

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA




PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A.
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L.
SACYR S.A.U.
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE

<p>IL PROGETTISTA</p> <p>Prof. Ing. G. Umiltà Ordine Ing. Palermo n°1729</p> <hr/>  <p>Ing. E. Pagani Ordine Ing. Milano n°15408</p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE PROJECT MANAGER (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale Ing. G. Fiammenghi</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato Dott. P. Ciucci</p>
--	--	--	--

Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"

		CZV0835_F0
<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI VERSANTE SICILIA	
<i>Tipo di sistema</i>	CANTIERI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE E PRODUZIONE INERTI	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	SITI RECUPERO AMBIENTALE	
<i>Titolo del documento</i>	SRA4 - RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA	

CODICE

C G 0 0 0 0 P R I V S C Z C 4 S D 7 0 0 0 0 0 0 1 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	08/06/2012	Emissione finale	E. FAZIO	P. COSENZA	G. UMITA'

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/05/2012

INDICE

INDICE	3
Premessa	5
1 Descrizione delle opere in progetto	5
2 Analisi Idrologica.....	6
2.1 Caratteristiche del bacino in studio	6
2.2 Inquadramento Pluviometrico dell'Area.....	7
2.2.1 Determinazione delle altezze di pioggia.....	7
2.2.2 Determinazione del tempo di corrivazione	9
2.3 Determinazione delle Portate di calcolo	10
3 Dimensionamento della rete di drenaggio	11
3.1 Sezioni Tipo.....	11
3.2 Verifica idraulica dei canali di drenaggio	12

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/05/2012

Premessa

La presente relazione riferisce in merito al dimensionamento delle opere idrauliche per il drenaggio delle acque meteoriche ricadenti nel sito di recupero denominato SRA4.

L'area oggetto d'interesse ricade nel territorio comunale di Valdina, e dal punto di vista idrologico interessa il bacino idrografico del Torrente Senia.

Nel seguito, dopo una breve descrizione delle opere idrauliche in progetto, si illustra:

- l'analisi idrologica preliminare finalizzata alla determinazione delle altezze di pioggia e le portate di progetto per vari tempi di ritorno;
- la verifica idraulica delle opere di regimazione delle acque superficiali.

1 Descrizione delle opere in progetto

Il sito di deposito SRA4 ha una capacità complessiva (in condizioni definitive), pari a circa 1.720.000 m³.

Il sito SRA4 ricade interamente nel bacino del torrente Senia, e l'estensione del sottobacino afferente è pari a circa 0,20 km².

Una superficie particolarmente estesa ha richiesto l'inserimento di numerosi canali di drenaggio, e due punti di rilascio differenti nel corpo idrico ricettore.

La sistemazione del sito è stata effettuata a doppia monta ("schiena d'asino"), consentendo lo sversamento delle acque sia nella zona Nord che in quella Sud dell'area.

In particolare, nel tratto montano della SRA4 è stato previsto un canale di gronda che intercetta tutte le acque provenienti dal versante montano, e quindi si ricollega alla parte valliva della rete posto a Nord.

Un altro canale di drenaggio è stato ubicato nella zona Sud del sito, e consentirà il recapito al Senia in un punto differente rispetto all'altro canale sopra descritto.

Infatti, la rete di drenaggio si compone di:

- **Canali di gronda**, posti a monte del sito, atti ad intercettare le acque provenienti dal versante montano del sottobacino e quindi evitare l'ingresso di queste acque all'interno dell'area di deposito;
- **Canali secondari**, direttamente ubicati all'interno del sito, che intercettano le acque di scorrimento sul corpo della discarica;
- **Canali principali**, che si sviluppano parallelamente al sito di recupero (a monte ed a valle),

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/05/2012

nei quali vengono destinate le acque provenienti dai canali secondari e/o di gronda.

La rete di drenaggio così schematizzata consente, nel suo complesso, d'intercettare tutte le acque meteoriche ricadenti nel relativo bacino di calcolo e di trasportarle al corpo idrico ricettore finale, ossia il Torrente Senia.

2 Analisi Idrologica

Il dimensionamento del reticolo di regimazione delle acque superficiali necessita dello studio delle caratteristiche idrologiche dell'area, e quindi della determinazione delle portate di calcolo.

Per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica, si è fatto riferimento allo studio idrologico condotto per la sistemazione del Torrente Senia, che contiene tutte le grandezze significative allo scopo.

Sulla base delle caratteristiche morfometriche del bacino, e determinate le curve di probabilità pluviometrica, si è proceduto al calcolo delle portate di piena per vari tempi di ritorno.

2.1 Caratteristiche del bacino in studio

Il torrente Senia si sviluppa per circa 5.1 km all'interno di un bacino con estensione pari 3.42 km² (quota massima dell'asta a 333 m s.l.m.m.)

Il bacino fa parte di un gruppo di bacini delimitati a nord dal bacino del torrente Saponara e a sud dal bacino del torrente Niceto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/05/2012

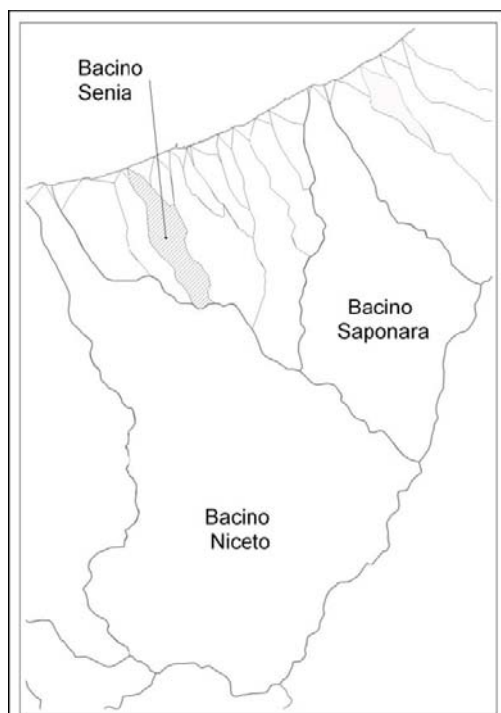


Figura 2.1 – Bacini idrografici dei torrenti Caracciolo e Senia.

Nel tratto vallivo del bacino sono presenti vari insediamenti urbani ed, inoltre, importanti infrastrutture viarie: l'asta principale è attraversata dai ponti della S.S. 113, della linea ferroviaria ME-PA, dell'autostrada A20 ME-PA.

In questa fase di studio si è proceduto ad effettuare numerosi sopralluoghi di dettaglio per rilevare i principali attraversamenti presenti lungo l'asta principale e valutare le condizioni attuali del sistema idrografico.

2.2 Inquadramento Pluviometrico dell'Area

2.2.1 Determinazione delle altezze di pioggia

Le stazioni pluviometriche in prossimità del bacino, per cui si dispone di serie di dati di lunghezza significativa, sono: Milazzo, Monforte S. G. e Calvaruso (rete Osservatorio delle Acque). Da un'analisi dell'influenza di tali stazioni (tramite il metodo Inverse Distance Weighted) sull'area d'interesse, si è ricavato che la stazione di Milazzo ha peso trascurabile. E' stata quindi effettuata un'analisi delle precipitazioni intense delle stazioni pluviometriche Monforte S. G. e Calvaruso. Per

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/05/2012

tali stazioni si hanno a disposizione i dati dei massimi annuali di precipitazione per le durate 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per i periodi riportati nella Tabella 2.1.

Tabella 2.1. Stazioni pluviometriche considerate.

Codice ODA	Nome	Quota [m s.m.m.]	Attiva	Anno inizio	Anno fine	N° Oss.
10	Calvaruso	135	no	1972	2002	16
40	Monforte S. G.	320	no	1971	2002	31

A tali serie di dati sono stati adattati vari modelli probabilistici (Gumbel, Generalized Extreme Value, Gumbel Scala Invariante Modello e GEV Scala Invariante). In particolare, alla luce del ridotto tempo di corrvazione, l'invarianza di scala è stata ipotizzata per l'intervallo di durata 1-6 ore.

Il modello GEV Scala Invariante è quello che meglio si presta ad interpretare i dati, come risulta da test statistici applicati e dall'esame dei grafici di Figura 2.2.

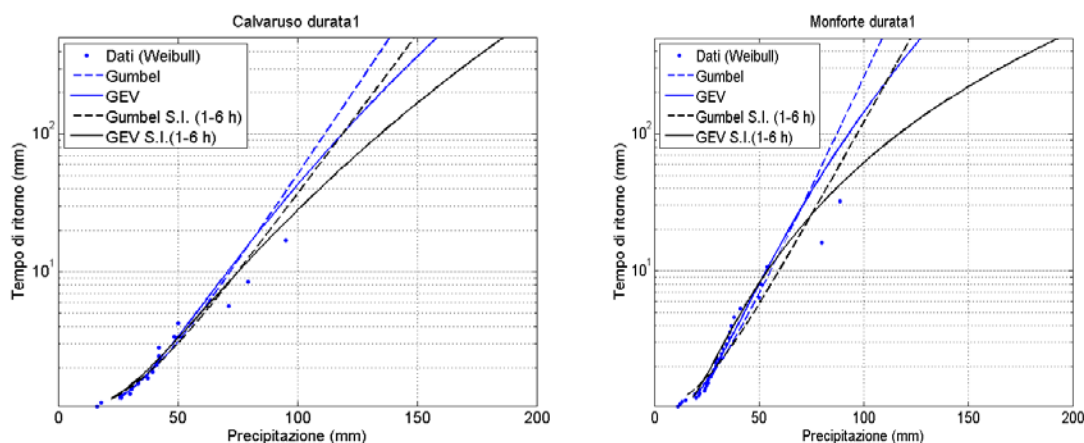


Figura 2.2 Bontà di adattamento di varie distribuzioni ai massimi annuali di durata un'ora.

Per le curve di probabilità pluviometrica è stata utilizzata l'espressione monomia

$$h=at^n$$

essendo h l'altezza di pioggia in mm, t la durata in ore e a ed n parametri dipendenti dal tempo di ritorno.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/05/2012

Dal modello GEV Scala Invariante risultano i valori del parametro a delle curve di probabilità pluviometrica riportati in Tabella 2.II, per vari tempi di ritorno. Per il calcolo delle portate al colmo è stato impiegato il valore di media pesata tra le precipitazioni relative alle singole stazioni, secondo i pesi (determinati tramite spazializzazione IDW) riportati nella stessa tabella.

Tabella 2.II. Parametro a delle curve di probabilità pluviometrica per vari tempi di ritorno

Stazione	PESO	Tempo di ritorno (anni)							
		2	10	20	30	50	100	200	300
<i>Calvaruso</i>	<i>0.44</i>	<i>38.19</i>	<i>75.23</i>	<i>91.70</i>	<i>101.83</i>	<i>115.20</i>	<i>134.58</i>	<i>155.54</i>	<i>168.60</i>
<i>Monforte S.G.</i>	<i>0.56</i>	<i>27.27</i>	<i>54.15</i>	<i>69.05</i>	<i>79.16</i>	<i>93.66</i>	<i>117.06</i>	<i>145.68</i>	<i>165.31</i>
Media pesata		32.07	63.43	79.02	89.13	103.14	124.77	150.02	166.76

Come emerge dai paragrafi seguenti, il tempo di corrivazione del sottobacino SRA4 (la cui superficie è pari a circa 0.20 km²) è inferiore all'ora, pertanto per una corretta stima dell'altezza di pioggia sarà necessario adottare la nota formula di Bell:

$$h_{t,Tr} = h_{60,Tr} \cdot (t/60)^s$$

in cui:

- $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia associata ad un evento meteorico di durata inferiore all'ora pari a t , ed al tempo di ritorno Tr ;
- $h_{60,T}$ è l'altezza di pioggia oraria per dato tempo di ritorno Tr ;
- s è un coefficiente variabile, che per la Sicilia assume il valore pari a 0,386 (Vito Ferro)

2.2.2 Determinazione del tempo di corrivazione

La stima del tempo di corrivazione (t_c) è strettamente dipendente dalle caratteristiche morfologiche del bacino, e per la sua determinazione sono state adottate diverse espressioni tutte tarate per bacini di piccole dimensioni.

In particolare si è proceduto all'impiego delle seguenti espressioni, con ovvio significato dei simboli:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/05/2012	

- Kirpich $tc = 0.066 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$
- Pezzoli $tc = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$
- Viparelli $tc = \frac{L}{v}$ "v" è la velocità fittizia pari a 1.2 m/s
- Pasini $tc = 0.108 \frac{(AL)^{1/3}}{i^{0.5}}$
- Ventura $tc = 0.1272 \frac{A^{0.5}}{i^{0.5}}$
- Di Stefano e Ferro $tc = 0.3716A^{0.6}$

Dall'applicazione delle suddette espressioni sono stati ricavati i valori del tempo di corrivazione (tc), e quindi si è assunto il valore medio quale parametro da porre a base dei calcoli idraulici.

Tempo di corrivazione:			
Pasini	tc=	13.03 minuti	0.22 ore
Kirpich	tc=	9.36 minuti	0.16 ore
Viparelli: Velocità=	1.20 m/sec	tc=	11.53 minuti 0.19 ore
Pezzoli	tc=	10.02 minuti	0.17 ore
Ventura	tc=	12.49 minuti	0.21 ore
Di Stefano e Ferro	tc=	8.49 minuti	0.14 ore
MEDIA	tc=	10.82 minuti	0.18 ore

Tempo di corrivazione del sottobacino SRA4

2.3 Determinazione delle Portate di calcolo

Sulla base dei parametri sopra determinati, per il calcolo delle portate di progetto si è adottata la nota formula razionale, che ben si presta per i piccoli bacini.

$$Q_{\max,T} = \frac{\Phi \cdot A \cdot h_{Tr}}{360 \cdot t_c}$$

Essendo:

- A l'area del bacino in ha;
- h_{Tr} l'altezza di pioggia in mm di durata pari al tempo di corrivazione, per il tempo di ritorno T_r ;
- t_c il tempo di corrivazione espresso in ore;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
		SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx	<i>Rev</i> F0

- Φ il coefficiente di deflusso (assunto pari a 0.70).

Nella seguente tabella si riportano i valori delle portate di piena, al variare del tempo di ritorno Tr:

Deflusso	C= 0.70		MEDIA				Coeff. Udometrico
	a	n	tc	h	ic	Q	Coeff. Udom.
Tr	[mm]	--	[h]	[mm]	[mm/h]	[m ³ /s]	[m ³ /s x km ²]
10	63.43	0.3860	0.18	32.74	181.58	7.06	35.31
20	79.02	0.3860	0.18	40.79	226.20	8.80	43.98
50	103.14	0.3860	0.18	53.24	295.25	11.48	57.41
100	124.77	0.3860	0.18	64.41	357.17	13.89	69.45
200	150.02	0.3860	0.18	77.45	429.45	16.70	83.50
300	166.76	0.3860	0.18	86.09	477.37	18.56	92.82

Portate di Piena

Ai fini del dimensionamento della rete di drenaggio si è adottato un valore del tempo di ritorno pari a 50 anni.

Inoltre, la suddetta tabella riporta il coefficiente udometrico (portata di piena sull'unità di superficie) che è stato adottato per la determinazione delle portate di calcolo relative a ciascun lato della rete dei canali di drenaggio.

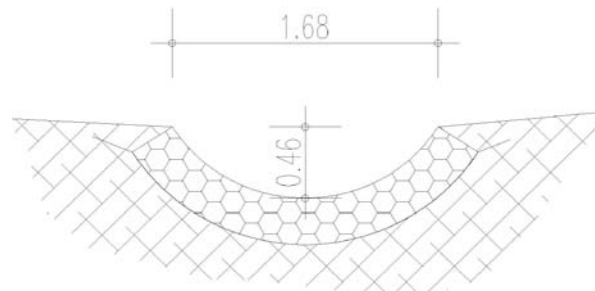
3 Dimensionamento della rete di drenaggio

3.1 Sezioni Tipo

Come chiaramente illustrato negli elaborati grafici, il sistema di drenaggio prevede 2 tipologie di sezioni differenti.

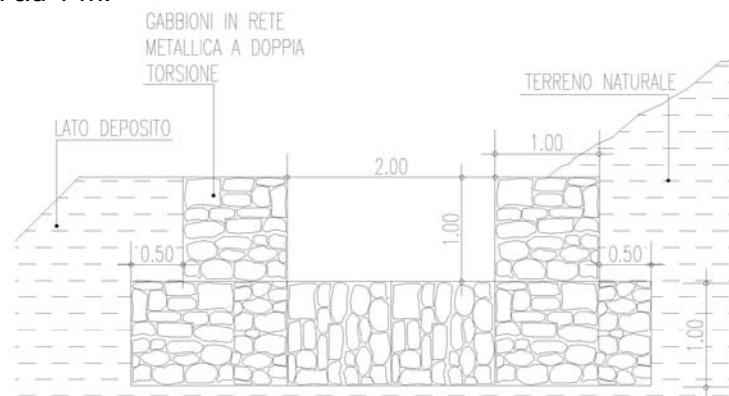
- **Sezione tipo "1"** - Cunetta di intercettazione primaria delle acque superficiali. Si tratta di una struttura con sezione semiellittica, costituita da elementi di materasso tipo "Reno" adagiati in uno scavo di alloggiamento minimo. La lunghezza, misurata sull'arco, è pari a quella del materasso (2.0m). La profondità non supera i 50 cm. La struttura, separata dall'incavo di appoggio mediante la posa di un materasso bentonitico dello spessore di 30 mm, consente il deflusso ipodermico delle portate ordinarie e medie, che avviene con velocità assai contenute, trovandosi l'acqua a scorrere nel labirinto costituito dai ciottoli di riempimento del materasso "Reno". La sagoma comunque assicura la disponibilità di una sezione "libera" che viene percorsa dalle acque qualora queste, data l'entità delle portate, non riescano a raggiungere la zona di deflusso ipodermico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito	
SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Codice documento CZV0835_F0.docx	Rev F0	Data 08/05/2012



Sezione Tipo 1

- **Sezione tipo “3”** - Si tratta di una cunetta realizzata in materassi tipo “Reno”, con larghezza del fondo pari a 2m (dimensione materasso), e sezione rettangolare con altezza massima pari ad 1 m.



Sezione Tipo 3

3.2 Verifica idraulica dei canali di drenaggio

La verifica idraulica dei canali è stata condotta con riferimenti ai tratti più svantaggiati, considerando: la portata di piena, e la pendenza longitudinale dell'opera.

La portata di pioggia che confluisce ad ogni canale è stata calcolata come il prodotto tra il coefficiente udometrico (sopra richiamato) e l'area della superficie scolante pertinente al canale in esame:

$$Q_i = u \cdot S_i$$

La verifica idraulica è stata condotta in condizioni di moto uniforme adottando la relazione di Chezy nella forma:

$$Q_i = K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot A$$

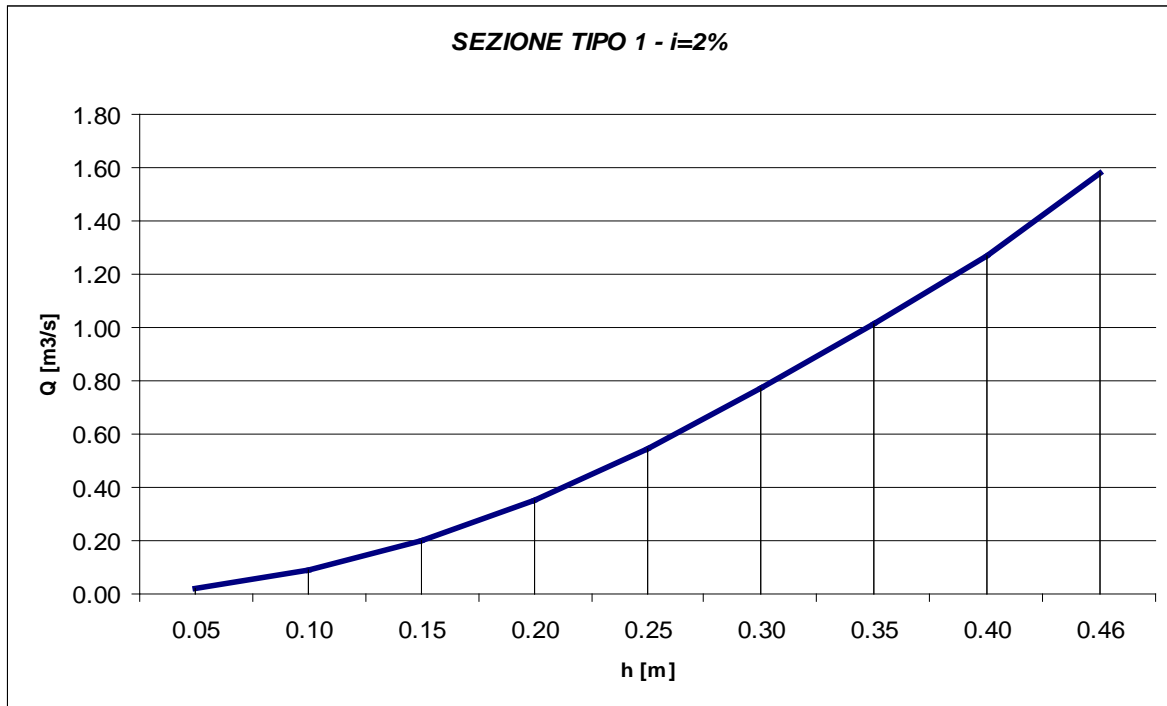
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/05/2012

nella quale:

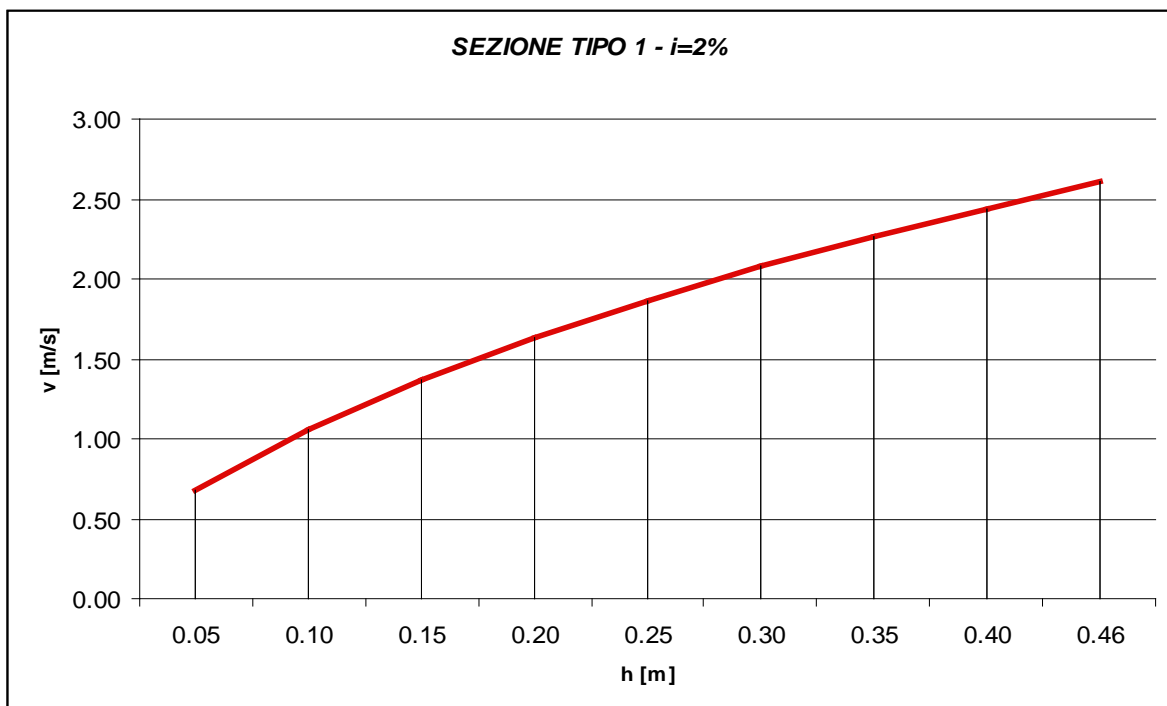
- K_s è il coefficiente di resistenza secondo Gauckler Strickler pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- R il raggio idraulico (m);
- A l'area della sezione bagnata (m^2);
- i la pendenza longitudinale del canale (%). I valori limite imposti sono lo 1,5% ed il 15%.
Ove necessario, per garantire il rispetto di tali condizioni, si è prevista l'interposizione di salti di fondo da realizzare in gabbioni.

Mediante la suddetta espressione di Chezy, si è proceduto al tracciamento delle curve **$h-Q$** (tirante idraulico – portata di deflusso), e **$h-v$** (tirante idraulico – velocità della corrente), al variare della pendenza longitudinale del canale.

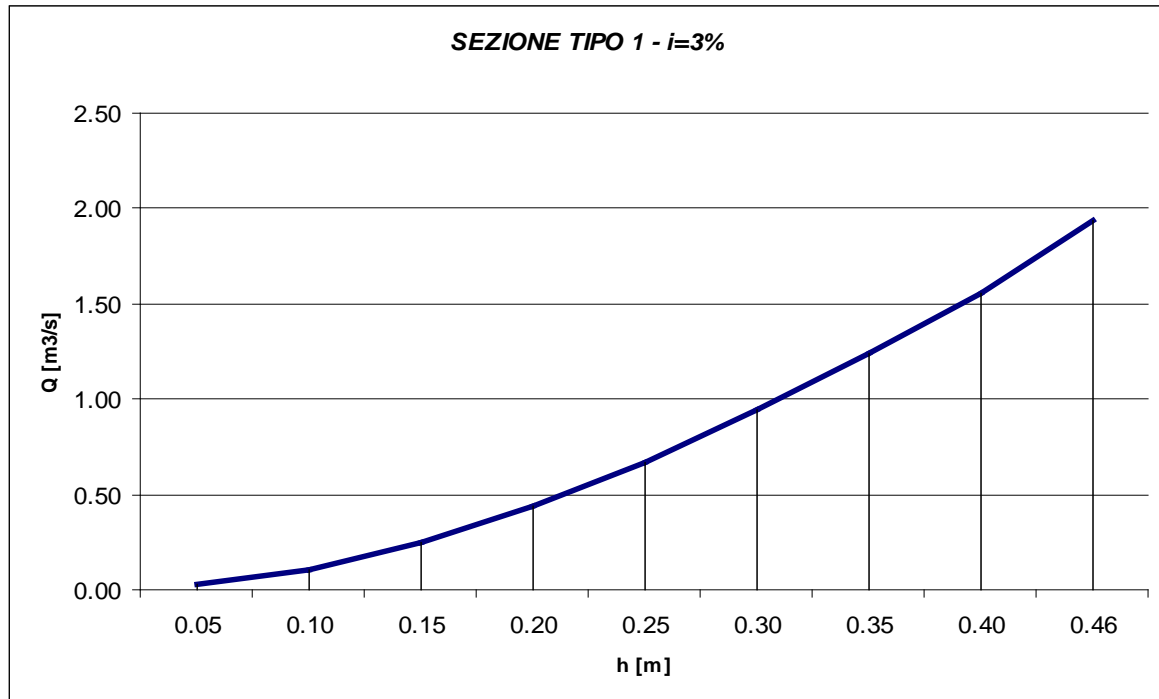
Nei seguenti diagrammi si riportano le suddette curve per le sezioni tipo impiegate.



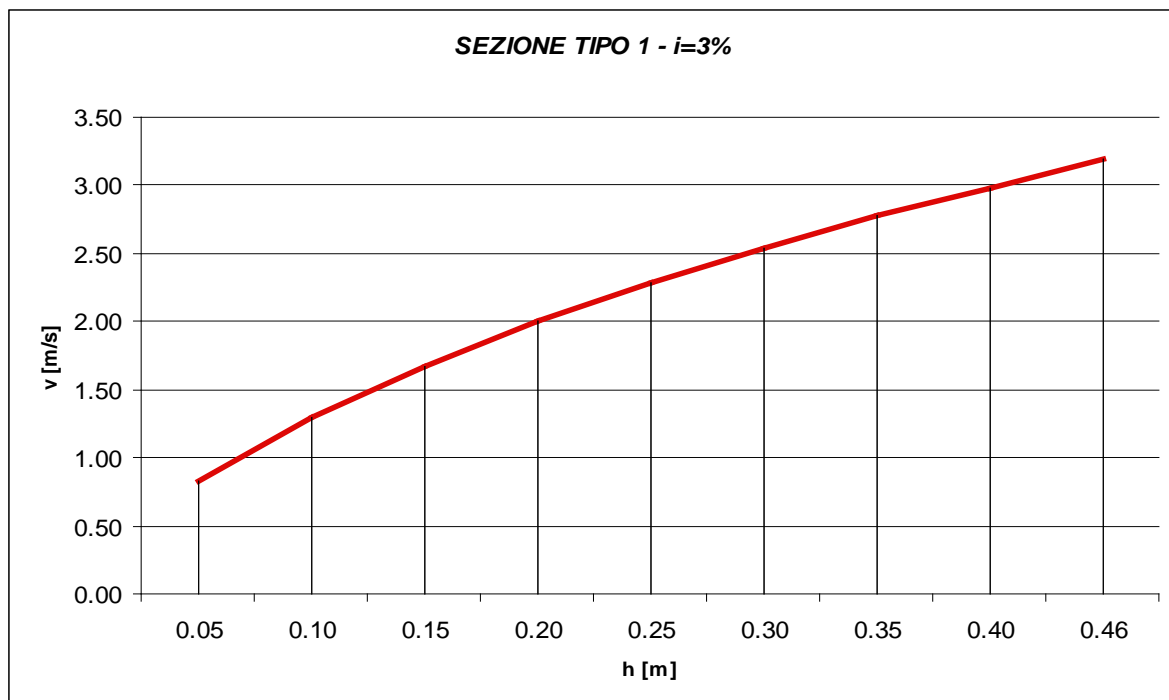
Sezione Tipo 1 – $i=2\%$ - Scala delle Portate



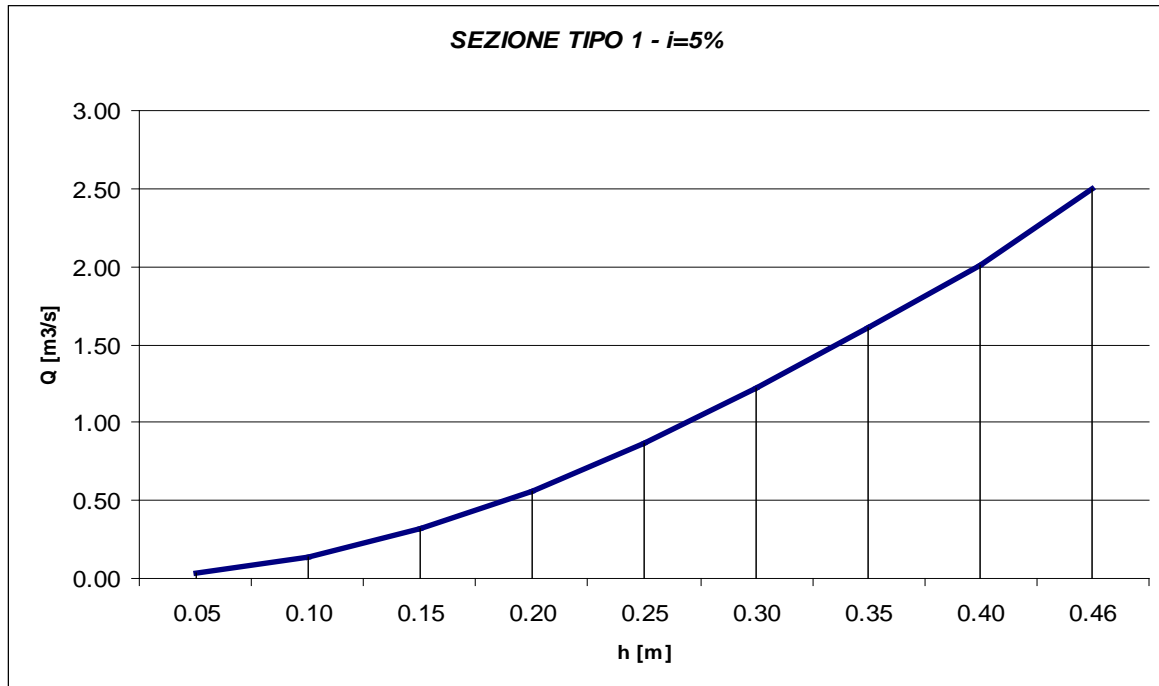
Sezione Tipo 1 – $i=2\%$ - Scala delle Velocità



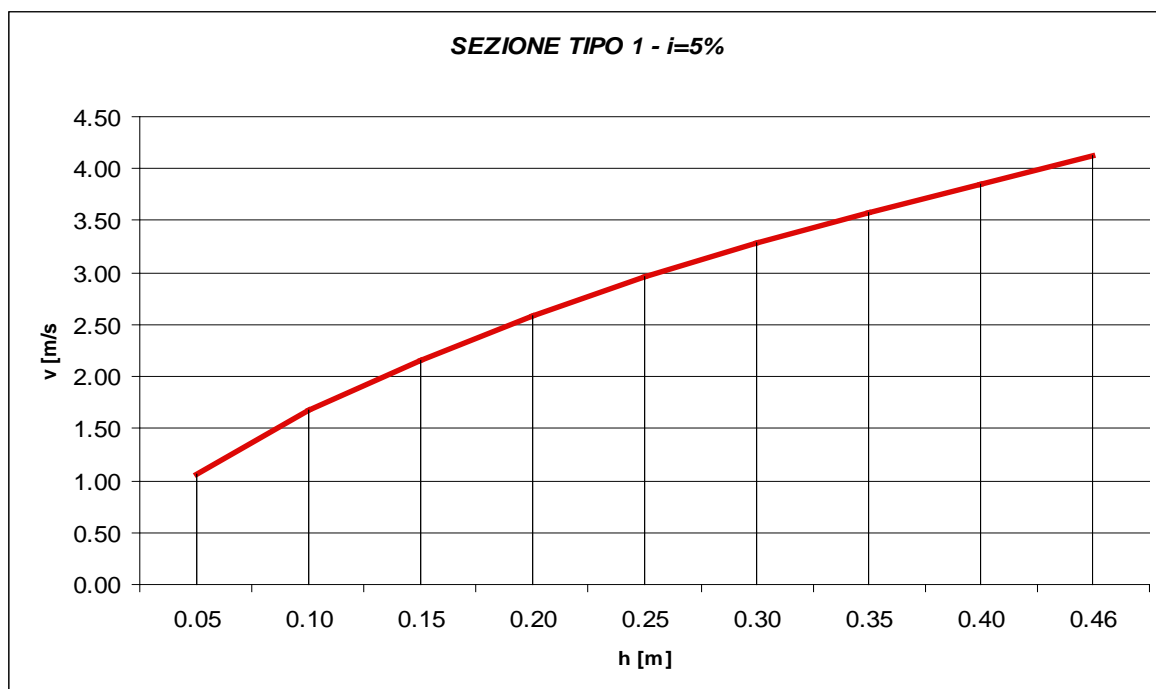
Sezione Tipo 1 – $i= 3\%$ - Scala delle Portate



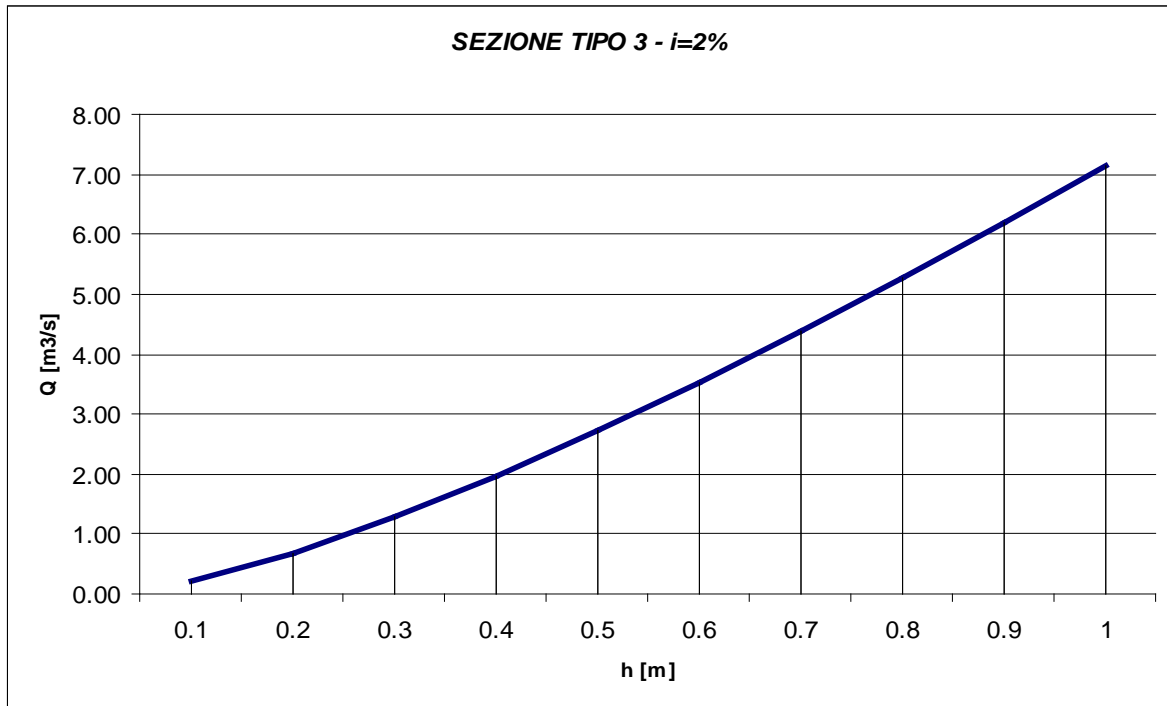
Sezione Tipo 1 – $i= 3\%$ - Scala delle Velocità



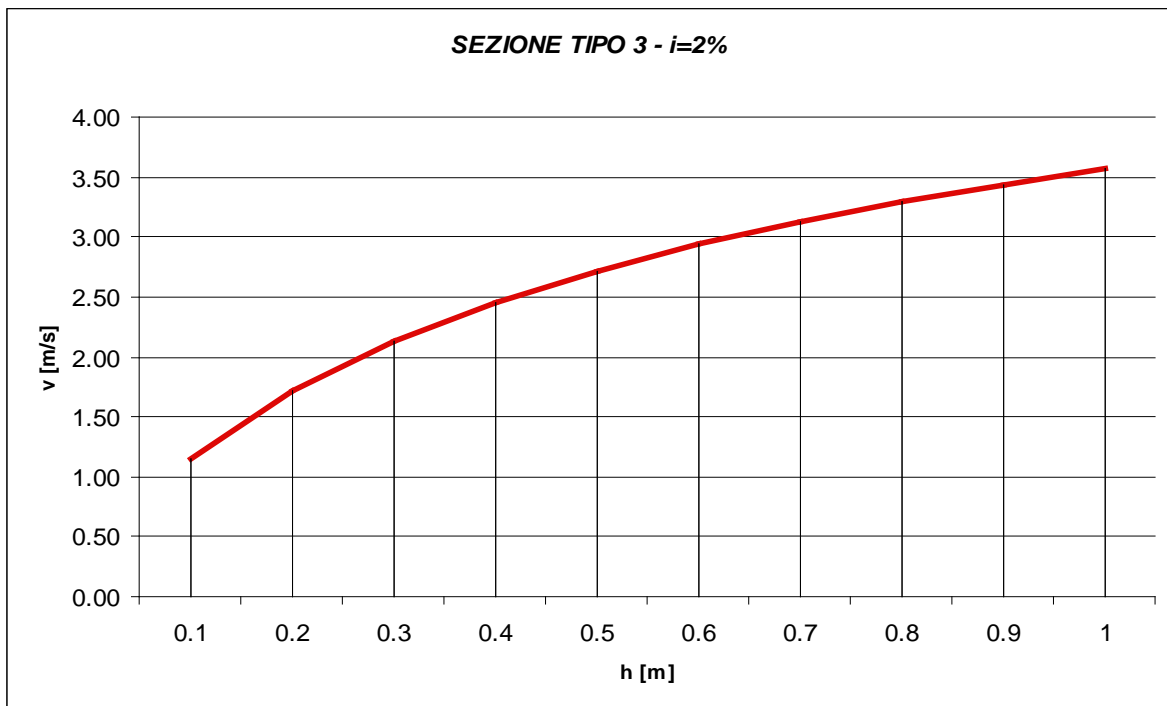
Sezione Tipo 1 – $i= 5\%$ - Scala delle Portate



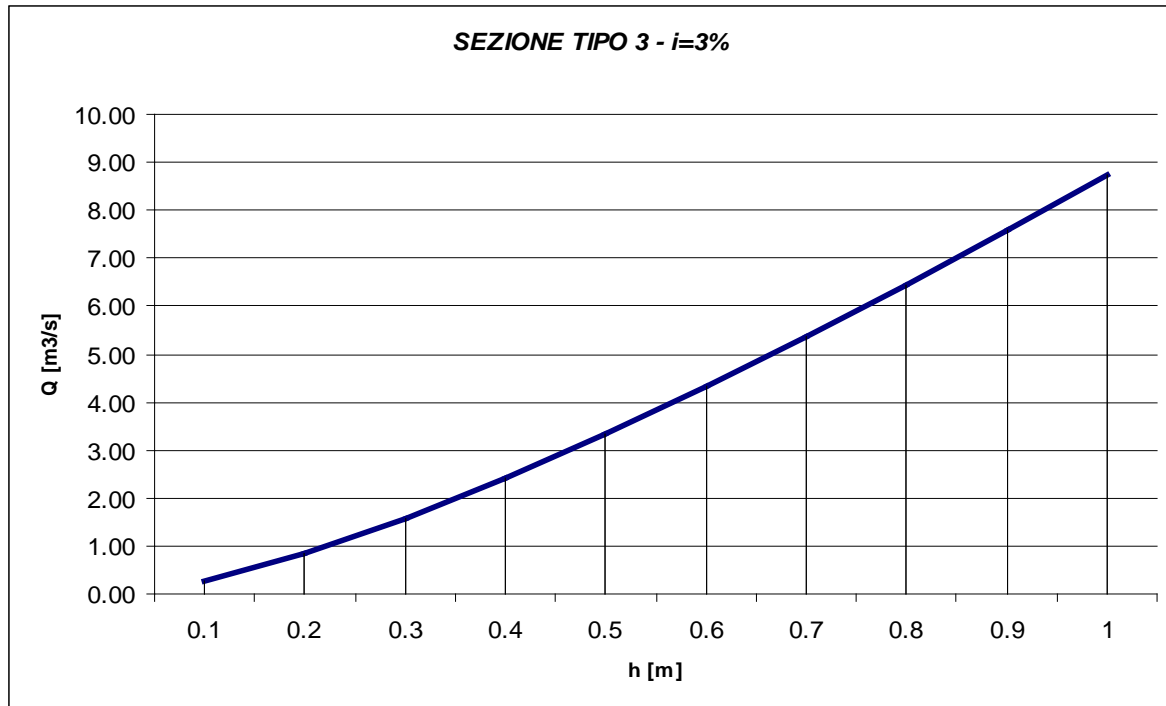
Sezione Tipo 1 – $i= 5\%$ - Scala delle Velocità



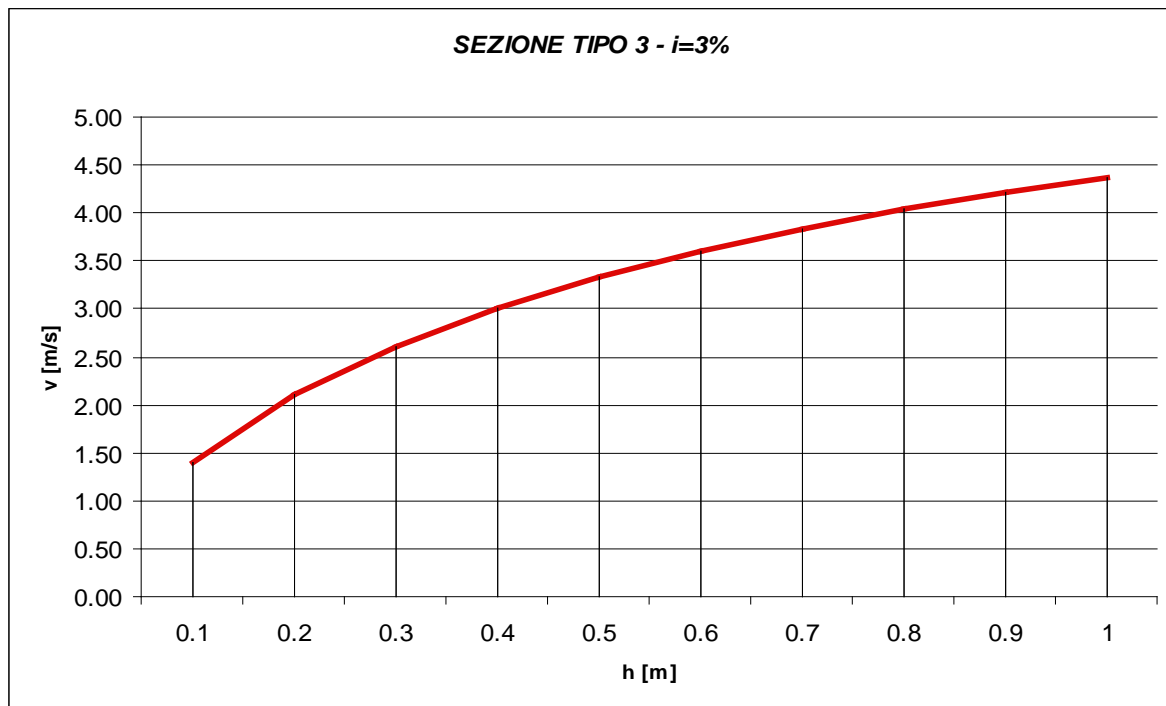
Sezione Tipo 3 – i= 2% - Scala delle Portate



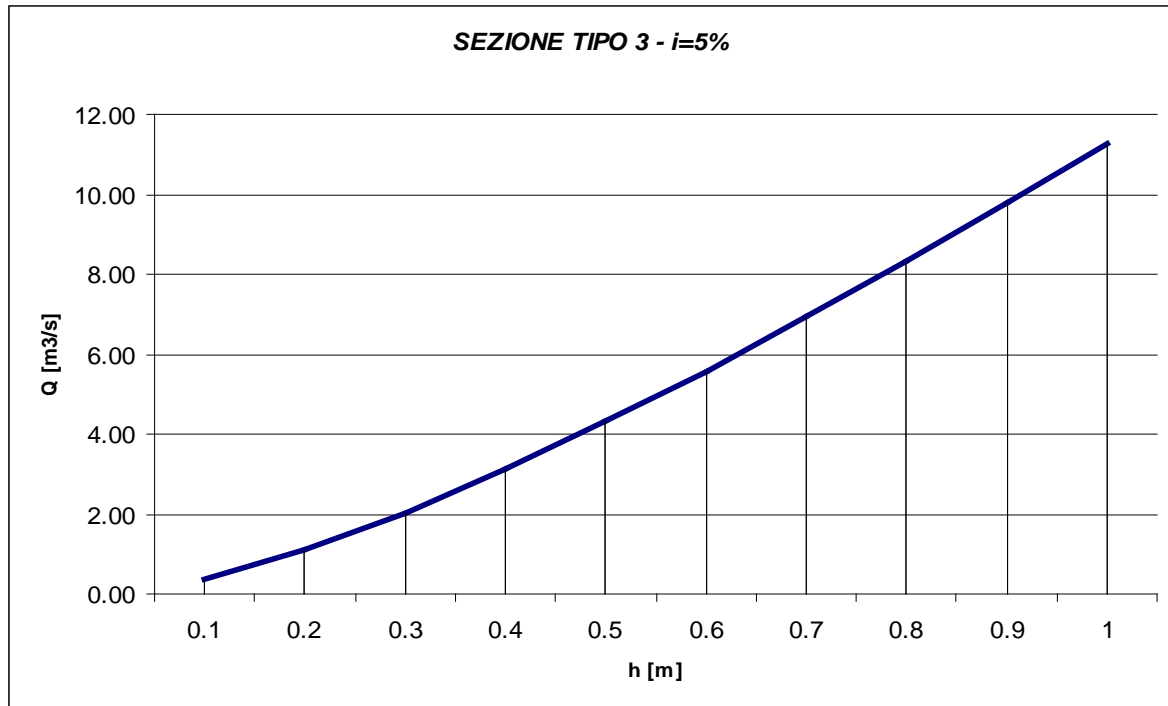
Sezione Tipo 3 – i= 2% - Scala delle Velocità



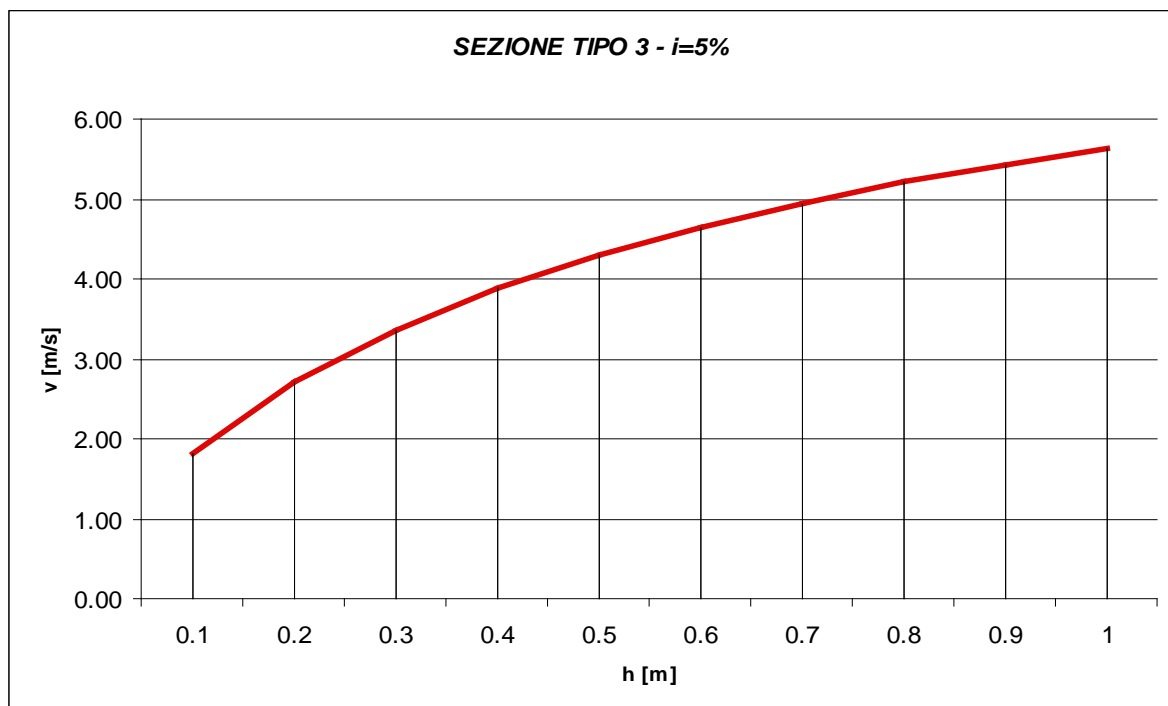
Sezione Tipo 3 – $i=3\%$ - Scala delle Portate



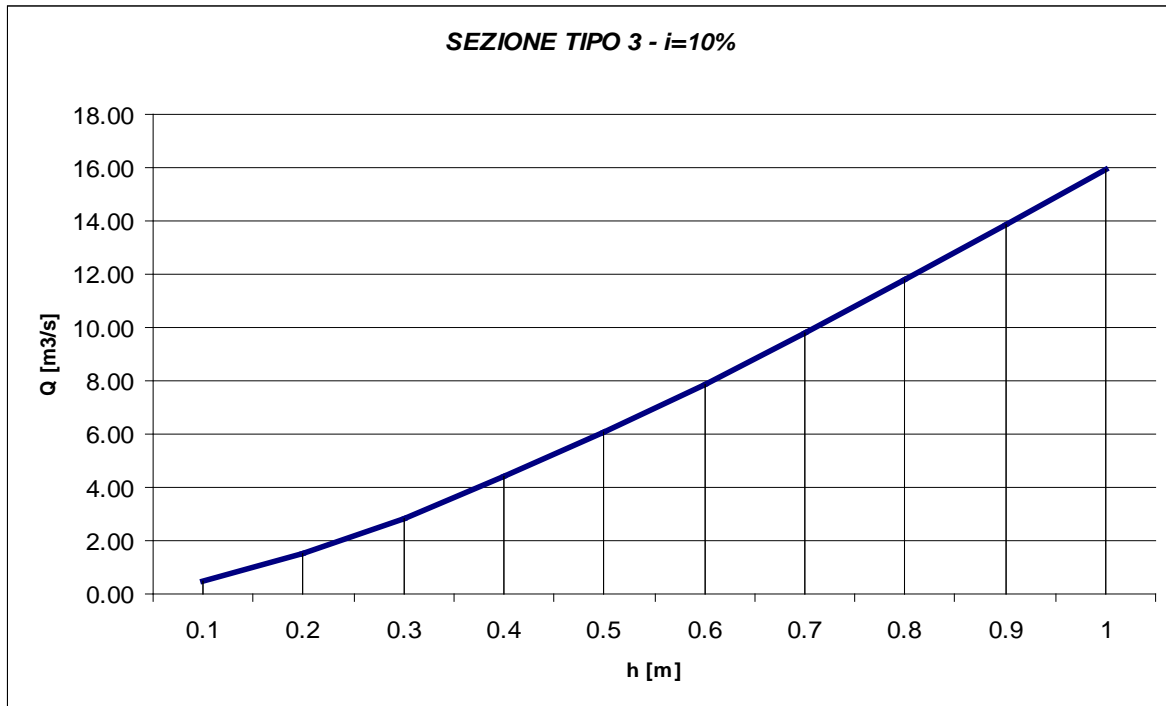
Sezione Tipo 3 – $i=3\%$ - Scala delle Velocità



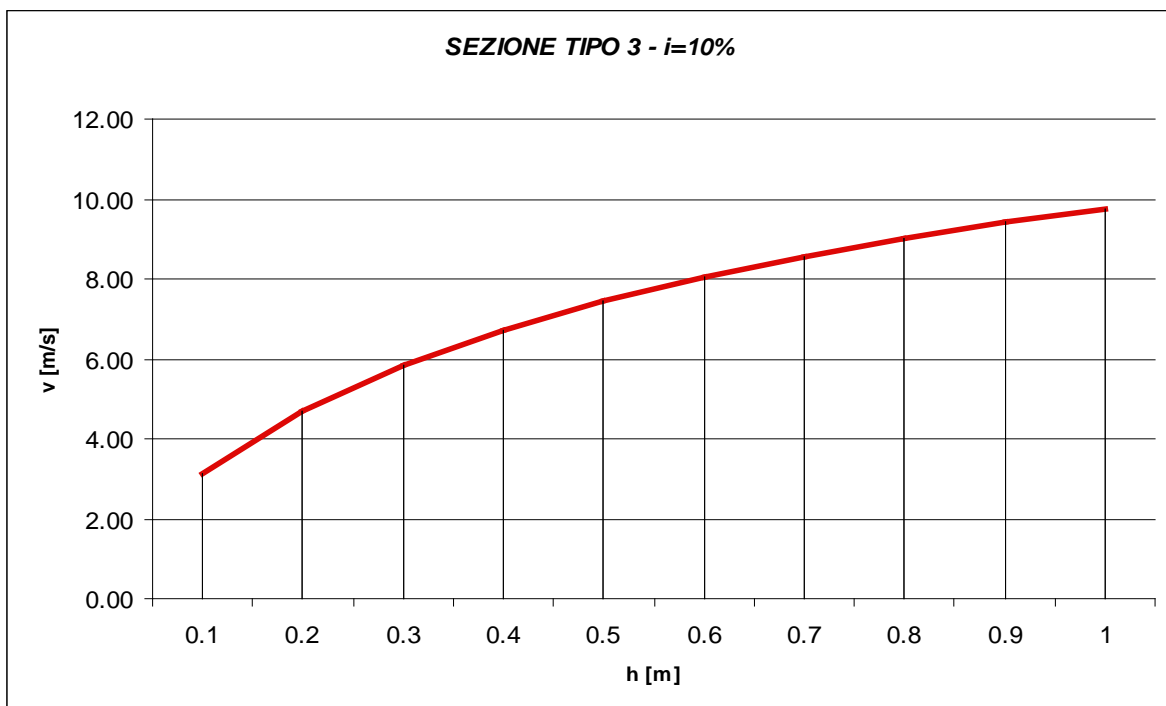
Sezione Tipo 3 – $i=5\%$ - Scala delle Portate



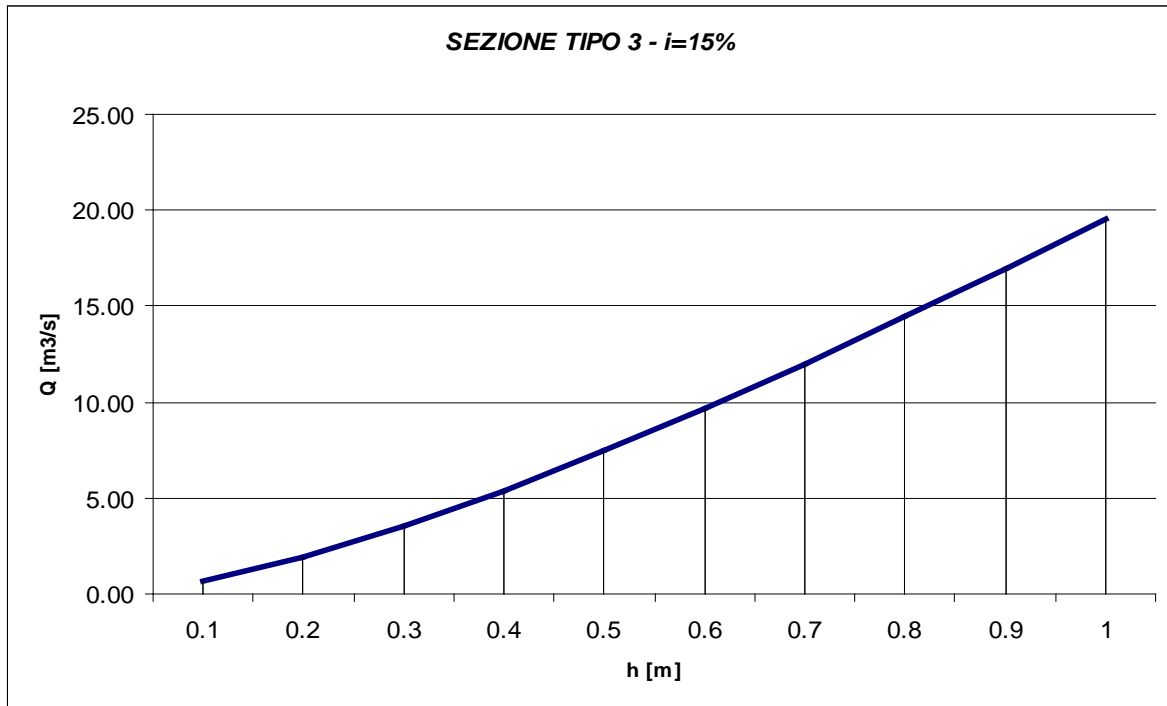
Sezione Tipo 3 – $i=5\%$ - Scala delle Velocità



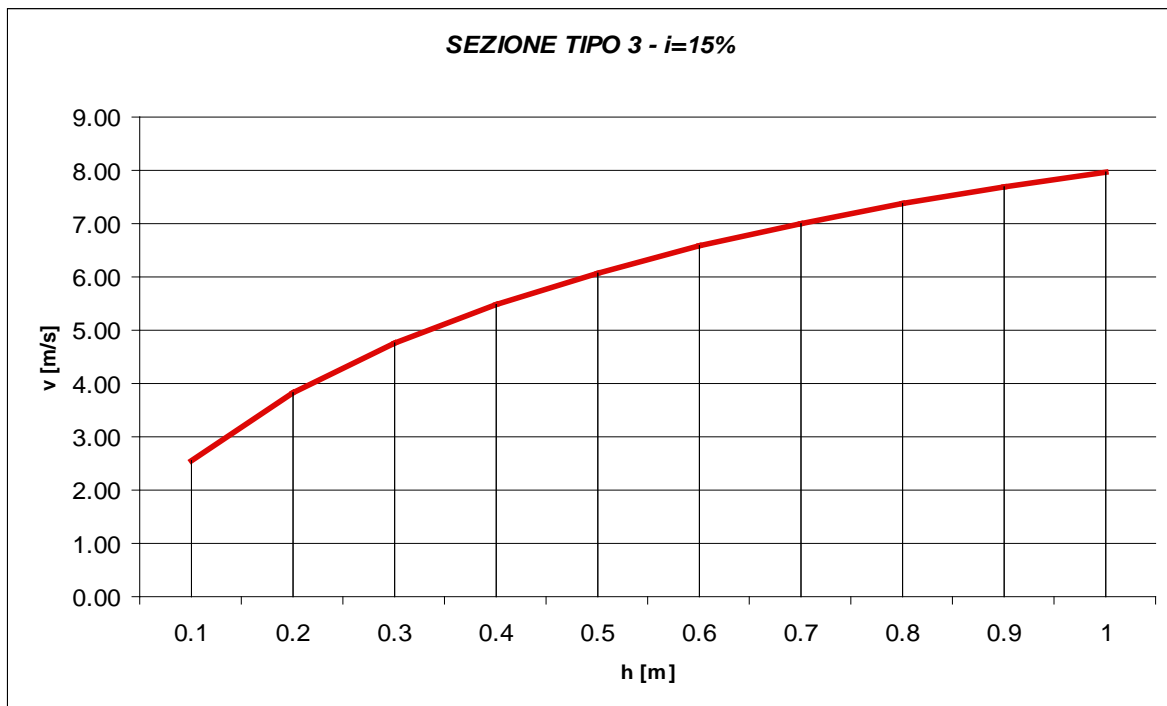
Sezione Tipo 3 – $i= 10\%$ - Scala delle Portate



Sezione Tipo 3 – $i= 10\%$ - Scala delle Velocità



Sezione Tipo 3 – $i= 15\%$ - Scala delle Portate



Sezione Tipo 3 – $i= 15\%$ - Scala delle Velocità

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO Variante siti alternativi di deposito		
		SRA4 – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CZV0835_F0.docx	<i>Rev</i> F0

Sulla base della capacità di trasporto dei canali di progetto, illustrata in forma grafica nelle immagini precedenti, si è proceduto alla verifica di ciascun tratto della rete di drenaggio.

Nelle seguenti tabelle si riportano i calcoli di verifica effettuati, dalle quali si evince che le verifiche sono pienamente soddisfatte.

SEZIONE TIPO "1"									
Tratto	Superficie	Portata di Calcolo	Pendenza	H	a'	A	P	R	v
	m ²	m ³ /s	%	[m]	[m]	m ²	[m]	[m]	[m/s]
A1-A2	7 769	0.45	2.00%	0.22	0.72	0.25	1.59	0.16	1.75
A2-A3	32 374	1.86	3.00%	0.45	0.84	0.59	2.07	0.29	3.15

Tabella 3.1. Verifica del canale tipo 1

SEZIONE TIPO "3"									
Tratto	Superficie	Portata di Calcolo	Pendenza	H	B [m]	A [m ²]	P [m]	R [m]	v [m/s]
	m ²	m ³ /s	%	[m]	[m]	m ²	[m]	[m]	[m/s]
A3-A8	54 794	3.15	2.00%	0.55	2.00	1.11	3.11	0.36	2.84
A4-A5	74 824	4.30	2.00%	0.69	2.00	1.38	3.38	0.41	3.11
A6-A7	74 344	4.27	2.00%	0.69	2.00	1.37	3.37	0.41	3.11

Tabella 3.2. Verifica del canale tipo 3