



**D.M. 49/2018_INTERVENTO DI ADEGUAMENTO
STATICO E SISMICO DEL PONTE SUL FIUME MONTONE
POSTO AL KM 4+693 DELLA S.P. 5 RONCALCECI
CUP J63D18000180001**

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Presidente: Sig. Michele De Pascale	Consigliere delegato Strade - Trasporti - Pianificazione Territoriale: Arch. Nicola Pasi
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Resp. del Servizio.: Ing. Chiara Bentini

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO : Ing. Chiara Bentini

Documento firmato digitalmente

PROGETTISTA : Ing. Tobia Zordan

Documento firmato digitalmente



COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE : Geom. Lorenza Battistini

Firmato

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
A	PRIMA EMISSIONE	FM	GB	TZ	20/12/2019

TITOLO ELABORATO:

**PONTE SUL FIUME MONTONE
RELAZIONE SUL SISTEMA DI DRENAGGIO**

Elaborato num:	Revisione:	Data:	Scala:	Nome file:
06	A	20/12/2019	-	-

Sommario

1	Introduzione	3
2	Analisi idrologica	3
3	Sistema di raccolta delle acque di piattaforma (afflusso)	6
3.1	Calcolo del velo idrico sul piano stradale	6
3.2	Calcolo Portata in arrivo alla singola caditoia	7
3.3	Calcolo Portata dell'area di bordo strada	7
3.4	Dimensionamento Caditoia	8
3.5	Portata totale acque di piattaforma	8
4	Dimensionamento sistema di deflusso acque	9
4.1	Tubazioni di collegamento caditoia/collettore principale	9
4.2	Collettore laterale	10

1 Introduzione

La piattaforma stradale costituita dal nuovo manufatto presenta una configurazione geometrica caratterizzata dai seguenti parametri:

$L=70$ m	Lunghezza della piattaforma
$B=8.5$ m	Larghezza della carreggiata
$i_t=0.0025$	pendenza trasversale
$i_l=0.0015$	pendenza longitudinale

La pavimentazione stradale presenta una configurazione a schiena d'asino.

Lo schema di raccolta delle acque di piattaforma prevede il posizionamento di caditoie a passo 15m ai lati della carreggiata. Le caditoie presentano uno scarico sub-verticale che si collega a due collettori laterali che sono dimensionate per smaltire le acque meteoriche di piattaforma.

I due tubi laterali prevedono una pendenza unica a partire da un estremo del ponte fino all'altro per avere solo un punto di recapito.

Vista la sempre maggiore frequenza di eventi meteorici caratterizzati da piogge a carattere di scroscio con elevate quantità di pioggia con breve durata, per il dimensionamento dei vari sistemi di raccolta e allontanamento delle acque, si è proceduto definendo un evento critico di grande entità assumendo un'intensità di pioggia di progetto pari a 130 mm/h.

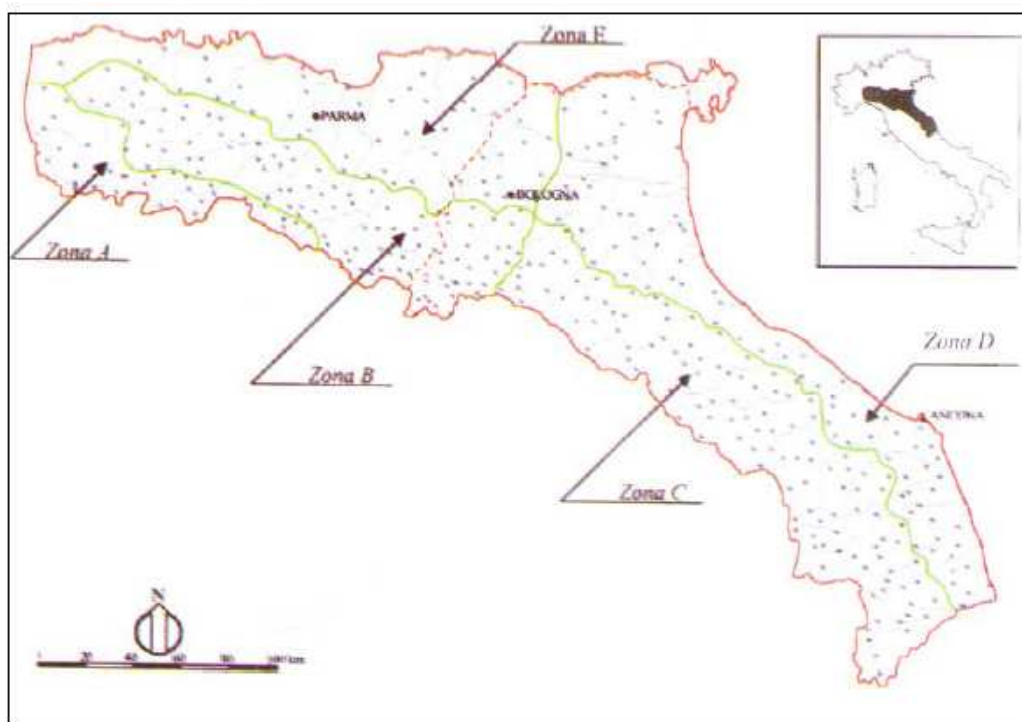
2 Analisi idrologica

Per la progettazione dei sistemi di drenaggio è stato necessario caratterizzare dal punto di vista idrologico la zona oggetto d'intervento.

Per la determinazione del regime pluviometrico nell'area d'interesse, e quindi dei parametri a e n , si è fatto riferimento ai risultati ricavati nell'ambito dello studio "La valutazione delle piogge intense su base regionale" (A. Brath, M. Franchini, 1998) che ha come oggetto la definizione del Metodo VAPI - piogge al territorio appartenente alle regioni amministrative Emilia-Romagna e Marche. I modelli regionali VAPI si basano sull'ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee all'interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento (portata indice) siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva di crescita. Si fa riferimento nel presente caso alla ZONA D.

Zona	λ	θ	λ_1	η	Note
Zona A	0.109	2.361	24.70	4.005	Valida per tutte le durate
Zona B	1.528	1.558	13.65	4.651	Valida per d = 1 ora
			19.35	5.000	Valida per d = 3 ore
			26.20	5.303	Valida per d = 6 ore
			39.20	5.706	Valida per d \geq 12 ore ed 1
Zona C	1.528	1.558	13.65	4.615	Valida per d = 1 ora
			14.70	4.725	Valida per d = 3 ore
			20.25	5.046	Valida per d = 6 ore
			25.70	5.284	Valida per d \geq 12 ore ed 1
Zona D	0.361	2.363	29.00	4.634	Valida per tutte le durate
Zona E	0.044	3.607	13.60	3.328	Valida per d = 1 ora
			19.80	3.704	Valida per d = 3 ore
			23.65	3.882	Valida per d = 6 ore
			30.45	4.135	Valida per d \geq 12 ore ed 1

Parametri delle curve di crescita relative al modello TCEV per le varie durate



Zone omogenee con riferimento regime di frequenza delle piogge intense

La tabella seguente riporta i valori calcolati per i parametri **a** e **n** delle LSPP.

a (25 anni)	a (50 anni)	a (100 anni)	a (200 anni)	n
45.52	53.33	61.52	69.88	0.32

Valori dei parametri delle LSPP per diversi T_R

La definizione delle piogge di breve durata, tipicamente inferiore all'ora, è stata definita in base ai rapporti r_6 tra le altezze di durata d molto breve e l'altezza oraria. Questa metodologia è utilizzata nelle zone in cui non sono disponibili osservazioni dirette per durate inferiori all'ora come ancora oggi nella maggior parte delle stazioni pluviometriche italiane. Si riportano di seguito in tabella i valori dell'altezza di pioggia per vari tempi di ritorno:

t [min]	1	2	3	4	5	15	30	45	1h	3h	6h	12h	24h
25	5.92	8.19	10.42	12.38	14.66	27.36	36.91	41.56	45.52	65.05	81.48	102.07	127.86
50	6.93	9.60	12.21	14.51	17.17	32.05	43.25	48.69	53.33	76.21	95.47	119.59	149.81
100	8.00	11.07	14.09	16.73	19.81	36.97	49.89	56.16	61.52	87.91	110.12	137.95	172.80
200	9.08	12.58	16.00	19.01	22.50	42.00	56.67	63.80	69.88	99.87	125.10	156.70	196.30

Dall'interpolazione dei valori delle curve di possibilità pluviometrica, si ricavano i seguenti valori riportati in tabella, in funzione del tempo di ritorno T_R e della durata dell'evento considerato (t).

<i>Curve di probabilità pluviometrica</i>				
	<i>t < 20.8 min</i>		<i>t ≥ 20.8 min</i>	
<i>T_r</i>	<i>a'</i>	<i>n'</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
25	59.75	0.57	45.75	0.32
50	70.01	0.57	53.60	0.32
100	80.76	0.57	61.83	0.32
200	91.74	0.57	70.25	0.32

A partire dai valori tabellati e assumendo come valore di progetto il tempo di ritorno $T_R=25$ anni si calcolano i valori dell'intensità di pioggia per eventi di breve durata per (5 - 10 - 15 - 20 min) utilizzando la seguente relazione ($a'=59.75$ e $n'=0.57$):

$$j = a' t^{n'-1}$$

Di seguito si riportano i valori dell'intensità di pioggia, assumendo per il dimensionamento quello relativo ad un evento della durata di 10 minuti:

t (min)	5	10	15	20
j (mm/h)	173,93	129,10	108,45	95,83

3 Sistema di raccolta delle acque di piattaforma (afflusso)

3.1 Calcolo del velo idrico sul piano stradale

Considerando la semi-carreggiata che raccoglie le acque di una singola falda della pavimentazione stradale si valuta il valore del velo liquido che si forma sulla pavimentazione a partire dai dati di seguito riportati:

$j=130 \text{ mm/h}$	intensità di progetto
$L_c=4.25 \text{ m}$	Larghezza della semi-carreggiata
$i_t=0.0025$	pendenza trasversale
$i_l=0.0015$	pendenza longitudinale
$i=\sqrt{(i_t^2 + i_l^2)}=2.5\%$	pendenza lungo la traiettoria della particella
$L_{eff}=L_c \left[1 + \left(\frac{i_l}{i_t} \right)^2 \right]^{0.5} = 4.26 \text{ m}$	Lunghezza percorso paricella

$h_{max}=0.0474 \sqrt{(L_{eff} j i^{-0.2})} = 1.61 \text{ mm}$	Velo idrico in assenza dell'asfalto drenante
--	--

Si riporta di seguito un diagramma in cui si possono ricavare, per un velo idrico comparabile al valore di calcolo, i valori del coefficiente di aderenza in funzione della velocità di percorrenza al variare della rugosità della pavimentazione stradale.

Spessore del velo idrico = 2,5 mm

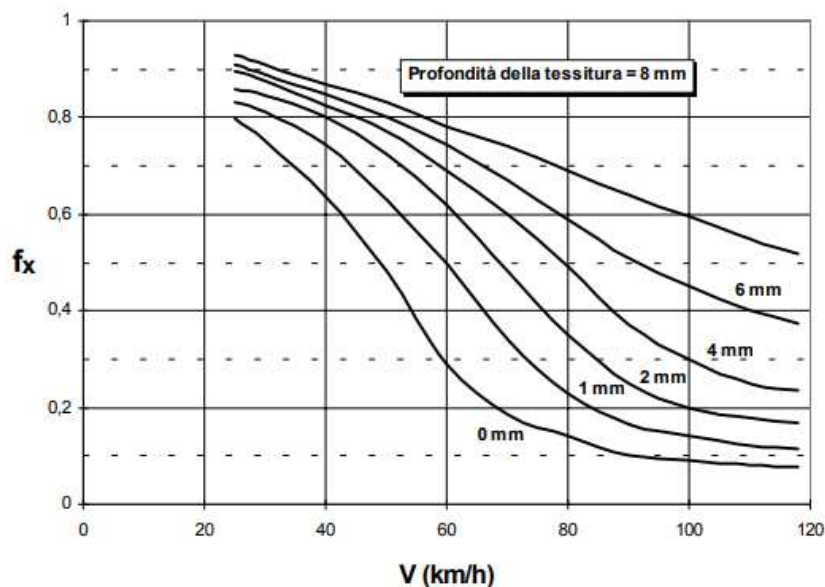


Diagramma Velocità di percorrenza/fattore di aderenza.

Assumendo un valore di 90 km/h (limite di velocità), il valore del coefficiente di aderenza per rugosità di 6 mm risulta pari a 0.5, valore compatibile con i valori da letteratura per l'interazione tra pneumatico e asfalto bagnato (normalmente 0.4÷0.5).

3.2 Calcolo Portata in arrivo alla singola caditoia

Si valuta la portata in arrivo ad ogni singola caditoia, assumendo un interasse di 15 m:

$j=130$ mm/h	intensità di progetto
$L_{\text{eff}}=4.26$ m	Lunghezza percorso paricella
$i=\sqrt{(i_t^2 + i_l^2)}=2.5\%$	pendenza lungo la traiettoria della particella
$K_s=65$ m ^{1/3} /s	Coeff. Scabrezza (Gauckler Strickler)
t_c Errore. È prevista una cifra. =35 mm	tempo di
corrivazione bacino scolante in sec	
$\phi=0.9$	Coeff. Di deflusso
$S= L_{\text{eff}} \times 1=4.26 \times 1$ mq	Sup scolante per unità di lunghezza
$h=2$ mm	Velo idrico in assenza dell'asfalto drenante
$q=\frac{\phi S h}{t_c}=0.18$ l/s m	portata max per unità di lunghezza
$d=10$ m	interasse caditoie
$Q_{\text{max,caditoia}}=q \times d=1.76$ l/s	portata massima su singola caditoia

3.3 Calcolo Portata dell'area di bordo strada

Si valuta la portata in arrivo ad ogni singola caditoia, assumendo un interasse di 15 m:
Data la pendenza trasversale, a partire dal valore $Q_{\text{max,caditoia}}$, si forma un'area a sezione triangolare con le seguenti caratteristiche

$B=0.57$ m	larghezza area di deflusso a bordo strada
$H=0.016$	altezza area di deflusso a bordo strada
$A=0.0044$ mq	sezione area liquida
$P=0.58$ m	perimetro bagnato area liquida

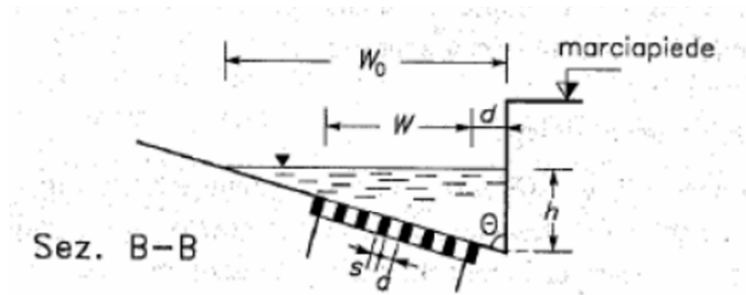
$$Q = K_S R_H^{2/3} i^{1/2} = 1.78 \text{ l/s}$$

Portata max a della sezione di bordo strada

La larghezza B è compatibile con la larghezza della banchina

3.4 Dimensionamento Caditoia

Si valuta la portata che può essere smaltita da una singola caditoia in base ai seguenti parametri riportati nella figura seguente:



$$L = 0.3 \text{ m}$$

Lunghezza caditoia

$$W = 0.3 \text{ m}$$

Larghezza caditoia

$$h = 2.8 \text{ cm}$$

altezza sulla caditoia

$$\vartheta = 88^\circ$$

$$Q_{\text{caditoia}} = 0.417 L h^2 g^{0.5} \left(h - \frac{W}{\text{tg}(\vartheta)} \right)^{0.5} = 1.81 \text{ l/s}$$

3.5 Portata totale acque di piattaforma

A partire dai dati dei precedenti paragrafi , essendo:

$$L = 70$$

la lunghezza dell'impalcato

$$p = 10 \text{ m}$$

passo delle caditoie

$$N = L/p = 8$$

numero di caditoie

La portata totale di afflusso risulta

$$Q_{\text{tot afflusso}} = N \times Q_{\text{max, caditoia}} = 8 \times 1.8 = 14.4 \text{ l/s}$$

4 Dimensionamento sistema di deflusso acque

4.1 Tubazioni di collegamento caditoia/collettore principale

Si prevede l'utilizzo di tubi PVC Sub-verticali con diametro DN=120 mm che hanno un funzionamento assimilabile a quello dei pluviali. Si allega una tabella che in funzione del grado di riempimento della sezione (assunto pari a 0.33) definisce la capacità idraulica (portata smaltita in funzione del Diametro). Tale valore va confrontato con la portata allontanata da ogni caditoia..

Diametro interno del pluviale [mm]	Capacità Idraulica	
	riempimento 0.20 [l/s]	riempimento 0.33 [l/s]
50	0.7	1.7
55	0.9	2.2
60	1.2	2.7
65	1.5	3.4
70	1.8	4.1
75	2.2	5.0
80	2.6	5.9
85	3.0	6.9
90	3.5	8.1
95	4.0	9.3
100	4.6	10.7
110	6.0	13.8
120	7.6	17.4
130	9.4	21.6
140	11.4	26.3
150	13.7	31.6
160	16.3	37.5
170	19.1	44.1
180	22.3	51.4
190	25.7	59.3
200	29.5	68.0
220	38.1	87.7
240	48.0	110.6
260	59.4	137.0
280	72.4	166.9
300	87.1	200.6
>300	$2.5 \cdot 10^{-4} \cdot k_0^{0.187} \cdot d_i^{2.007} \cdot f^{1.007}$ dove: k ₀ è la scabrezza del pluviale, considerata 0.25 mm; d _i è il diametro interno del pluviale; f è il grado di riempimento.	

Per DN=120 (D_{int}=110 mm) la capacità del pluviale è superiore alla portata in arrivo dalla caditoia.

4.2 Collettore laterale

Assumendo per i due collettori laterali di smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma, realizzati in PVC i seguenti valori geometrici e idraulici:

DN=250 mm	Diametro Nominale collettore (D interno 217 mm)
w=50%	grado di riempimento
i=0.005 (0.5%)	pendenza del collettore
$K_s=80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$	Coeff. Scabrezza (Gauckler Strickler) per il PVC

La portata totale di deflusso risulta di seguita tabellata per valori del grado di riempimento variabili, avendo fissato scabrezza e pendenza longitudinale.

Percentuale di riempimento ($W=h/D$)	Altezza di riempimento (h) "mm"	Superficie della sezione bagnata (S) "cm ² "	Raggio idraulico pari al rapporto S/P R_h "cm"	Portata (Q) "l/s"	Velocità (V) "m/s"
5%	10,85	6,9	0,7	0,14	0,21
10%	21,70	19,2	1,4	0,63	0,33
15%	32,55	34,8	2,0	1,46	0,42
20%	43,40	52,7	2,6	2,63	0,50
25%	54,25	72,3	3,2	4,11	0,57
30%	65,10	93,3	3,7	5,87	0,63
35%	75,95	115,4	4,2	7,88	0,68
40%	86,80	138,1	4,6	10,10	0,73
45%	97,65	161,4	5,1	12,49	0,77
50%	108,50	184,9	5,4	14,99	0,81
55%	119,35	208,4	5,7	17,56	0,84
60%	130,20	231,7	6,0	20,14	0,87
65%	141,05	254,5	6,3	22,68	0,89
70%	151,90	276,5	6,4	25,10	0,91
75%	162,75	297,5	6,5	27,34	0,92
80%	173,60	317,2	6,6	29,31	0,92
85%	184,45	335,0	6,6	30,89	0,92
90%	195,30	350,6	6,5	31,95	0,91
95%	206,15	362,9	6,2	32,22	0,89
100%	217,00	369,8	5,4	29,98	0,81

$Q_{\text{Deflusso}}=14.99 \text{ l/s} > Q_{\text{afflusso}}= 14.4 \text{ l/s}$

La verifica risulta soddisfatta e i collettori di bordo sono adeguati per gli eventi di progetto.