

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

SOTTOPASSO FERROVIARIO BRETTELLA A7/A26 KM 44+191.450

Relazione idraulica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv 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	G A 1 N 0 X	0 0 1	A

Progettazione:

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	D. Fanti 	12/07/2013	S. Fuoco 	16/07/2013	A. Palomba 	18/07/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-RI-GA1N-0-X-001-A00.DOCX
-----------	---

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RI-GA1N-0-X-001 Relazione idraulica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 15</p>

INDICE

1.	INTRODUZIONE	5
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1.	Normative, raccomandazioni, linee guida.....	6
2.2.	Riferimenti bibliografici.....	7
2.3.	Elaborati di progetto di riferimento.....	7
3.	STRUTTURA DEL SISTEMA E TIPOLOGIA DELLE OPERE IN PROGETTO	8
4.	IDROLOGIA	10
4.1.	Portate di progetto	10
4.2.	Verifica dei collettori.....	12
4.2.1.	Smaltimento delle acque delle sede autostradale	12
4.2.2.	Smaltimento delle acque di piattaforma	14

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-RI-GA1N-0-X-001
Relazione idraulica

Foglio
4 di 15

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-GA1N-0-X-001 Relazione idraulica
	Foglio 5 di 15

1. INTRODUZIONE

Il presente documento è stato redatto allo scopo di illustrare le modalità con le quali si intendono affrontare le problematiche legate allo smaltimento delle acque meteoriche afferenti al tracciato ferroviario **dal km 44+152.646 al km 44+229.671**, nell'ambito del progetto della Linea Alta Capacità Milano-Genova.

In particolare verrà affrontato separatamente lo smaltimento delle acque di piattaforma rispetto alle acque afferenti al tratto di autostrada interessato dall'intervento.

Verrà affrontato in primo luogo la determinazione delle quantità di pioggia di progetto per il dimensionamento della rete di smaltimento. Si passerà quindi alla progettazione e verifica dei manufatti idraulici previsti per l'allontanamento delle acque di pioggia.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-GA1N-0-X-001 Relazione idraulica Foglio 6 di 15

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1. Normative, raccomandazioni, linee guida

- [1] DM n. 2445, 23 FEBBRAIO 1971, Norme tecniche per gli attraversamenti e i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto
- [2] UNI ENV 1046:2003, 01/05/2003, Sistemi di tubazioni e condotte di materia plastica - Sistemi di adduzione d'acqua e scarichi fognari all'esterno dei fabbricati - Raccomandazioni per installazione interrata e fuori terra (norma sperimentale)
- [3] UNI CEN/TS 15223:2008, Sistemi di tubazioni di materia plastica – Parametri di progetto convalidati di sistemi di tubazioni interrate di materiale termoplastico (specifica tecnica)
- [4] UNI EN 13476-1, MARZO 2008, Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali
- [5] UNI EN 13476-2, MARZO 2008, Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, tipo A
- [6] UNI EN 13476-3, MARZO 2008, Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE).
- [7] Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B
- [8] UNI EN 1295-1:1999, 31/12/1999, Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico - Requisiti generali

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RI-GA1N-0-X-001 Relazione idraulica	Foglio 7 di 15

[9] UNI EN 1610: 1999, NOVEMBRE 1999, Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura

[10] EN ISO 9969:1994, Tubi di materiale termoplastico – Determinazione della rigidità anulare

[11] Istruzioni per la progettazione della fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto – Circ. M.LL.PP. n° 11633 del 7/01 /74

[12] Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (pubblicato nella G.U. 14 aprile 2006, S.O. n. 96/L) recante "Norme in materia ambientale".

[13] Norme tecniche relative alle tubazioni – Decreto M.LL.PP. 12/12/58

[14] Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni – Circ. M.LL.PP. n°27291

2.2. Riferimenti bibliografici

[1] Da Deppo L., Datei C., 2004, Fognature, Libreria internazionale Cortina Padova

2.3. Elaborati di progetto di riferimento

SOTTOPASSO FERROVIARIO BRETELLA A7/A26 Km 44+191,450 – Planimetria smaltimento acque meteoriche

IG51-02-E-CV-PA-GA1N-0-X-003

3. STRUTTURA DEL SISTEMA E TIPOLOGIA DELLE OPERE IN PROGETTO

Il tratto in esame si sviluppa dal km 44+152.646 al km 44+229.671 e crea un'interferenza con l'esistente autostrada A26; per questo motivo si prevedono due sistemi di smaltimento:

- acque di drenaggio della sede dell'autostrada, nel tratto in cui si crea l'interferenza con il sottopasso ferroviario;
- acque di drenaggio della sede dei binari.

Nel primo caso, le acque che cadono sulla sede autostradale vengono convogliate, tramite degli embrici, alla base del rilevato autostradale dove si trova localizzato un fosso di forma trapezia. Nel tratto interrotto dal sottopasso ferroviario si prevede quindi di convogliare le stesse acque meteoriche nel fondo fosso avente direzione parallela ai binari e localizzato all'esterno della zona di pertinenza della ferrovia (*Figura 1*).

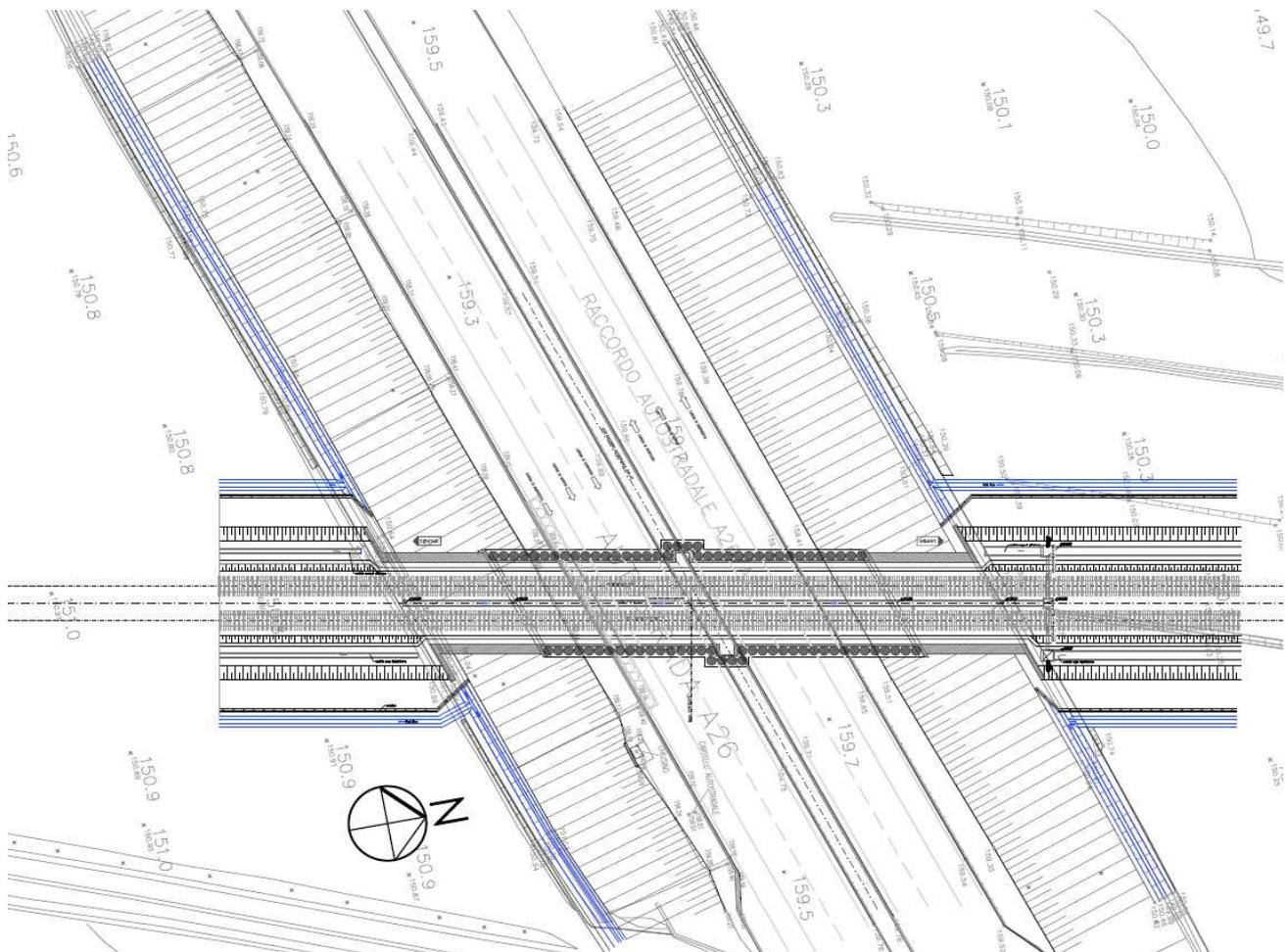


Figura 1: schema di drenaggio delle acque interessanti la sede autostradale

Nel secondo caso il sistema di drenaggio è costituito da uno scatolare rettangolare longitudinale lungo tutto il tracciato ferroviario che raccoglie le acque che cadono nei tratti in trincea prima e dopo il sottopasso. Al termine del sottopasso, si prevede un pozzetto nel quale viene convogliata l'acqua di piattaforma della canaletta rettangolare. Tramite due tubazioni interrate si collega il pozzetto con le due canalette per l'acqua di piattaforma che corrono parallele ai lati dei binari ferroviari (Figura 2).

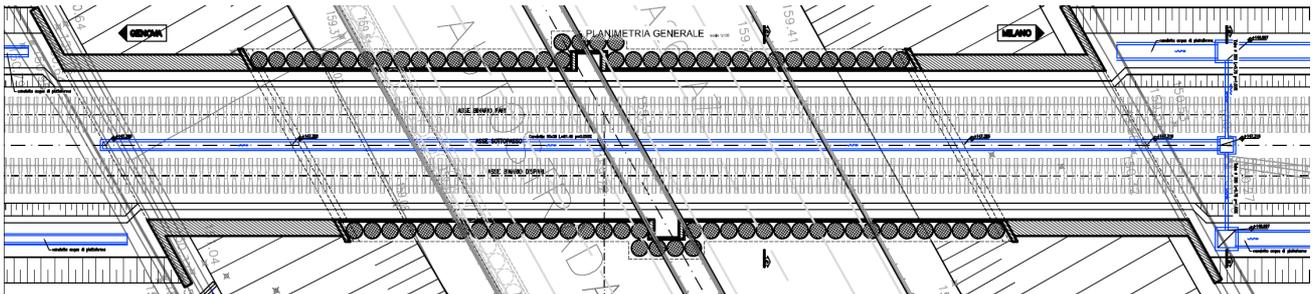


Figura 2: schema di drenaggio delle acque meteoriche di piattaforma

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-GA1N-0-X-001 Relazione idraulica
	Foglio 10 di 15

4. IDROLOGIA

4.1. Portate di progetto

Si riporta di seguito i dati idrologici utilizzati per la valutazione della portata di progetto, rimandando allo Studio Idrologico e Analisi Pluviometrica per ulteriori indicazioni sulla metodologia di analisi e di calcolo adottata, nello specifico l'elaborato IG-51-02-E-CV-RO-GA-1-M-0-X-006 "GALLERIA ARTIFICIALE POZZOLO DAL KM 40+790,00 AL KM 42+778,80 Relazione Idrologica-idraulica".

L'espressione generale della curva di possibilità pluviometrica utilizzata come base per i calcoli idraulici è la seguente:

$$h = a t^n$$

i cui parametri per il caso specifico sono sotto riportati (valori riferiti ad un tempo di pioggia di 15 minuti):

- tempo di ritorno: 20 anni;
- coefficiente a: 55,54 mm/h;
- coefficiente n: 0,280.

Date le modeste entità delle aree scolanti, per la stima della portata di piena, si è fatto ricorso al metodo cinematico, basato sulle ipotesi che il bacino non presenti ritardi di risposta alle sollecitazioni di pioggia, dovuti a temporanei accumuli della stessa in invasi naturali del terreno, e che le gocce si muovano in maniera indipendente tra loro seguendo sempre lo stesso percorso per arrivare alla foce. Assumendo, quindi, uno ietogramma costante per un tempo t_p , l'afflusso alla sezione di chiusura è esprimibile tramite la:

$$Q = \frac{\varphi i S}{360}$$

dove: Q = portata in mc/s;

φ = coefficiente di afflusso del bacino;

i = intensità di pioggia in mm/h, pari a: $i = a t_p^{n-1}$;

S = superficie del bacino in ettari.

La forma dell'idrogramma alla sezione di chiusura avrà, in seguito alle ipotesi del metodo, forma triangolare, con base uguale al doppio del tempo di pioggia ed altezza pari a Q , come illustrato nella seguente figura.

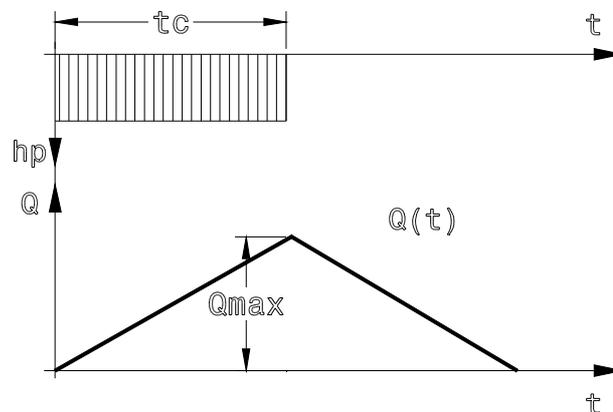


Figura 3 Idrogramma di piena del metodo cinematico

Nel caso in esame i risultati ottenuti dall'analisi idrologica, che verranno usati per il calcolo delle portate di progetto, per valori di Tempo di Ritorno pari a 20 anni, e tempo di pioggia di 15 minuti, sono i seguenti:

- altezza di pioggia: $h = 37,67 \text{ mm}$
- intensità di pioggia: $i = 150,69 \text{ mm/h}$

A partire da questi valori, si calcolano quindi le portate delle acque di piattaforma e delle acque che interessano la sede autostradale.

In entrambi i casi si considera un coefficiente di deflusso (definito come frazione delle aree impermeabili sul totale) pari ad 1. Per quanto riguarda il manto stradale, la pavimentazione si può considerare sostanzialmente impermeabile; mentre per quanto riguarda la sede ferroviaria, al di sotto del ballast vi è una superficie impermeabile inclinata che convoglia tutte le acque meteoriche all'interno della canaletta rettangolare.

Per cui, applicando la formula del metodo cinematico per il calcolo della portata totale, si possono desumere i seguenti valori:

Portata acque sede autostradale (ad ovest del sottopasso):

$$Q = \frac{1.0 \cdot 150,69 \text{ mm/h} \cdot 0,489 \text{ ha}}{360} = 204,69 \text{ l/sec}$$

Portata acque sede autostradale (ad est del sottopasso):

$$Q = \frac{1.0 \cdot 150,69 \text{ mm/h} \cdot 0,258 \text{ ha}}{360} = 107,83 \text{ l/sec}$$

Portata acque di piattaforma:

$$Q = \frac{1.0 \cdot 150,69 \text{ mm/h} \cdot 0,030 \text{ ha}}{360} = 12,56 \text{ l/sec}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-GA1N-0-X-001 Relazione idraulica
	Foglio 12 di 15

4.2. Verifica dei collettori

In generale per le sezioni idrauliche può essere calcolata la scala di deflusso, che correla la portata e le caratteristiche geometriche della sezione bagnata, attraverso l'espressione di Chezy:

$$V = \chi \cdot \sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = S \cdot V$$

dove χ , il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la nota formula di Gauckler-Strickler:

$$\chi = K_s \cdot R^{1/6}$$

La scala delle portate assume dunque la seguente espressione:

$$Q = K_s \cdot S \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

dove le grandezze indicate sono:

- Q portata [m³/s];
- R raggio idraulico [m];
- S sezione idraulica bagnata [m²];
- i pendenza [m/m];
- K_s coefficiente di scabrezza in [m^{1/3}/s]

Per i coefficienti di scabrezza di Strickler invece sono stati assunti i seguenti valori:

- K_s = 50 m^{1/3}/s fossi con rivestimenti in erba.
- K_s = 70 m^{1/3}/s manufatti in calcestruzzo
- K_s = 80 m^{1/3}/s manufatti in materiale plastico

4.2.1. Smaltimento delle acque delle sede autostradale

Le acque che cadono sulla sede autostradale vengono attualmente convogliate, tramite embrici a bordo strada, all'interno dei fossi posizionati a piede del rilevato autostradale. Nel tratto di intersezione con il sottopasso, il fosso viene quindi deviato per congiungersi con quello a lato della ferrovia (*Figura 1*).

Per il calcolo del tirante idrico nella sezione di deflusso dei fossi a forma trapezia (pendenza sponde X/Y), sono state utilizzate le seguenti formule presenti in letteratura, che esprimono l'Area Bagnata A_B e il Raggio Idraulico R_H, in funzione del tirante y:

$$A_B = \frac{[B + (B + 2y(X/Y))]* y}{2}$$

$$R_H = \frac{A_B}{B + 2y / (\sin(\arctan(X/Y)))}$$

Il calcolo del deflusso è stato ottenuto con metodo iterativo, risolvendo il sistema in forma implicita.

Le dimensioni del fosso a sezione trapezia sono le seguenti:

- base del fosso B = 0,33 m;
- altezza del fosso H = 0,50 m;
- pendenza sponde X/Y 1 m/m.

Essendo due i fossi, si è considerato la metà della portata per ognuno di essi. Con questi valori si è quindi proceduto alla verifica dei fossi a sezione trapezia sia per la zona a est del sottopasso (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) sia a ovest (Tabella 2).

VERIFICA FOSSO A SEZIONE TRAPEZIA (est del sottopasso)		
Metodo utilizzato:		Moto Uniforme
Portata massima	Q_{tot}=	70.80 l/sec
Pendenza	i =	0.00058 m/m
Tirante idrico	y =	0.3092 m
Area bagnata	A _B =	0.198 m ²
Perimetro Bagnato	P=	1.204 m
Raggio idraulico	R _H =	0.164 m
Velocità	v =	0.36 m/s
Riempimento	y/d =	62% -

Tabella 1: verifica della fosso a sezione trapezia per le acque delle sede autostradale (ad est del sottopasso)

VERIFICA FOSSO A SEZIONE TRAPEZIA (ovest del sottopasso)		
Metodo utilizzato:		Moto Uniforme
Portata massima	Q_{tot}=	53.91 l/sec
Pendenza	i =	0.00216 m/m
Tirante idrico	y =	0.1913 m
Area bagnata	A _B =	0.100 m ²
Perimetro Bagnato	P=	0.871 m
Raggio idraulico	R _H =	0.114 m
Velocità	v =	0.54 m/s
Riempimento	y/d =	38% -

Tabella 2: verifica della fosso a sezione trapezia per le acque delle sede autostradale (ad ovest del sottopasso)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-GA1N-0-X-001 Relazione idraulica

La verifica dei fossi a sezione trapezia risulta soddisfatta in entrambi i casi, essendo il grado di riempimento inferiore a $GR = 70\%$.

4.2.2. Smaltimento delle acque di piattaforma

Per il calcolo del tirante idrico nella sezione di deflusso in collettori rettangolari, sono state utilizzate le seguenti formule presenti in letteratura, che esprimono l'Area Bagnata A_B e il Raggio Idraulico R_H , in funzione del tirante y :

$$A_B = By$$

$$R_H = \frac{A_B}{B + 2y}$$

Il calcolo del deflusso è stato ottenuto con metodo iterativo, risolvendo il sistema in forma implicita.

Le dimensioni della canaletta in calcestruzzo sono le seguenti:

- base della canaletta $B = 0,5$ m;
- altezza della canaletta $H = 0,28$ m;
- pendenza della canaletta $i=0,055$ %.

Con questi valori si è quindi proceduto alla verifica della canaletta, i risultati sono riportati in *Tabella 3*:

VERIFICA CANALETTA RETTANGOLARE DI SCARICO		
Metodo utilizzato:		Moto Uniforme
Portata massima	$Q_{tot} =$	12.56 l/sec
Pendenza	$i =$	0.00055 m/m
Tirante idrico	$y =$	0.0928 m
Area bagnata	$A_B =$	0.046 m ²
Perimetro Bagnato	$P =$	0.686 m
Raggio idraulico	$R_H =$	0.068 m
Velocità	$v =$	0.27 m/s
Riempimento	$y/d =$	33% -

Tabella 3: verifica della canaletta rettangolare per le acque di piattaforma

Per il calcolo del tirante idrico nella sezione di deflusso, sono state utilizzate le formule presenti in letteratura, che esprimono il Raggio Idraulico e la sezione bagnata per i tubi circolari a canaletta, in funzione del tirante y , o meglio del grado di riempimento della tubazione:

$$A_B = d^2 \cdot \frac{1}{4} \left(\frac{\pi}{2} - \arcsen \left(1 - 2 \frac{y}{d} \right) - 2 \left(1 - 2 \frac{y}{d} \right) \cdot \sqrt{\left(\frac{y}{d} \cdot \left(1 - \frac{y}{d} \right) \right)} \right)$$

$$R_H = \frac{A_B}{\pi - \arccos \left(\frac{2y}{d} - 1 \right)}$$

Il calcolo del deflusso è stato ottenuto con metodo iterativo, risolvendo il sistema in forma implicita.

Le dimensioni della tubazione in calcestruzzo sono le seguenti:

- diametro della tubazione $d = 0,2 \text{ m}$;
- pendenza della canaletta $i = 1,073 \%$.

Essendo due le tubazioni, si è considerato la metà della portata per ognuno di essi. Con questi valori si è quindi proceduto alla verifica della canaletta, i risultati sono riportati in *Tabella 4*:

VERIFICA TUBAZIONI INTERRATE		
Metodo utilizzato:		Moto Uniforme
Portata massima	Q_{tot} =	6.28 l/sec
Pendenza	i =	0.01073 m/m
Tirante idrico	y =	0.0640 m
parametro phi	phi =	2.405
Area bagnata	A _B =	0.009 m ²
Perimetro Bagnato	P =	0.241 m
Raggio idraulico	R _H =	0.036 m
Velocità	v =	0.72 m/s
Riempimento	y/d =	32% -

Tabella 4: verifica della tubazione circolare interrata per le acque di piattaforma

La verifica sia del collettore rettangolare che delle tubazioni circolari risulta soddisfatta essendo in entrambi i casi il grado di riempimento inferiore a quanto proposto dal Manuale di progettazione Italferr, cioè $GR = 70\%$.