglio
4 di 23

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo	Foglio 5 di 23

1. PREMESSA

La presente relazione riporta la verifica idraulica di un canale secondario appartenente al reticolo idrografico minore e interferente con la linea AC Milano –Genova alla pk 36+903.9 in zona Novi Ligure (AL).

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 preceduto da due tombini circolari a monte, è stata inoltre prevista la riprofilatura di un tratto di alveo a valle.

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  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 6 di 23

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  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 7 di 23

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 Km²) 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 Km²).

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>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo</p> <p>Foglio 8 di 23</p>

4. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il canale interferisce con la linea in progetto alla pk 36+903.9; nel tratto interessato dall'intervento il fosso ha andamento ovest-est.

L'area complessiva del bacino sotteso alla sezione di interferenza con la linea è di circa 0.09 km²; il suo territorio appartiene amministrativamente al Comune di Novi Ligure.

Il bacino presenta una forma arrotondata, con quote comprese tra 188 m s.l.m. e 201 m s.l.m.; il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale di lunghezza pari a circa 80 m, e pendenza media pari al 0.5%.

L'intervento riguarda l'intero tratto dell'asta principale; l'alveo naturale è caratterizzato in tale tratto da sezioni trapezie abbastanza regolari.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 9 di 23

5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

L'intervento in progetto in presenza del deposito DP06 prevede la realizzazione di un tombino scatolare in cemento armato di dimensioni $b \times h = 2,00 \times 2,00$ m lungo complessivamente circa 53,5 m con pendenza paria allo 0.3% che sottopassa la linea ferroviaria alla pk 36+903.9.

L'asse del tombino risulta essere perpendicolare alla linea ferroviaria e traslato di circa 29 m verso Nord rispetto all'asse del canale esistente.

A monte del tombino scatolare sono presenti due tombini circolari $\phi 1500$ con pendenza 1.3% lunghi rispettivamente 18.85m e 52.88m e dotati di pozzetti di salto per raccordare l'alveo esistente al tombino di progetto. I pozzetti garantiscono due salti, rispettivamente di altezza 1m e 2.33 m.

Subito a monte del primo pozzetto è presente un' immissione di una tubazione esistente in c.a. del diametro di 100 cm.

A valle del manufatto di attraversamento ferroviario si prevede un'inalveazione in terra a sezione trapezoidale caratterizzata da una pendenza delle sponde $h/b=1/1$, un'altezza di 0.9 m ed una base di 2 m; la sistemazione idraulica prevista si estende per 86 m, fino al raccordo con il reticolo irriguo esistente.

Allo sbocco del manufatto si prevede un rivestimento del fondo e delle sponde dell'alveo in pietrame. 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 500gr/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.

6. PORTATA DI PROGETTO

6.1. Portata al colmo

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^2 , utilizzati per il bacino del fosso 2 sono i seguenti:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 10 di 23

a 50	n 50	a 200	n 200	a 500	n 500
63.17	0.36	78.34	0.258	88.34	0.357

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:

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

dove:

S = superficie del bacino (km²);

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.

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

<i>Bacino</i>	
S (km ²)	0.09
L (km)	10.08
Pendenza media asta i (%)	0.5
Pendenza media bacino i_m (%)	18

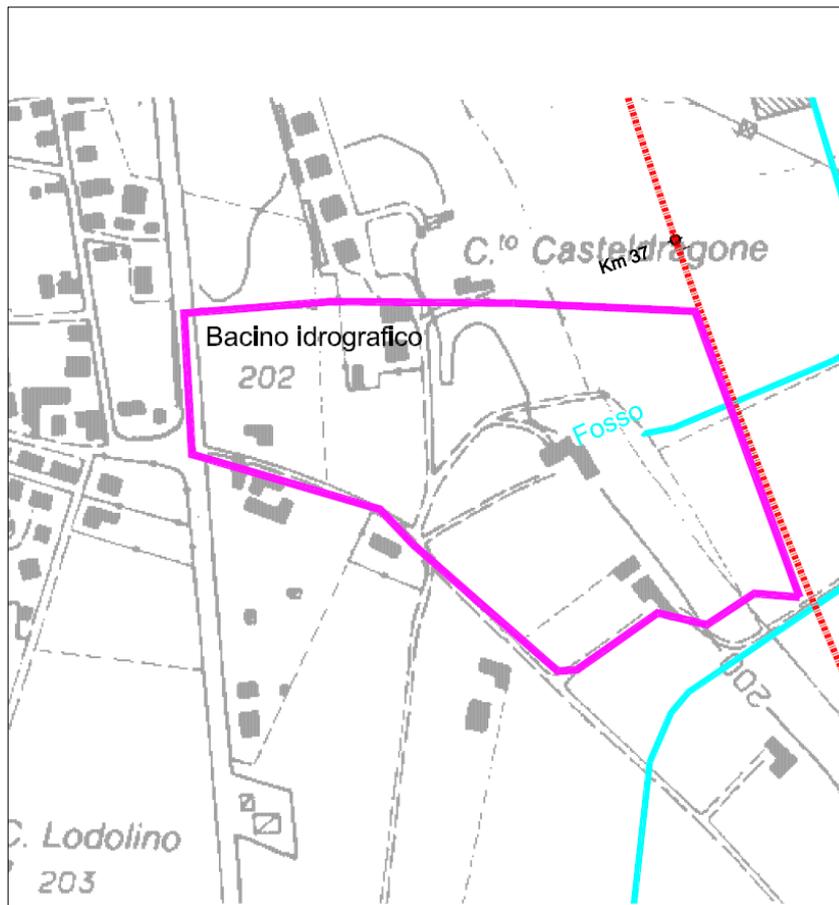


Figura 1 – Delimitazione bacino

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:

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

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.

Formola di Tournon:

$$t_c = 0,396 \cdot \frac{L}{i} \cdot \frac{A}{L^2 \cdot \frac{i_m}{i}}^{0,72} \quad [ore]$$

Il valore risultante è pari a circa 49 minuti.

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 12 di 23

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

La portata idrologica risultante è riportata in tabella 2:

Q
[m ³ /s]
2

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 ferrovia si rimanda alla relativa relazione idraulica.

L'apporto complessivo afferente al fosso 2 è pari a circa 0,6 m³/s.

Pertanto la verifica idraulica sarà condotta su un valore di portata di progetto pari a 2.6 m³/s.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 13 di 23

7. VERIFICHE IDRAULICHE

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

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 [m³/s] è la portata, χ [m^{1/2} s⁻¹] il coefficiente di attrito, A [m²] 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 χ è stata adottata la formula di Manning:

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

dove n [m^{-1/3} 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 è stato possibile ricavare le sezioni trasversali dell'esistente.

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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 14 di 23

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 e pari a $67 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per i canali in calcestruzzo.

7.1.4. Verifica delle sezioni d'alveo

Stato di fatto

Poiché l'alveo esistente presenta una geometria molto regolare è stata indagata una sola sezione trasversale a monte del manufatto di attraversamento; per la verifica idraulica è stata considerata l'intera portata al colmo di progetto ($Q=2.6 \text{ m}^3/\text{s}$)

Il coefficiente di scabrezza K_s adottato è pari a 30.
 La pendenza dell'alveo esistente è circa 0.9%.

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

Stato di fatto	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Q piene rive	Pendenza stato di fatto	ho stato di fatto	Velocità stato di fatto
	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	%	m	m/s
	2.00	0.600	2.60	0.6	0.90%	0.46	1.12

Tabella 3 – Variabili idrauliche della sezione esistente

In moto uniforme la massima portata contenuta all'interno della sezione è pari a $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$, valore inferiore alla portata di progetto. Con tale valore di portata si instaura una velocità pari a 1.12 m/s .

Progetto

Per la sezione trasversale di progetto è stata considerata l'intera portata al colmo ($Q=2.6 \text{ m}^3/\text{s}$)

Il coefficiente di scabrezza K_s adottato è pari a 30.

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

Stato di progetto	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Pendenza di progetto	ho progetto	K Altezza critica	Velocità di progetto
	m^3/s	m^3/s	m^3/s	%	m	m	m/s
valle	2	0.6	2.6	0.80%	0.635	0.51	1.095

Tabella 4 – Variabili idrauliche delle sezioni di progetto

La corrente di moto uniforme che si instaura nell'alveo di progetto è una corrente di tipo lento ($h > k$), con valori della velocità non particolarmente elevati e altezza idrica contenuta nell'alveo di progetto con un franco di 27 cm.

Confronto

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

Confronto	Q bacino	Q piattaforma	Q totale	Q piene rive stato di fatto	Pendenza stato di fatto	Pendenza di progetto	ho stato di fatto	ho progetto	Velocità stato di fatto	Velocità di progetto
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m	m	m/s	m/s
valle	2	0.6	2.6	0.6	0.90%	0.80%	0.46	0.635	1.12	1.095

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

Si può osservare che la portata di progetto non è contenuta all'interno della sezione esistente, mentre quella di progetto è contenuta con un franco di 27 cm. La velocità della corrente nella configurazione di progetto non si mantiene elevata, e si riduce rispetto allo stato di fatto, non risulta quindi essere necessario adottare una protezione dell'alveo.

7.1.5. Verifica dei tombini

Tombino scatolare 2.0x2.0

Sono stati considerati i seguenti dati di input:

Pendenza $i=0.3\%$
 Portata $Q=2.6\text{ m}^3/\text{s}$
 Scabrezza $K_s=67$

L'altezza di moto uniforme che ne deriva è pari a 0.657m, con una velocità pari a 0.653 m/s, il rapporto di riempimento è pari al 32% e un franco rispetto all'estradosso pari a 1.34 m.

Tombino Circolare $\phi 1500$

Sono stati considerati i seguenti dati di input:

Pendenza $i=1.3\%$
 Portata $Q=2.6\text{ m}^3/\text{s}$
 Scabrezza $K_s=67$

L'altezza di moto uniforme che ne deriva è pari a 0.632m, con una velocità pari a 2.6 m/s, il rapporto di riempimento è pari al 42% e un franco rispetto all'estradosso pari a 0.87 m.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 16 di 23

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.

7.2.2. Risultati

Al fine del calcolo del diametro minimo viene assunta la massima velocità di progetto che si instaura nelle sezione tipo pari a 1.095 m/s.

Il diametro minimo dei massi per garantire la stabilità (considerando un coefficiente $k=8$) risulta pari a $d=0,02m$.

Pertanto il rivestimento spondale non risulta essere necessario.

Si provvederà ad effettuarlo solamente in corrispondenza degli imbocchi del tombino.

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo
	Foglio 17 di 23

8. OPERE IN ASSENZA DEL DEPOSITO DP06

In assenza del deposito DP06 l'intervento in progetto prevede la seguente sistemazione a carattere provvisorio: a valle del tombino scatolare si mantiene l'inalveazione di progetto in configurazione definitiva, mentre a monte del tombino scatolare si prevede il raccordo all'inalveazione esistente mediante un canale in terra di sezione trapezoidale $b=1.5\text{m}$, $B=3.3\text{m}$, $h=0.9\text{m}$.

La lunghezza complessiva della sistemazione in oggetto è pari a circa 35.5 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

$Q=2.6\text{ m}^3/\text{s}$

$I=1.5\%$

$K_s=30$

L'altezza di moto uniforme che ne deriva è pari a 0.62m, con una velocità pari a 2 m/s, il rapporto di riempimento è pari al 69% e un franco pari a 0.28 m.

9. OPERE PROVVISORIALI

Poiché il tombino di progetto non è in sede al canale esistente, la continuità idraulica è garantita anche durante le fasi realizzative dell'opera di attraversamento. Non risulta, quindi, necessario, realizzare opere idrauliche provvisorie.

10. CONCLUSIONI

L'intervento di sistemazione 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 in corrispondenza degli imbocchi mediante massi cementati mette al riparo da rischi di erosioni localizzate.

La pendenza longitudinale viene rettificata e portata a livelli inferiori a quella esistente allo scopo di contenere le velocità entro valori accettabili. La presenza di due manufatti di salto distanziati di 19 m serve a colmare il dislivello mantenendo delle pendenze adeguate.

In assenza del deposito DP05, si prevede la realizzazione di una inalveazione di raccordo con il canale esistente a monte del tombino scatolare in luogo ai tombini circolari $\phi 1500$.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-02-E-CV-RI-RI13-0X-002-A00.DOCX Relazione idraulica reticolo</p>	<p>Foglio 18 di 23</p>

11. ALLEGATO 1

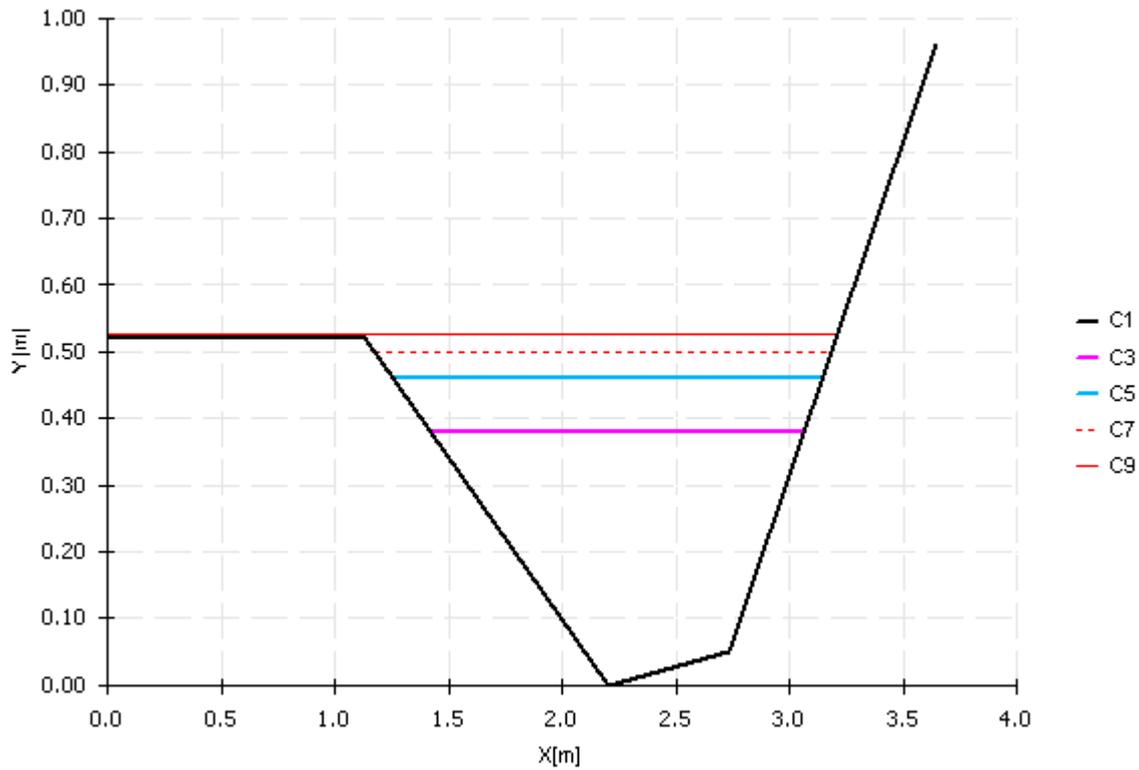
SCALE DI DEFLUSSO

Legenda.

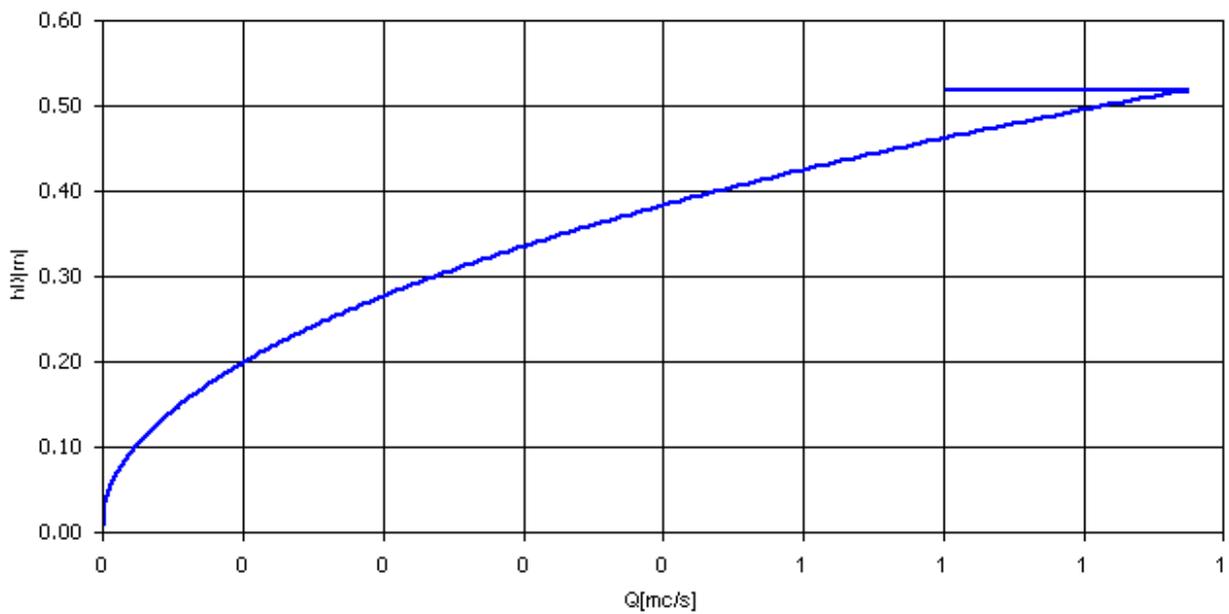
- C1 Alveo
- C3: Altezza critica (k)
- C5: Altezza di moto uniforme (ho)
- C7 Energia di moto uniforme
- C9 Energia critica

Stato di fatto

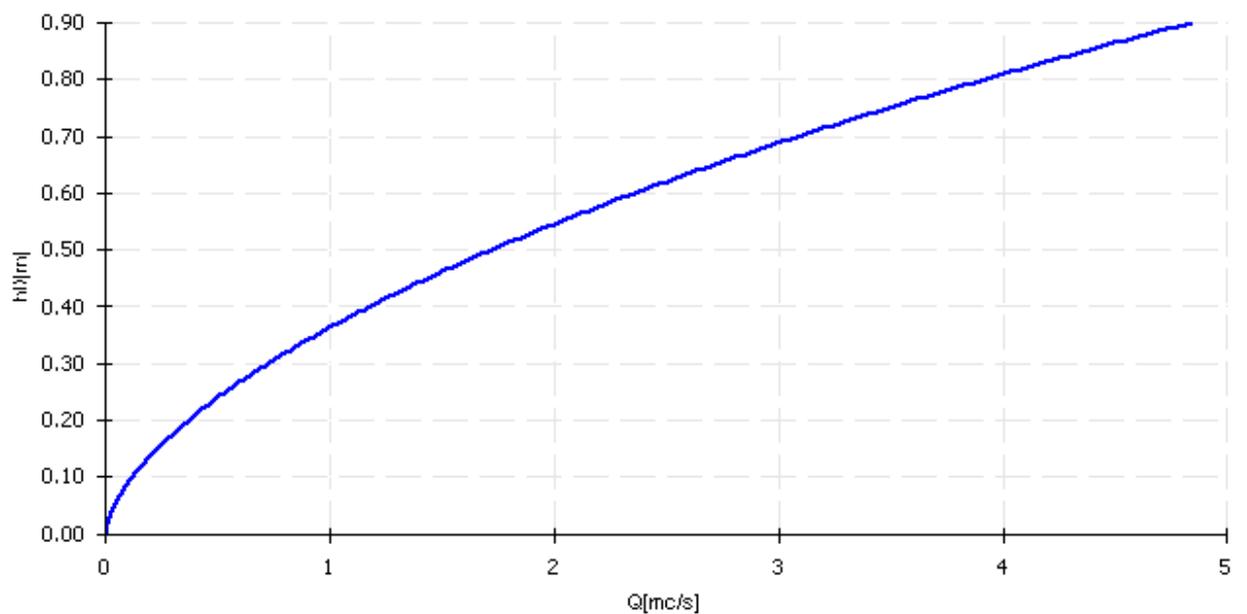
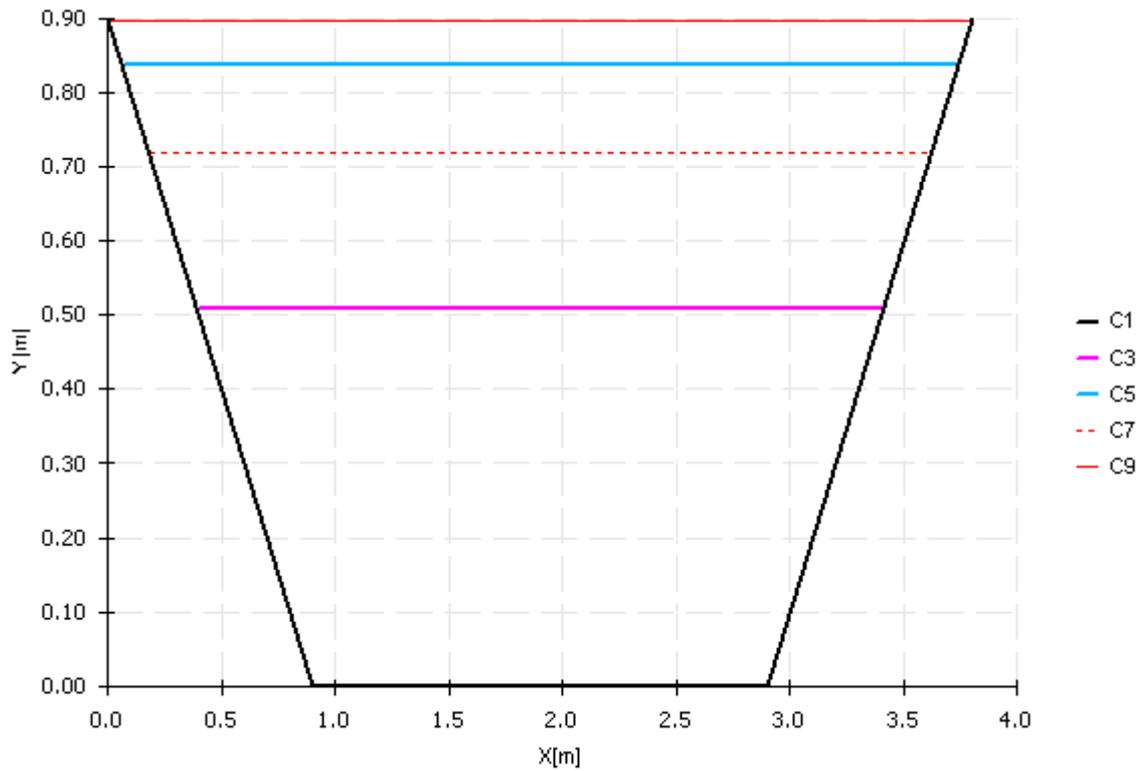
Sezione



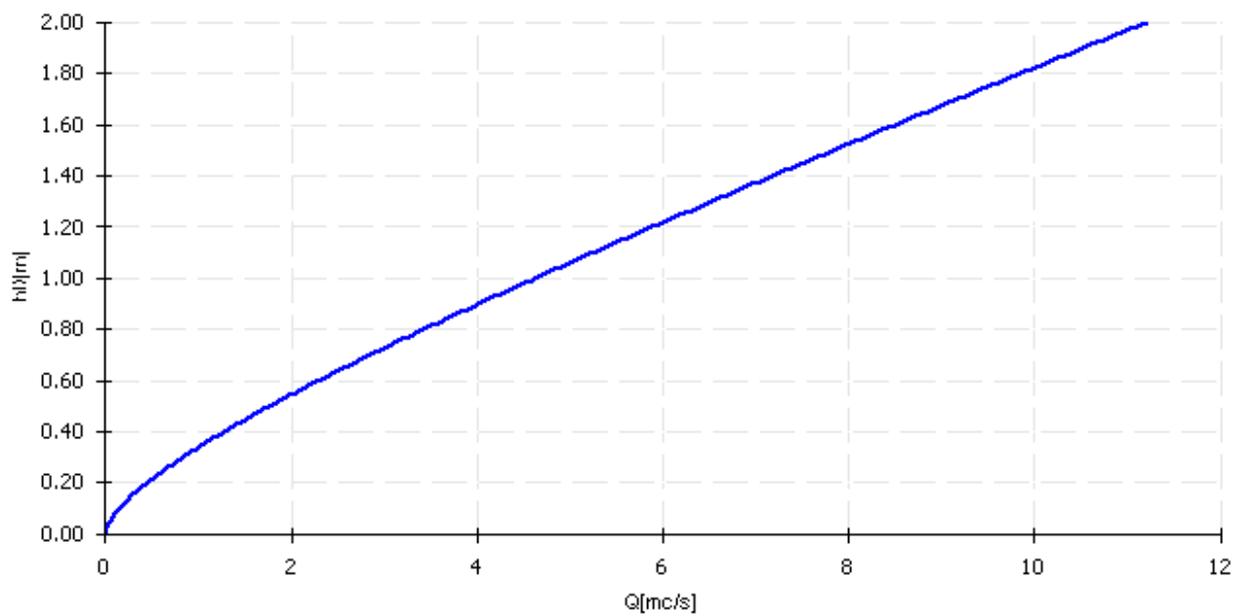
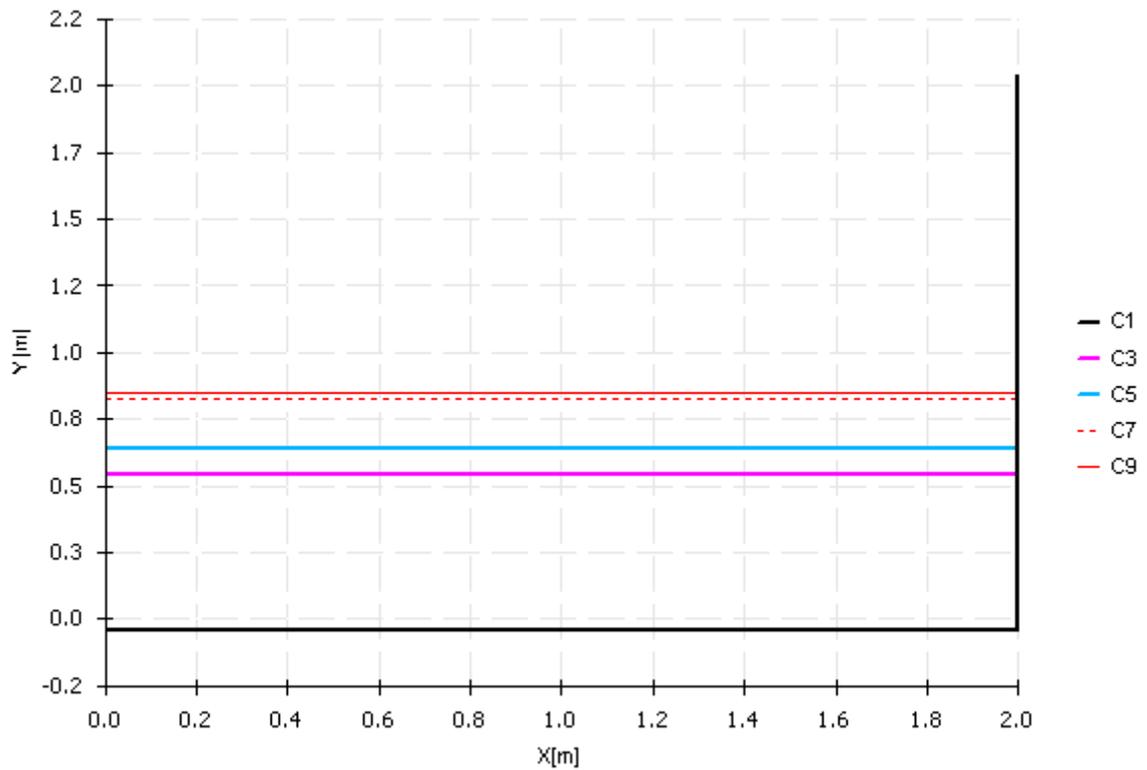
Scala delle portate

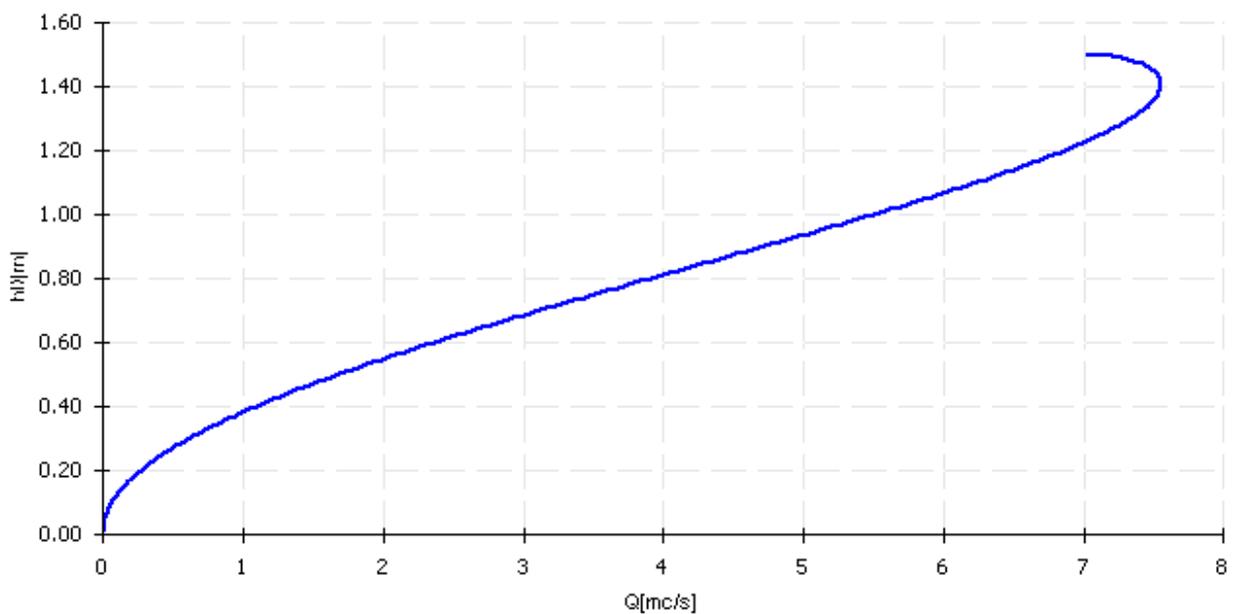
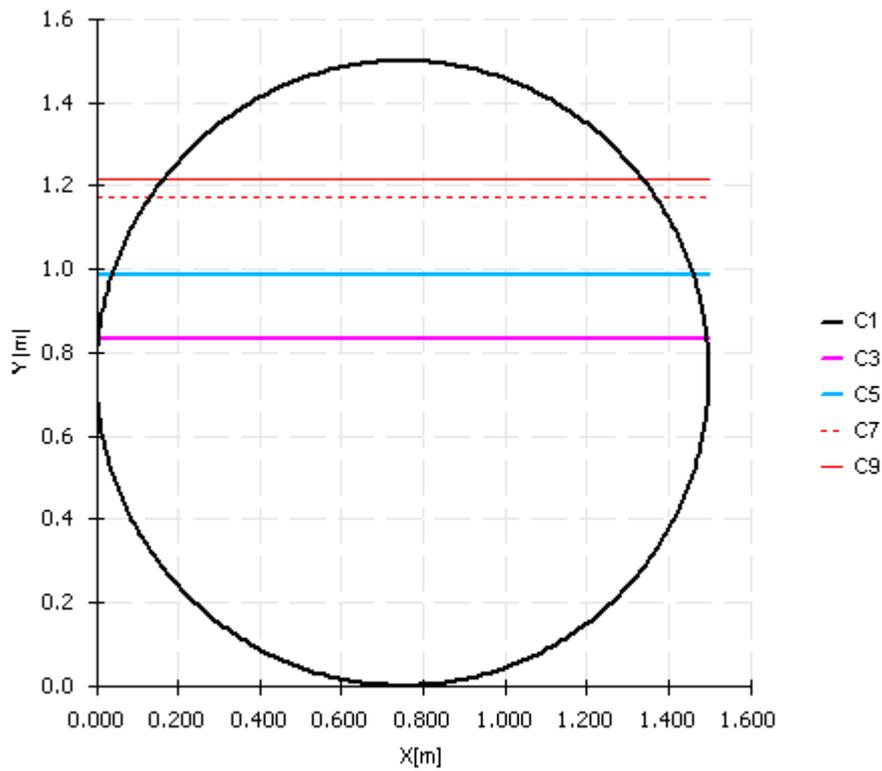


Sezione trapezoidale di progetto a valle del tombino scatolare



Tombino 2x2



Tombino circolare $\phi 1500$ 

Sezione trapezoidale di progetto a monte del tombino scatolare (in assenza del deposito DP06)

