

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. : INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO – GENOVA  
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA  
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE – PAVIA**

OPERE PRINCIPALI

Nuovo Cavalcaferrovia SP40 km 12+373

Relazione idraulica smaltimento acque di piattaforma

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N M 0 Z 2 0 D 2 6 R I N V 0 1 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Cons.Integra	Novembre 2018	F. Coppini/A. Maran	Novembre 2018	S. Borelli	Novembre 2018	F. Sacchi Novembre 2018

File: NM0Z20D26RINV0100001A.doc

n. Elab.: X



POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA  
TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA  
QUADRUPPLICAMENTO MILANO ROGOREDO – PIEVE  
EMANUELE – PAVIA  
NUOVO CAVACAFERROVIA SP40 Km 12+373

RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE DI  
PIATTAFORMA

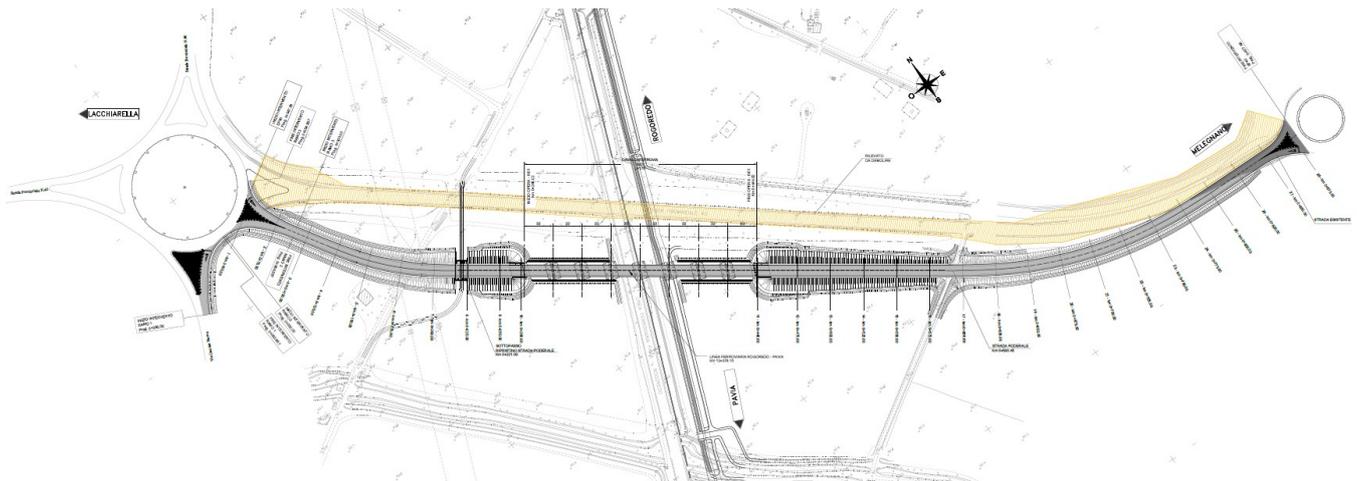
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D26RI	NV 01 00 001	A	2 di 11

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
4	INQUADRAMENTO FUNZIONALE E SEZIONE TRASVERSALE .....	6
5	ANALISI IDROLOGICA.....	6
6	STIMA PORTATA DI PROGETTO .....	6
7	VERIFICHE IDRAULICHE .....	7
8	RETE DI DRENAGGIO .....	8
8.1	<i>VERIFICA SMALTIMENTO SISTEMA CUNETTA MARCIAPIEDE-PAVIMENTAZIONE-CADITOIA.....</i>	8
8.2	<i>VERIFICA PLUVIALI.....</i>	10
8.3	<i>VERIFICA DEI TUBI Ø315 IN PVC .....</i>	11

## 1 PREMESSA

Nell'ambito del Progetto Definitivo del quadruplicamento della tratta Pieve Emanuele (e) - Pavia (i) si inserisce nell'ambito del potenziamento della direttrice Milano-Genova è prevista la realizzazione di opere sostitutive. Tali opere sostitutive consistono in una variante stradale all'attuale SP40 che sovrappassa, mediante un cavalcaferrovia, la linea ferroviaria di progetto al Km 12+373.85, e si innesta sulle due rotatorie esistenti.



## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione intende esplicitare le analisi idrologiche e idrauliche svolte nell'ambito del progetto della variante stradale per lo scavalco della nuova linea ferroviaria facente parte del Progetto Definitivo del quadruplicamento della tratta Pieve Emanuele - Pavia che si inserisce nell'ambito del potenziamento della direttrice Milano-Genova., allo scopo di verificare la rete di smaltimento delle acque meteoriche afferenti la piattaforma stradale.

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

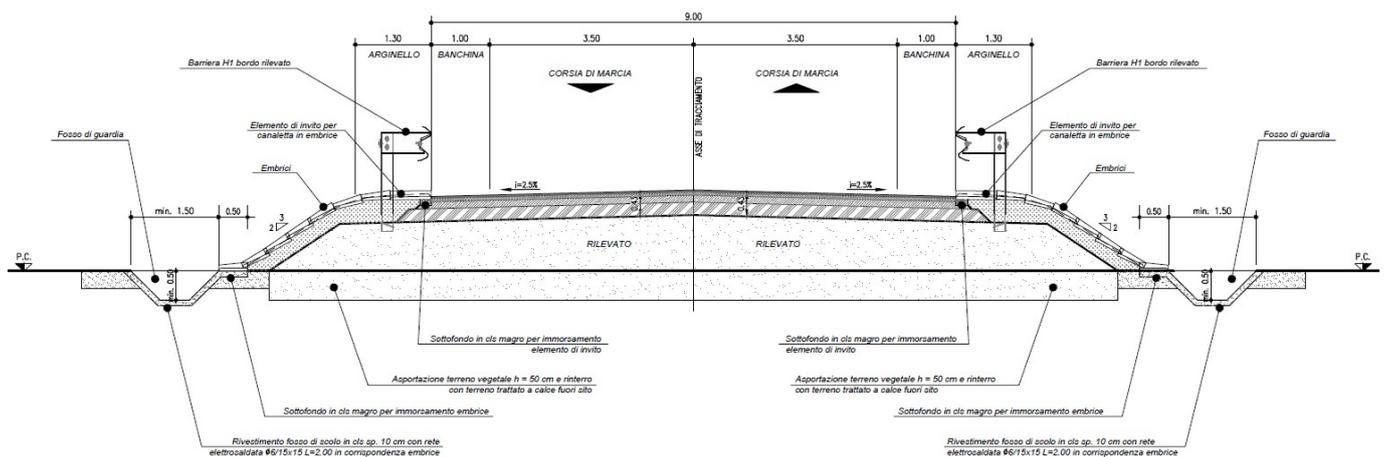
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016).
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016).
- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016.

- L.R. 15 marzo 2016, n. 4; “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.2 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.3 - Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 e relative "Norme tecniche regionali in materia di trattamento degli scarichi di acque reflue in attuazione dell'articolo 3, comma 1 del Regolamento reg. 2006, n.3".
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.4 “Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- DGR 6738 del 19 giugno 2017. “Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7/12/2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del Fiume Po”.
- Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7. “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”.

#### 4 INQUADRAMENTO FUNZIONALE E SEZIONE TRASVERSALE

L'infrastruttura stradale è inquadrata funzionalmente come Strada Locale (Categoria F) in Ambito Extra-Urbano secondo le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" di cui al D.M. 05/11/2001. A tale categoria di strada corrisponde un intervallo di velocità di progetto (40-100 ) km/h.

Per quanto riguarda le caratteristiche funzionali, è stata adottata una sezione trasversale stradale con soluzione base composta da un'unica carreggiata a doppio senso di marcia con due corsie di larghezza pari a 3.50 m, banchina laterale in destra da 1.00 m e banchina laterale in sinistra da 1.00 m, per una larghezza della piattaforma stradale pari a 9.00 m.



#### 5 ANALISI IDROLOGICA

Lo studio idrologico svolto nella relazione prevede la definizione delle leggi di pioggia brevi ed intense per consentire il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori all'ora al fine di poter dimensionare la rete di smaltimento delle acque meteoriche afferenti la viabilità; tale studio è stato effettuato applicando la formula di Bell e regolarizzando i risultati ottenuti tramite la classica formula monomia a due parametri  $h=at^n$  a partire dallo studio idrologico eseguito nella "Relazione Idrologica NMOZ20D26RHID0010001A".

#### 6 STIMA PORTATA DI PROGETTO

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



POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA  
TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA  
QUADRUPPLICAMENTO MILANO ROGOREDO – PIEVE  
EMANUELE – PAVIA  
NUOVO CAVACAFERROVIA SP40 Km 12+373

RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE DI  
PIATTAFORMA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D26RI	NV 01 00 001	A	7 di 11

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

valida per tempi di pioggia inferiori all'ora.

In ottemperanza con il manuale di progettazione Italferr che prevede tempi di ritorno pari a  $T_r=25$  anni per progetti di carattere stradale nel caso in esame si utilizzano i parametri venticinquennali che per il caso specifico riferiti alla cella sono sotto riportati:

- Coefficiente a [ $\text{mm}/\text{h}^n$ ]: 53.72;
- Coefficiente n: 0.471

La stima delle portate al colmo è stata eseguita con la formula razionale seguendo il metodo di calcolo cinematico:

$$Q = u_c A = A \varphi \varepsilon i$$

dove:

- A = superficie bacino;
- $\varphi$  = coefficiente di afflusso;
- $\varepsilon$  = coefficiente di laminazione assunto pari a 1 secondo il metodo di corrivazione;
- i = intensità di pioggia relativa al tempo.

Data l'esigua ampiezza dei bacini in gioco il tempo di corrivazione è stato assunto pari a  $t_c=5$  minuti tramite il quale si determina quindi per le aree drenate il coefficiente udometrico, inteso come portata meteorica afferente per unità di superficie, calcolata mediante il metodo sopra descritto.

L'intensità di pioggia è pari a  $i_{25}=200.1$  mm/h a cui corrisponde il seguente coefficiente udometrico:

$$u_c = Q/A = 556 \text{ (l/s)/ha} = 0.056 \text{ (l/s)/m}^2$$

Il coefficiente di afflusso è stato calcolato differenziando la zona pavimentata con coefficiente di afflusso pari ad 1 con quella relativa al rilevato pari a 0.7.

## 7 VERIFICHE IDRAULICHE

Si riportano di seguito le verifiche degli elementi idraulici costituenti la rete di smaltimento delle acque meteoriche afferenti la piattaforma stradale.

Si ipotizza che il deflusso avvenga in moto uniforme per cui la scala di deflusso necessaria per la determinazione della portata defluente è stata calcolata mediante l'applicazione della formula di Chézy:

$$Q = K_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot i^{1/2} \quad (\text{m}^3/\text{s});$$

dove i simboli assumono il seguente significato:

- $K_s$  = coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler ( $m^{1/3}/s$ );
- $A$  = area della sezione bagnata ( $m^2$ );
- $R$  = raggio idraulico (m);
- $i$  = pendenza motrice coincidente con la pendenza del tubo.

Il coefficiente di Gauckler-Strickler  $K_s$  è stato assunto pari a:

- 90 ( $m^{1/3}/s$ ) per i materiali plastici (PVC, PEAD, acciaio);
- 70 ( $m^{1/3}/s$ ) per gli elementi idraulici in calcestruzzo;
- 60 ( $m^{1/3}/s$ ) per l'asfalto;

I valori massimi di portata transitabili all'interno delle tubazioni sono stati ricavati considerando un grado di riempimento massimo pari al 50% della sezione totale per diametri  $\varnothing \leq 500$  e 70% per diametri superiori.

Nel caso di elementi idraulici aperti si considererà un franco massimo pari al 10% dell'altezza idraulica massima.

Verrà descritta nel seguito la rete di drenaggio delle acque meteoriche afferenti la piattaforma di progetto con le relative verifiche idrauliche.

## 8 RETE DI DRENAGGIO

Lungo tutto il tracciato della strada le acque vengono convogliate verso l'esterno della piattaforma stradale che assume una configurazione a doppia falda in rettilineo con pendenza trasversale  $p=2.50\%$  e a falda unica in curva con  $p=3.85\%$ .

Su tutto il tracciato l'acqua di pioggia scorre lungo la cunetta triangolare formata tra l'arginello e la pavimentazione fino ad essere catturata da embrici sulla sezione in rilevato e scaricati nel fosso in terra o pluviali sull'impalcato e allontanate tramite tubi in PVC fino a scaricare nei fossi in terra in corrispondenza delle pile o spalle.

### 8.1 Verifica smaltimento sistema cunetta marciapiede-pavimentazione-caditoia

Le acque afferenti la piattaforma ruscellano sulla pavimentazione fino alla cunetta triangolare formato dal cordolo che le convoglia fino all'embrice più a valle.

Al fine di valutare il corretto passo degli embrici nei vari tratti di strada sono stati calcolati gli apporti massimi di pioggia in funzione della larghezza massima della piattaforma pavimentata variando il passo degli embrici e verificando la capacità di smaltimento della cunetta.

Considerando l'embrice come uno stramazzo si considera valida la seguente espressione:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

- Q = portata sfiorata (m<sup>3</sup>/s)
- $\mu$  coefficiente di deflusso, pari a 0.385
- L = larghezza stramazzo L=0.905(m)
- h = carico idraulico massimo pari a 0.0375m in curva e 0.025m in rettilineo relativo ad un ingombro pari a quello della banchina
- g = accelerazione di gravità pari a 9,81 m/s<sup>2</sup>.

Dai valori indicati si calcola una portata massima scaricabile dall'embrice senza invasione di corsia sia pari a Q=11.2 l/s in curva e Q= 6.1 l/s in rettilineo. Si sceglie un passo degli embrici tale che generi una portata non superiore a quelli indicati ed un tirante sulla cunetta contenuto nella banchina senza invadere la corsia. La piattaforma stradale è formata da una banchina che assume valore pari a 1.00m e una corsia da 3.50m per un totale di 4.50m con pendenza trasversale  $i_T=2.50\%$  in rettilineo e 9.00 con  $i_T=3.75\%$  e pendenza longitudinale minima  $i_L=0.50\%$ . Si sceglie un passo p=10m; si riportano di seguito le verifiche idrauliche del sistema cunetta-caditoia nei tratti indicati. Adottando l'equazione di Chezy citata nel precedente paragrafo si può ricavare l'altezza idrica corrispondente ad una portata Q prefissata.

Nell'ipotesi che il raggio idraulico si possa confondere con il tirante sulla cunetta h, l'equazione di Chezy si può esplicitare rispetto ad h e si ha:

$$h = \left[ \frac{i_L}{(0.375 - i_T)^{0.50} \cdot K_S} \right]^{\frac{2}{3}} Q^{\frac{3}{2}} \quad (m)$$

Dove  $i_L$  indica la pendenza longitudinale e  $i_T$  indica la pendenza trasversale e  $K_S$ = coefficiente di Strickler per l'asfalto pari a 60. Di seguito in tabella si verifica che il tirante sulla cunetta sia sufficiente sull'embrice per smaltire le acque afferenti la piattaforma.

Tratto	Passo (m)	Portata generata l/s	Tirante necessario sull'embrice (cm)	Tirante sulla cunetta (cm)	Ingombro (m)
Rettilineo	10	2.50	1.38	3.70	1.48
Curva	10	5.00	2.19	3.62	0.97

In entrambi i casi l'embrice riesce a smaltire la portata che viene convogliata dalla cunetta triangolare con un'invasione di corsia tollerabile in quanto il tirante presente al di fuori della banchina è paragonabile al velo

d'acqua che si forma durante l'evento meteorico; confortati dalle verifiche effettuate si conferma l'utilizzo degli embrici posti ai passi citati.

## 8.2 Verifica pluviali

La verifica dei pluviali Ø160 in PVC ubicati lungo l'impalcato viene eseguito considerandoli, a seconda del carico, come soglie sfioranti a pianta circolare o come luci sotto battente.

Detto h il carico sulla soglia sul bocchettone, la portata Q è:

- funzionamento con soglia sfiorante di diametro D:

$$Q = C_q h \pi D \sqrt{2gh}$$

dove  $C_q = 0.35$ ;

- funzionamento sotto battente

$$Q = C_q A \sqrt{2gh}$$

dove  $C_q = 0.6$ .

Nella tabella sono riportati i valori della portata d'un bocchettone per differenti valori di carico con funzionamento come soglia sfiorante che sotto battente.

Diametro (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Portata (l/s)						
		Carico sul bocchettone (mm)						
		50	75	100	125	150	200	250
75	235.6	4.08	7.50	11.55	16.14	21.22	32.67	45.66
100	314.2	5.45	10.00	15.40	21.52	28.29	43.56	60.88
125	392.7	6.81	12.50	19.25	26.91	35.37	54.45	76.10
160	502.7	8.71	16.01	24.64	34.44	45.27	69.70	97.41
175	549.8	9.53	17.51	26.95	37.67	49.52	76.23	106.54
200	628.3	10.89	20.01	30.80	43.05	56.59	87.12	121.76
225	706.9	12.25	22.51	34.65	48.43	63.66	98.02	136.98
250	785.4	13.61	25.01	38.50	53.81	70.74	108.91	152.20
275	863.9	14.97	27.51	42.35	59.19	77.81	119.80	167.42
300	942.5	16.34	30.01	46.20	64.57	84.88	130.69	182.64
325	1021.0	17.70	32.51	50.06	69.95	91.96	141.58	197.86
350	1099.6	19.06	35.01	53.91	75.34	99.03	152.47	213.08
375	1178.1	20.42	37.51	57.76	80.72	106.10	163.36	228.30
400	1256.6	21.78	40.01	61.61	86.10	113.18	174.25	243.52

Funzionamento come soglia sfiorante

Diametro (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Portata (l/s)						
		Carico sul bocchettone (mm)						
		50	75	100	125	150	200	250
75	4418	2.63	3.22	3.71	4.15	4.55	5.25	5.87
100	7854	4.67	5.72	6.60	7.38	8.08	9.33	10.44
125	12272	7.29	8.93	10.31	11.53	12.63	14.59	16.31
160	20106	11.95	14.63	16.90	18.89	20.70	23.90	26.72
175	24053	14.29	17.51	20.21	22.60	24.76	28.59	31.96
200	31416	18.67	22.87	26.40	29.52	32.34	37.34	41.75
225	39761	23.63	28.94	33.42	37.36	40.93	47.26	52.84
250	49087	29.17	35.73	41.25	46.12	50.53	58.34	65.23
275	59396	35.30	43.23	49.92	55.81	61.14	70.59	78.93
300	70686	42.01	51.45	59.41	66.42	72.76	84.01	93.93
325	82958	49.30	60.38	69.72	77.95	85.39	98.60	110.24
350	96211	57.18	70.03	80.86	90.40	99.03	114.35	127.85
375	110447	65.64	80.39	92.82	103.78	113.68	131.27	146.77
400	125664	74.68	91.46	105.61	118.08	129.35	149.36	166.99

Funzionamento come soglia sfiorante

Considerando che l'area massima drenata da un pluviale sull'impalcato in c.a. ha lunghezza L=10.00m e larghezza L=4.50m con un coefficiente udometrico pari a  $u = 0.0556 \text{ [l/s]/m}^2$  si ha che la portata massima che deve essere scaricata è 2.50l/s a cui corrisponde un tirante in funzionamento a soglia sfiorante pari a 22mm per il pluviale Ø160. Il velo d'acqua è contenuto all'interno della banchina e tutta l'acqua afferente la piattaforma e captata dalla rete di drenaggio.

### 8.3 Verifica dei tubi Ø315 in PVC

Nel tratto in impalcato è tutto in rettilineo e le acque afferenti la piattaforma sono raccolte da asole in ricavate direttamente sull'impalcato con passo  $p=10\text{m}$  alla base delle quali si prevede un pluviale Ø160 in PVC protetto da griglia che scarica in tubi Ø315 in PVC posti sotto l'impalcato. Tali tubazioni trasportano le acque meteoriche raccolte dai pluviali fino alla spalla o pila 20m a valle. Si riportano di seguito la verifiche di un tubo Ø315 in PVC nella situazione più critica con pendenza minima pari a  $p=0.10\%$ .

Lunghezza (m)	Area drenata (m <sup>2</sup> )	Q (l/s)	p min %	Qmax* (l/s)	Tirante cm	Riempimento %
20	45	5.0	0.20	16	7.8	26

\* corrisponde alla portata calcolata rispetto ad un riempimento pari al 50%

Il collettore risulta verificato per il tratto più sollecitato per cui si può affermare che anche gli altri con pendenza superiore sono verificati.