

S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"
TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA
1° stralcio: Madonna di Baiano-Firenzuola

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PG143**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:

MANDANTI:






società di ingegneria

IL PROGETTISTA:
Dott. Ing. Federico Durastanti
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° Terni n°A844

Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Arch. N. Kamenicky
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. F. Durastanti
Dott. Ing. E. Bartolucci
Dott. Geol. G. Cerquiglini
Geom. S. Scopetta
Dott. Ing. L. Sbrenna
Dott. Ing. E. Sellari
Dott. Ing. L. Dinelli
Dott. Ing. L. Nani
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Agr. F. Berti Nulli

Dott. Ing. D. Carlacchini
Dott. Ing. S. Sacconi
Dott. Ing. C. Consorti
Dott. Ing. E. Loffredo
Dott. Ing. C. Chierichini

Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. F. Macchioni
Geom. C. Vischini
Dott. Ing. V. Piunno
Dott. Ing. G. Pulli
Geom. C. Sugaroni

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

Il Responsabile di Progetto
Arch. Pianificatore Marco Colazza

Il Responsabile del Procedimento
Dott. Ing. Alessandro Micheli

PROTOCOLLO

DATA



04.STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO
04.01 IDROLOGIA E IDRAULICA
Relazione idraulica di piattaforma

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00ID00IDRRE04B

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

ANNO

CODICE ELAB.

T00ID00IDRRE04

B

-

DTPG143

E

23

B

Rev. A seguito istr. ANAS

Sett. 2023

F. Macchioni

V. Rotisciani

N. Granieri

A

Emissione

Ago 2023

F. Macchioni

V. Rotisciani

N. Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

1	PREMESSA	2
2	QUADRO NORMATIVO.....	3
3	PRECIPITAZIONI METEORICHE DI RIFERIMENTO PER DURATE INFERIORI A 1 ORA.....	4
4	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA	6
	4.1.1 <i>Sezioni in rilevato</i>	6
	4.1.2 <i>Sezioni in trincea</i>	6
	4.1.3 <i>Sezioni in galleria.....</i>	7
	4.2 SEZIONE IN VIADOTTO	8
	4.3 VERIFICA DELLA CAPACITÀ DI SMALTIMENTO DEI COLLETTORI	9
	4.4 VERIFICA DELLA CAPACITÀ DI SMALTIMENTO DEGLI EMBRICI E DELLE CADITOIE.....	17
	4.5 VERIFICA DEI TRATTI IN VIADOTTO.....	20
	4.6 VERIFICA DELLA CAPACITÀ DI DEFLUSSO DELLE ZANELLE	22
5	VERIFICA IDRAULICA DEI FOSSI DI GUARDIA	26
6	PRESIDI IDRAULICI PER IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA	28
	6.1 VASCHE DI PRIMA PIOGGIA	28
	6.1.1 <i>Descrizione del Sistema di Trattamento e posizionamento delle vasche</i>	31
	6.1.2 <i>Dimensionamento vasche di prima pioggia.....</i>	32

1 PREMESSA

Nella presente relazione, redatta a corredo del progetto esecutivo del 1° Stralcio Baiano-Firenzuola della Strada delle Tre Valli Umbre nel tratto Eggi-Acquasparta, vengono presentate le verifiche idrauliche finalizzate al dimensionamento dei sistemi di raccolta ed allontanamento delle acque di piattaforma tali da assicurare il deflusso delle acque meteoriche ricadenti sulle superfici utilizzate per la sede e le pertinenze stradali.

Il presente elaborato pertanto tratta del drenaggio di piattaforma, affrontando i problemi idraulici legati alle opere di raccolta, convogliamento e recapito delle acque meteoriche che insistono direttamente sulla piattaforma stradale e delle acque esterne non canalizzate che possono interessare il corpo stradale.

La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma è prevista con sistema di drenaggio sia di “tipo chiuso” che di “tipo aperto”:

Per il sistema chiuso è previsto il trattamento qualitativo delle acque prima dello scarico nel recettore finale oltre che la trattenuta degli sversamenti accidentali.

2 QUADRO NORMATIVO

- Decreto legislativo 152/2006 *“Norme in materia ambientale”*;
- Circ. Min. LL.PP. 07/01/74, n. 11633 *“Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto”*;
- Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici 12/12/1985 *“Norme tecniche relative alle tubazioni” (G.U. 14/03/1986 n°61)*;
- Norme tecniche UNI EN 124, UNI EN 1433 e DIN 19580.

3 PRECIPITAZIONI METEORICHE DI RIFERIMENTO PER DURATE INFERIORI A 1 ORA

Per il dimensionamento e la verifica delle opere relative al sistema di raccolta, allontanamento e recapito delle acque meteoriche ricadenti direttamente nell'ambito della piattaforma stradale o di piccoli versanti afferenti ai fossi di guardia e piccoli attraversamenti, è necessario prendere in considerazione durate delle piogge inferiori all'ora. A questo proposito, nell'ambito delle verifiche che seguiranno nel presente elaborato, è stato preso come riferimento lo studio "Analisi delle precipitazioni intense in Umbria (2016)" redatto a cura dell'Università degli Studi di Perugia e della Regione dell'Umbria. Tale studio, le cui caratteristiche principali vengono descritte nella relazione idrologica a corredo del progetto esecutivo e alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti, è basato sui dati di pioggia di tutte le stazioni appartenenti alla rete pluviometrica gestita dal Servizio Idrografico Regionale dell'Umbria.

Per l'area di intervento si fa riferimento ai dati delle curve di probabilità pluviometrica (c.p.p.) del pluviometro di Spoleto, posto ad una distanza di circa 5 km.

Stazione di SPOLETO – Curve di probabilità pluviometrica						
$R_d(T_r) = a d^{b'}$ (in mm)		valida nell'intervallo di durate			0 < d ≤ 1 ora	
$R_d(T_r) = a d^b$ (in mm)		valida nell'intervallo di durate			1 ora < d ≤ 48 ore	
T_r (anni)	5	10	25	50	100	200
a	32,61	37,83	44,47	49,44	54,41	59,39
b'	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238
b	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278

Tabella 1 – C.P.P. Stazione pluviometrica di Spoleto

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Le altezze e le intensità di pioggia determinate per durate inferiori ad 1 ora sono riportate di seguito:

T (min)	h (t,25)	h (t,50)	h (t,100)	h (t,200)
5	24,62	27,37	30,12	32,88
10	29,03	32,28	35,52	38,77
15	31,97	35,55	39,12	42,70
30	37,71	41,92	46,14	50,36

Tabella 2 - Altezze di pioggia per $d < 1$ ora

T (min)	j (t,25)	j (t,50)	j (t,100)	j (t,200)
5	295,40	328,41	361,42	394,50
10	174,19	193,66	213,12	232,63
15	127,89	142,18	156,48	170,80
30	75,41	83,84	92,27	100,72

Tabella 3 - Intensità di pioggia per $d < 1$ ora

4 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

Le acque ricadenti sulla piattaforma stradale vengono convogliate a bordo strada in virtù della pendenza trasversale del nastro pari al 2.5%. Le canalette, costituite in genere da zanelle alla francese, recapitano le acque ai fossi di guardia tramite embrici, nel caso in cui le acque di piattaforma non debbano essere sottoposte ad un trattamento depurativo, oppure ad un sistema di caditoie e collettori nel caso contrario.

Nel seguito vengono delineate le principali tipologie di opere di drenaggio in relazione alle specifiche applicazioni.

4.1.1 Sezioni in rilevato

La soluzione adottata consiste nell'allontanamento delle acque di piattaforma mediante collettore in PVC interrato al margine della carreggiata. La raccolta delle acque sarà realizzata mediante pozzetti con caditoia grigliata disposti ad interasse di 20 m.

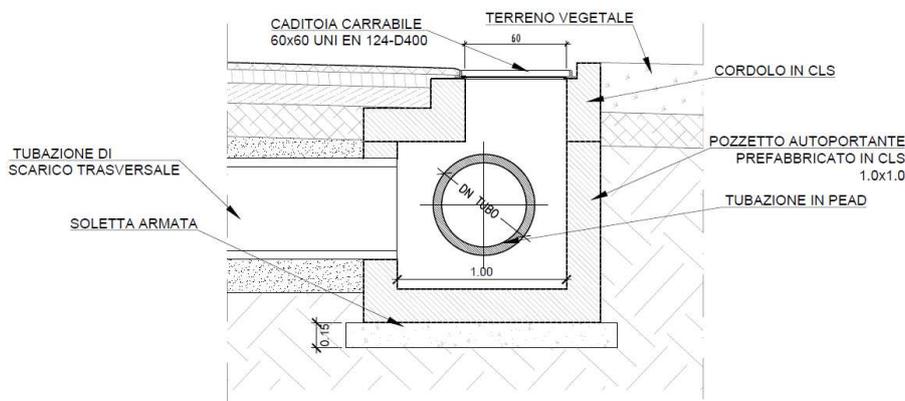


Figura 4-1 – Schema drenaggio in rilevato

4.1.2 Sezioni in trincea

Nei tratti al piede delle trincee è prevista l'esecuzione, in fregio alla pavimentazione stradale, di cunette alla francese in cls di larghezza 1.0 m, con eventuale sottostante tubazione di collettamento in PVC. Le acque raccolte dalla cunetta, saranno trasferite per mezzo di caditoie poste ad interasse pari a 20 m, protette da griglie carrabili sagomate come la stessa cunetta, alla sottostante tubazione di allontanamento. Per i particolari costruttivi dei pozzetti

di raccolta si rimanda ai relativi allegati grafici. Nel caso in cui sia previsto un muro di controripa, verrà realizzata una canaletta a tergo del muro per la raccolta delle acque scolanti lungo la scarpata stessa.

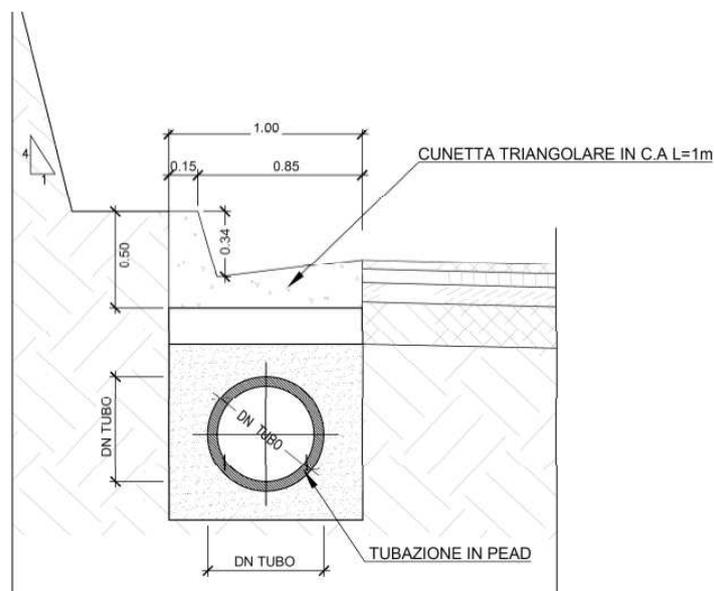


Figura 4-2 – Schema di drenaggio in trincea

4.1.3 Sezioni in galleria

La sezione tipo in galleria, pur non essendo soggetta ad afflusso diretto di acque meteoriche, prevede, comunque, una tubazione laterale, per collettare possibili sversamenti accidentali e la frazione di precipitazione che i veicoli provenienti dal tratto all'aperto trascinano con sé.

Nei tratti in galleria il progetto prevede un sistema a margine della sede stradale di raccolta e smaltimento degli sversamenti accidentali provenienti dalla sede. La conformazione del sistema è costituita da pozzetti sifonati posti ad interasse di 50 m lungo le condotte di raccolta e convogliamento. Il sistema è stato studiato per permettere lo spegnimento delle eventuali fiamme del liquido in entrata, in modo da evitare il propagarsi dell'incendio anche a settori attigui delle gallerie. La scelta del pozzetto tagliafuoco fa sì che le eventuali fiamme restino confinate al pozzetto, impedendo la propagazione lungo la condotta.

Le tubazioni sono ispezionabili in corrispondenza dei pozzetti sifonati rompitratta. I liquidi normalmente raccolti sono convogliati verso l'esterno della galleria alle vasche di prima pioggia.

È previsto inoltre un tubo in cls DN400 fessurato posto all'interno dell'arco rovescio delle gallerie per il drenaggio di fondo delle eventuali infiltrazioni attraverso il manto stradale; a fine galleria esse vengono riversate nel ricettore finale.

4.2 Sezione in viadotto

In corrispondenza di ponti e viadotti sono previste lungo le banchine caditoie stradali, con interasse massimo di 20 m, munite di griglie carrabili in ghisa, collegate alla sottostante tubazione di raccolta in acciaio ed ancorata all'impalcato mediante staffaggi. Tale tubazione, di diametro minimo Φ 315 mm, consentirà di dare continuità ai collettori di raccolta delle acque di piattaforma e di addurre i drenaggi ai collettori posti al termine dell'opera.

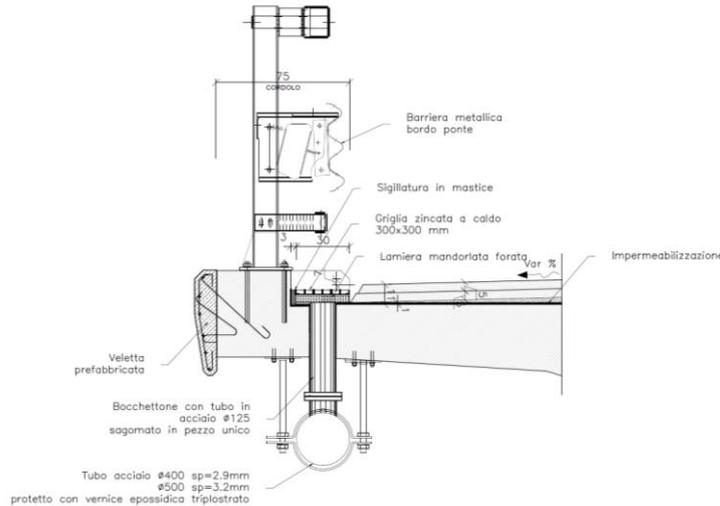


Figura 4.3 – Sezione tipo in viadotto.

4.3 Verifica della capacità di smaltimento dei collettori

Si riporta di seguito lo studio idraulico volto al dimensionamento dei collettori preposti allo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dalla sede stradale. Il tempo di ritorno di riferimento per il dimensionamento di tali opere è assunto pari a 25 anni. I collettori saranno realizzati in PVC e posati a bordo della carreggiata nei tratti in trincea e rilevato, mentre per i viadotti saranno utilizzate condotte in acciaio. La pendenza di fondo, per semplicità, seguirà l'andamento della livelletta stradale, ad esclusione di due tratti in cui sarà necessario andare in contropendenza rispetto alla livelletta stradale: il primo compreso fra la progressiva 0+599.14 e 0+658.09, il secondo compreso fra la progressiva 2+725 e 2+900.80. Il dimensionamento dei collettori è stato effettuato adottando il "Metodo Cinematico" specifico per sistemi di drenaggio urbano. Considerando il generico collettore i -esimo, quello che sottende una superficie totale scolante S_i pari alla somma della superficie afferente alla caditoia corrente e delle superfici afferenti alle caditoie idraulicamente a monte nel tratto di fognatura in oggetto, la portata che affluisce è quindi determinata dalla seguente relazione:

$$Q_p = i * S_i / (1000 * 3600)$$

Dove:

- i è l'intensità di pioggia di progetto
- S_i è la superficie scolante

La verifica del generico collettore è stata condotta nell'ipotesi di moto uniforme, con la relazione di Gauckler - Strickler:

$$Q = A_0 K_0 \sqrt{R_0 i}$$
$$K_0 = c R_0^{1/6}$$

Dove:

- i = pendenza del tronco di condotta;
- R_0 = raggio idraulico della sezione;
- A_0 = area bagnata;
- c = coefficiente di Gauckler - Strickler;
- Q = portata.

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Per ogni elemento è stata determinata la portata corrispondente ad un grado di riempimento massimo del 50% per le tubazioni con diametro nominale inferiore a 400 mm e del 70% per diametri superiori, ed è stata confrontata con la portata transitante in ogni tronco.

Per ogni elemento è stato determinato il contributo di portata; la portata di progetto, ovvero la portata che defluisce nei collettori, è data dalla somma dei singoli contributi.

Per quanto riguarda i valori dei coefficienti di scabrezza è stato assunto $K=100 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le tubazioni in PVC e AC.

I collettori adottati hanno dimensioni variabili che vanno da un minimo di DN315 ad un massimo di DN600. La portata smaltita dai collettori è stata determinata in funzione dell'area drenata, data dall'interasse tra le caditoie pari a 20 m.

Di seguito si riporta la verifica in moto uniforme dei singoli rami, dove si dimostra che il grado di riempimento è, come detto, inferiore al 50% per le condotte con $DN \leq 400$ ed è inferiore al 70% per tutte le altre.

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Nodo iniziale	Nodo finale	Lunghezza (m)	i (%)	Materiale	c (mm ^{1/3} /s)	DN	R (m)	h _{50-70%} (m)	R-h (m)	teta (rad)	A1 (m ²)	A2 (m ²)	p _b (m)	A ₀ (m ²)	R ₀ (m)	K ₀	Q _{50%-70%} (m ³ /s)	i (mm/h)	L (m)	B (m)	Q _p (m ³ /s)	Q _p < Q _{50-70%}
RAMO 1																						
1-1	1-2	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.040	174.19	20.00	10.00	0.0097	si
1-2	1-3	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.040	174.19	20.00	10.00	0.019	si
1-3	1-4	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.040	174.19	20.00	10.00	0.029	si
1-4	1-5	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.040	174.19	20.00	10.00	0.039	si
1-5	1-6	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.077	174.19	20.00	10.00	0.048	si
1-6	1-7	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.077	174.19	20.00	10.00	0.058	si
1-7	1-8	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.077	174.19	20.00	10.00	0.068	si
1-8	1-9	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.077	si
1-9	1-10	20.00	1.30%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.375	174.19	20.00	10.00	0.087	si
1-10	1-11	20.00	1.30%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.375	174.19	20.00	10.00	0.097	si
1-11	1-12	20.00	1.30%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.375	174.19	20.00	10.00	0.106	si
1-12	1-13	20.00	1.30%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.375	174.19	20.00	10.00	0.116	si
1-13	1-14	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.126	si
1-14	1-15	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.135	si
1-15	1-16	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.145	si
1-16	1-17	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.155	si
1-17	1-18	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.165	si
RAMO 2																						
2-1	2-2	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.040	174.19	20.00	10.00	0.010	si
2-2	2-3	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.040	174.19	20.00	10.00	0.019	si
2-3	2-4	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.040	174.19	20.00	10.00	0.029	si
2-4	2-5	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.040	174.19	20.00	10.00	0.039	si
2-5	2-6	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.077	174.19	20.00	10.00	0.048	si
2-6	2-7	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.077	174.19	20.00	10.00	0.058	si
2-7	2-8	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.077	174.19	20.00	10.00	0.068	si
2-8	2-9	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.077	si
2-9	2-10	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.087	si
2-10	2-11	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.097	si
2-11	2-12	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.106	si
2-12	2-13	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.116	si
2-13	2-14	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.126	si
2-14	2-15	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.135	si
2-15	2-16	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.145	si
2-16	2-17	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.155	si
2-17	2-18	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.165	si
2-18	2-19	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.174	si
2-19	2-20	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.184	si
2-20	2-21	20.00	0.50%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.232	174.19	20.00	10.00	0.194	si

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Nodo iniziale	Nodo finale	Lunghezza (m)	i (%)	Materiale	c (mm ^{1/3} /s)	DN	R (m)	h _{50-70%} (m)	R-h (m)	teta (rad)	A1 (m ²)	A2 (m ²)	p _b (m)	A ₀ (m ²)	R ₀ (m)	K ₀	Q _{50%-70%} (m ³ /s)	i (mm/h)	L (m)	B (m)	Q _p (m ³ /s)	Q _p < Q _{50-70%}
RAMO 3																						
3-1	3-2	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.010	si
3-2	3-3	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.019	si
3-3	3-4	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.029	si
3-4	3-5	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.039	si
3-5	3-6	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.048	si
3-6	3-7	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.058	si
3-7	3-8	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.068	si
3-8	3-9	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.077	si
3-9	3-10	20.00	2.80%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.164	174.19	20.00	10.00	0.087	si
3-10	3-11	20.00	1.00%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.098	174.19	20.00	10.00	0.097	si
3-11	3-12	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.106	si
3-12	3-13	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.116	si
3-13	3-14	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.126	si
3-14	3-15	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.135	si
3-15	3-16	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.145	si
3-16	3-17	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.155	si
3-17	3-18	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.165	si
3-18	3-19	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.174	si
3-19	3-20	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.184	si
3-20	3-21	20.00	1.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.298	174.19	20.00	10.00	0.194	si
3-21	3-22	20.00	0.50%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.210	174.19	20.00	10.00	0.203	si
3-22	3-23	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.213	si
3-23	3-24	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.223	si
3-24	3-25	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.232	si
3-25	3-26	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.242	si
3-26	3-27	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.252	si
3-27	3-28	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.261	si
3-28	3-29	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.271	si
3-29	3-30	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.281	si
3-30	3-31	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.290	si
3-31	3-32	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.300	si
3-32	3-33	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.310	si
3-33	3-34	20.00	0.50%	PVC	85	630	0.2966	0.415	-0.12	3.96	0.17	-0.03	1.18	0.21	0.18	63.61	0.390	174.19	20.00	10.00	0.319	si
RAMO 4																						
4-1	4-2	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.010	si
4-2	4-3	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.019	si
4-3	4-4	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.029	si
4-4	4-5	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.039	si
4-5	4-6	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.048	si
4-6	4-7	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.058	si
4-7	4-8	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.068	si
4-8	4-9	5.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	5.00	10.00	0.070	si

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Nodo iniziale	Nodo finale	Lunghezza (m)	i (%)	Materiale	c (mm ^{1/3} /s)	DN	R (m)	h _{50-70%} (m)	R-h (m)	teta (rad)	A1 (m ²)	A2 (m ²)	p _b (m)	A ₀ (m ²)	R ₀ (m)	K ₀	Q _{50%-70%} (m ³ /s)	i (mm/h)	L (m)	B (m)	Q _p (m ³ /s)	Q _p < Q _{50-70%}
RAMO 5																						
5-1	5-2	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.010	si
5-2	5-3	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.019	si
5-3	5-4	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.029	si
5-4	5-5	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.039	si
5-5	5-6	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.048	si
5-6	5-7	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.058	si
5-7	5-8	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.068	si
5-8	5-9	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.077	si
5-9	5-10	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	315	0.1575	0.158	0.00	3.14	0.04	0.00	0.49	0.04	0.08	52.38	0.089	174.19	20.00	10.00	0.087	si
5-10	5-11	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.143	174.19	20.00	10.00	0.097	si
5-11	5-12	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.143	174.19	20.00	10.00	0.106	si
5-12	5-13	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.143	174.19	20.00	10.00	0.116	si
5-13	5-14	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.143	174.19	20.00	10.00	0.126	si
5-14	5-15	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	400	0.2000	0.200	0.00	3.14	0.06	0.00	0.63	0.06	0.10	54.50	0.143	174.19	20.00	10.00	0.135	si
5-15	5-16	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.145	si
5-16	5-17	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.155	si
5-17	5-18	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.165	si
5-18	5-19	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.174	si
5-19	5-20	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.184	si
5-20	5-21	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.194	si
5-21	5-22	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.203	si
5-22	5-23	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.213	si
5-23	5-24	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.223	si
5-24	5-25	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.232	si
5-25	5-26	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.242	si
5-26	5-27	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.252	si
5-27	5-28	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.261	si
5-28	5-29	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.271	si
5-29	5-30	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.281	si
5-30	5-31	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.290	si
5-31	5-32	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.300	si
5-32	5-33	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.310	si
5-33	5-34	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.319	si
5-34	5-35	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.329	si
5-35	5-36	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.339	si
5-36	5-37	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.348	si
5-37	5-38	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.358	si
5-38	5-39	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.368	si
5-39	5-40	20.00	1.74%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.434	174.19	20.00	10.00	0.377	si
5-40	5-41	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.509	174.19	20.00	10.00	0.387	si
5-41	5-42	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.509	174.19	20.00	10.00	0.397	si
5-42	5-43	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.509	174.19	20.00	10.00	0.406	si
5-43	5-44	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.509	174.19	20.00	10.00	0.416	si
5-44	5-45	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.509	174.19	20.00	10.00	0.426	si
5-45	5-46	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.509	174.19	20.00	10.00	0.435	si
5-46	5-47	20.00	2.40%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.509	174.19	20.00	10.00	0.445	si
5-47	5-48	5.00	2.40%	ACCIAIO	80	500	0.2500	0.350	-0.10	3.96	0.12	-0.02	0.99	0.15	0.15	58.19	0.509	174.19	5.00	10.00	0.380	si

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Nodo iniziale	Nodo finale	Lunghezza (m)	i (%)	Materiale	c (mm ^{1/3} /s)	DN	R (m)	h _{50-70%} (m)	R-h (m)	teta (rad)	A1 (m ²)	A2 (m ²)	p _b (m)	A ₀ (m ²)	R ₀ (m)	K ₀	Q _{50%-70%} (m ³ /s)	i (mm/h)	L (m)	B (m)	Q _p (m ³ /s)	Q _p < Q _{50-70%}
RAMO 6																						
6-1	6-2	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.010	si
6-2	6-3	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.019	si
6-3	6-4	20.00	2.80%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.087	174.19	20.00	10.00	0.029	si
RAMO 7A																						
7A-1	7A-2	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-2	7A-3	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-3	7A-4	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-4	7A-5	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-5	7A-6	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-6	7A-7	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-7	7A-8	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-8	7A-9	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-9	7A-10	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-10	7A-11	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-11	7A-12	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-12	7A-13	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-13	7A-14	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.015	si
7A-14	7A-15	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.025	si
7A-15	7A-16	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.034	si
7A-16	7A-17	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.044	si
7A-17	7A-18	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.054	si
7A-18	7A-19	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.063	si
7A-19	7A-20	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.073	si
7A-20	7A-21	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.083	si
7A-21	7A-22	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.092	si
7A-22	7A-23	20.00	3.00%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.170	174.19	20.00	10.00	0.102	si
7A-23	7A-24	20.00	3.00%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.170	174.19	20.00	10.00	0.112	si
7A-24	7A-25	20.00	3.00%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.170	174.19	20.00	10.00	0.121	si
7A-25	7A-26	20.00	3.00%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.170	174.19	20.00	10.00	0.131	si
7A-26	7A-27	20.00	3.00%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.170	174.19	20.00	10.00	0.141	si
7A-27	7A-28	20.00	3.00%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.170	174.19	20.00	10.00	0.150	si
RAMO 7B																						
7B-1	7B-2	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.010	si
7B-2	7B-3	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.019	si
7B-3	7B-4	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.029	si
7B-4	7B-5	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.039	si
7B-5	7B-6	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.048	si
7B-6	7B-7	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.058	si
7B-7	7B-8	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.068	si
7B-8	7B-9	20.00	3.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.097	174.19	20.00	10.00	0.077	si
7B-9	7B-10	20.00	3.50%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.183	174.19	20.00	10.00	0.087	si
7B-10	7B-11	20.00	3.50%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.183	174.19	20.00	10.00	0.097	si
7B-11	7B-12	20.00	3.50%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.183	174.19	20.00	10.00	0.106	si
7B-12	7B-13	20.00	3.50%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.183	174.19	20.00	10.00	0.116	si
7B-13	7B-14	20.00	3.00%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.170	174.19	20.00	10.00	0.126	si
7B-14	7B-15	20.00	3.00%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.170	174.19	20.00	10.00	0.135	si
RAMO 8																						
8-1	8-2	30.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	30.00	10.00	0.015	si

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Nodo iniziale	Nodo finale	Lunghezza (m)	i (%)	Materiale	c (mm ^{1/3} /s)	DN	R (m)	h _{50-70%} (m)	R-h (m)	teta (rad)	A1 (m ²)	A2 (m ²)	p _b (m)	A ₀ (m ²)	R ₀ (m)	K ₀	Q _{50%-70%} (m ³ /s)	i (mm/h)	L (m)	B (m)	Q _p (m ³ /s)	Q _p < Q _{50-70%}	
8-2	8-3	15.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	15.00	10.00	0.022	si	
RAMO 9																							
9-1	9-2	20.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	20.00	10.00	0.010	si	
9-2	9-3	20.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	20.00	10.00	0.019	si	
9-3	9-4	20.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	20.00	10.00	0.029	si	
RAMO 10																							
10-1	10-2	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.010	si	
10-2	10-3	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.019	si	
10-3	10-4	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.029	si	
10-4	10-5	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.039	si	
10-5	10-6	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.048	si	
10-6	10-7	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.058	si	
10-7	10-8	20.00	4.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.104	174.19	20.00	10.00	0.068	si	

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Nodo iniziale	Nodo finale	Lunghezza (m)	i (%)	Materiale	c (mm ^{1/3} /s)	DN	R (m)	h _{50-70%} (m)	R-h (m)	teta (rad)	A1 (m ²)	A2 (m ²)	p _b (m)	A ₀ (m ²)	R ₀ (m)	K ₀	Q _{50%-70%} (m ³ /s)	i (mm/h)	L (m)	B (m)	Q _p (m ³ /s)	Q _p < Q _{50-70%}
RAMO 11																						
11-1	11-2	20.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	20.00	10.00	0.010	si
11-2	11-3	20.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	20.00	10.00	0.019	si
11-3	11-4	20.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	20.00	10.00	0.029	si
11-4	11-5	20.00	0.50%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.210	174.19	20.00	10.00	0.077	si
11-5	11-6	20.00	0.50%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.210	174.19	20.00	10.00	0.087	si
11-6	11-7	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.097	si
11-7	11-8	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.106	si
11-8	11-9	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.116	si
11-9	11-10	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.126	si
11-10	11-11	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.135	si
11-11	11-12	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.145	si
11-12	11-13	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.155	si
11-13	11-14	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.165	si
11-14	11-15	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.174	si
11-15	11-16	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.184	si
11-16	11-17	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.194	si
11-17	11-18	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.203	si
11-18	11-19	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.213	si
11-19	11-20	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.223	si
11-20	11-21	20.00	4.00%	PVC	85	500	0.2354	0.330	-0.09	3.96	0.11	-0.02	0.93	0.13	0.14	61.21	0.595	174.19	20.00	10.00	0.232	si
RAMO 12																						
12-1	12-2	20.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	20.00	10.00	0.010	si
12-2	12-3	20.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	20.00	10.00	0.019	si
12-3	12-4	20.00	0.50%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.037	174.19	20.00	10.00	0.029	si
12-4	11-4/12-5	20.00	0.50%	PVC	85	400	0.1883	0.188	0.00	3.14	0.06	0.00	0.59	0.06	0.09	57.33	0.069	174.19	20.00	10.00	0.039	si
RAMO 13																						
13-1/11-1	13-2	20.00	2.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.073	174.19	20.00	10.00	0.010	si
13-2	13-3	20.00	2.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.073	174.19	20.00	10.00	0.019	si
RAMO 14																						
14-1	14-2	20.00	2.00%	PVC	85	315	0.1483	0.148	0.00	3.14	0.03	0.00	0.47	0.03	0.07	55.09	0.073	174.19	20.00	10.00	0.010	si

4.4 Verifica della capacità di smaltimento degli embrici e delle caditoie

Il drenaggio superficiale per lo smaltimento delle acque cadenti sulla superficie stradale è realizzato, in generale, da zanelle ricavate al ciglio della carreggiata che recapitano in embrici o caditoie a seconda che sia necessario o meno trattare le acque di piattaforma prima dell'immissione nel reticolo idrografico superficiale. Le secessive verifiche sono eseguite per un tempo di ritorno pari a 25 anni.

Zanelle e embrici

Le zanelle in calcestruzzo sono del tipo triangolare “alla francese” che recapitano in embrici posti ad interasse pari a 20 m.

La capacità di evacuazione degli embrici può essere stimata ipotizzando un funzionamento a soglia sfiorante di larghezza L e altezza d'acqua h secondo la relazione:

$$Q = c_q (L * h) \sqrt{2gh}$$

dalla quale, ponendo:

- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (accelerazione di gravità);
- $c_q = 0.5$ (coefficiente di portata);
- $L = 0.5 \text{ m}$ (larghezza di invito dell'embrice, ridotta del 50% in favore di sicurezza);
- $h = 0.055 \text{ m}$, valutato come il minore tra il valore ricavato con il seguente metodo:

$$h = h_1 + h_2$$

dove $h_1 = 0.04 \text{ m}$ pari allo spessore dello strato di usura drenante e $h_2 = 0.025$ è il minore tra i seguenti valori

- assumendo una pendenza trasversale pari al 2,5% ed avendo una larghezza della banchina pari 1 m, la massima altezza dell'acqua sul cordolo è pari a 2,5 cm;
- altezza della lama d'acqua pari alla metà dell'altezza massima del cordolo come previsto dal DM 05/11/2001 pari a 5,0 cm;

Si ottiene una portata massima di evacuazione pari a 18,35 l/s

Embrici

$C_q =$	0,5	coeff. di efflusso
$g =$	9,81 m/s ²	accelerazione di gravità
$L =$	1 m	larghezza di invito
$f_s =$	0,5	fattore di sicurezza
$h_1 =$	0,04 m	spessore dello strato di usura drenante
$l =$	1 m	larghezza banchina
$h_c =$	0,05 m	altezza cordolo
$h_2 =$	0,025 m	min tra $l \cdot p$ e $h_c/2$
$h =$	0,065 m	$h = h_1 + h_2$ carico idraulico
$Q =$	18,35 l/s	portata

L'interasse tra gli embrici viene verificato assicurandosi che la portata che defluisce dalle aperture è maggiore della portata calcolata per l'area da drenare per un tempo di corrivazione di 10 min, calcolata come segue:

$$Q = \frac{\Phi \times h_T \times S}{3,6 \times t_c}$$

In cui S è la superficie del bacino in km², Φ il coefficiente di deflusso dell'area, h_T è l'altezza di pioggia in mm avente durata pari al tempo di corrivazione del bacino ($t_c = 5$ min) e tempo di ritorno $T_r = 25$ anni. Si assume un coefficiente di deflusso Φ pari a 1 ed una superficie $S = 11 \times 20 = 220$ m². Sostituendo nella relazione precedente si ottiene una portata affluente alla zanella nella sezione di scarico in prossimità dell'embrice pari a circa 18,05 l/s, ovvero un contributo unitario per metro di lunghezza pari 0.9 l/s.

Interasse tra embrici

$i =$	295.40 mm/h	intensità di pioggia per $t_c=5$ min e $T_r=25$ anni
$\phi =$	1	coeff. Di afflusso
$L =$	11 m	larghezza carreggiata
$l =$	20 m	interasse embrici
$Q =$	18.05 l/s	portata da smaltire

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Caditoie

Le acque di ruscellamento superficiale affluenti alle zanelle vengono smaltite dagli embrici nei tratti in cui non è necessario prevedere un sistema di trattamento delle acque di piattaforma. Nei casi in cui invece tale sistema è previsto, si provvederà alla raccolta delle acque di piattaforma mediante la collocazione a bordo strada di una serie di caditoie a salto sul fondo con griglia orizzontale, collegate tra di loro da collettori di opportuno diametro, con lo scopo di convogliare le acque al sistema di trattamento e quindi al recapito finale. Il calcolo delle caditoie viene condotto verificando una superficie massima scolante di riferimento avente area pari a 220 m² per ciascuna caditoia, essendo queste interposte ad una distanza di 20 m. La portata da smaltire risulta quindi essere la stessa calcolata precedentemente per gli embrici, cioè pari a 18,05 l/s. Si procede quindi alla verifica della caditoia considerando un tirante idrico massimo sul piazzale pari ad h = 0,01 m. Utilizzando la relazione sviluppata da McGhee, la capacità di smaltimento della caditoia è calcolabile tramite la seguente:

$$q_{max} = K * A * h^{1/2} * \eta$$

in cui:

- A è l'area libera della luce;
- K è una costante pari a 2,96 nel S.I.;
- η è un coefficiente riduttivo per mettere in conto il possibile intasamento della griglia.

Caditoie

k =	2.96	coeff. di efflusso
η =	0.75	coeff. riduttivo
h =	0.01 m	battente idraulico
b =	0.6 m	base caditoia
h =	0.6 m	altezza caditoia
a =	30%	percentuale luce libera
A =	0.108 mq	area libera
Q =	23.98 l/s	portata smaltita

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Interasse tra caditoie

i =	295.40 mm/h	intensità di pioggia per tc=5min e Tr=25anni
ϕ =	1	coeff. Di afflusso
L =	11 m	larghezza carreggiata
I =	20 m	interasse caditoie
Q =	18.05 l/s	portata da smaltire

Adottando caditoie piane 60x60 cm, per una area libera A di circa 0,14 m², e considerando una riduzione del 25 % per tener conto dell'intasamento ($\eta = 0.75$), si ottiene:

$$q_{max} = 2,96 * 0,14 * 0,01^{1/2} * 0,75 = 0,031 \text{ m}^3/\text{s} = 31 \text{ l/s} > 18,05 \text{ l/s} = q$$

Risultando $q < q_{max}$ la caditoia è in grado di smaltire le portate richieste con i tiranti ritenuti cautelativi.

4.5 Verifica dei tratti in viadotto

Per i tratti in viadotto si è considerato ammissibile l'allagamento di un metro di piattaforma a margine della carreggiata. Si realizza così un canale di bordo triangolare con una larghezza B = 1 m, avendo previsto una tale ampiezza massima d'impegno della banchina, e con un tirante d'acqua dipendente dalla pendenza trasversale i della carreggiata. Lo scarico dell'acqua di raccolta è affidato a bocchettoni posti ad opportuno interasse tra loro, che convogliano l'acqua, tramite un tubo di acciaio di dimensioni Φ 125 mm, alla sottostante tubazione di raccolta in acciaio ed ancorata all'impalcato mediante staffaggi. Per la determinazione dell'interasse tra i bocchettoni può essere utilizzata la formula di Gauckler-Strickler, applicata ad un canale di sezione triangolare:

$$Q = K * A * R^{2/3} * i^{1/2}$$

con $K = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, pari a Manning $n = 0.014$

Con pendenza trasversale p_t variabile, si ha:

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

$$A = \text{area bagnata} = p_t \cdot B^2 / 2$$

$$C = \text{contorno bagnato} = B \cdot (1 + p_t)$$

$$R = \text{raggio idraulico} = A / C = B / 2 \cdot (p_t / (1 + p_t))$$

Viene fissata la larghezza massima impegnata dal canale di bordo pari a 1.0 m ed una pendenza trasversale cautelativamente al 2,5%.

Lungo tutto lo sviluppo del viadotto si prevedono caditoie con interasse pari a 20 m.

La portata di progetto viene calcolata considerando un tempo di corrivazione di 5 min.

Interasse tra caditoie

i =	295.40 mm/h	intensità di pioggia per $t_c=5\text{min}$ e $T_r=25\text{anni}$
ϕ =	0.9	coeff. Di afflusso
L =	10 m	larghezza carreggiata
I =	20 m	interasse caditoie
Q =	14.77 l/s	portata da smaltire

Una volta stabilito l'interasse tra i bocchettoni, occorre verificare che questi siano in grado di smaltire la portata in arrivo. In particolare si possono utilizzare le formule classiche degli stramazzi.

Per la caditoia si considera la relazione precedentemente illustrata

Caditoie

k =	2.96	coeff. di efflusso
η =	0.75	coeff. riduttivo
h =	0.01 m	battente idraulico
b =	0.3 m	base caditoia
h =	0.3 m	altezza caditoia
a =	70%	percentuale luce libera
A =	0.063 mq	area libera
Q =	15.32 l/s	portata smaltita

Il dimensionamento del bocchettone può farsi trattandolo come soglia sfiorante a pianta circolare o come luce sotto battente a seconda del carico h all'imbocco (pari all'altezza tra la base della grata e l'inizio del discendente).

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

- Se il funzionamento è a soglia sfiorante di diametro D, la portata massima è pari a:

$$Q = Cq * h * \pi * D \sqrt{2gH} \quad \text{con } Cq = 0.35$$

- Se il funzionamento è sotto battente la portata massima è pari a:

$$Q = Cq * A * \sqrt{2gH} \quad \text{con } Cq = 0.6, A = \text{area del discendente}$$

Le due relazioni forniscono lo stesso risultato quando:

$$h = 0.6 * D / (4 * 0.35) = 0.429 * D$$

Bocchettone

h =	0,1 m	carico idraulico
D =	0,125 m	diametro bocchettone
Relazione da considerare:		Soglia sfiorante

Soglia sfiorante

C _q =	0,35	coeff. di efflusso
h =	0,1 m	carico idraulico
D =	0,125 m	diametro
Q =	19,252 l/s	portata effluente

Tale valore risulta essere sempre superiore ai valori di portata drenata dalla piattaforma con gli interassi degli scarichi precedentemente assegnanti.

4.6 Verifica della capacità di deflusso delle zanelle

Le zanelle a pelo libero sono state dimensionate nell'ipotesi di moto uniforme, con la relazione di Gauckler - Strickler:

$$Q = A_0 K_0 \sqrt{R_0 i}$$

$$K_0 = c R_0^{1/6}$$

Dove:

- i = pendenza del tronco di condotta;
- R₀ = raggio idraulico della sezione;

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

- A_0 = area bagnata;
- c = coefficiente di Gauckler - Strickler;
- Q = portata.

Le verifiche sono state condotte per due tratti che rappresentano le condizioni limite di pendenza, massima e minima, considerando una portata di 18.05 l/s, pari a quella utilizzata per la verifica delle caditoie e degli embrici. Le pendenze hanno valori del 4% e dello 0.5%. La scabrezza delle cunette alla francese considerata è pari a $n=0.015 \text{ s/m}^{1/3}$ (Manning).

Le verifiche mostrano che la vena fluida è sempre contenuta all'interno della sezione della zanella, evitando così la formazione di una lama d'acqua sulla piattaforma stradale.

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

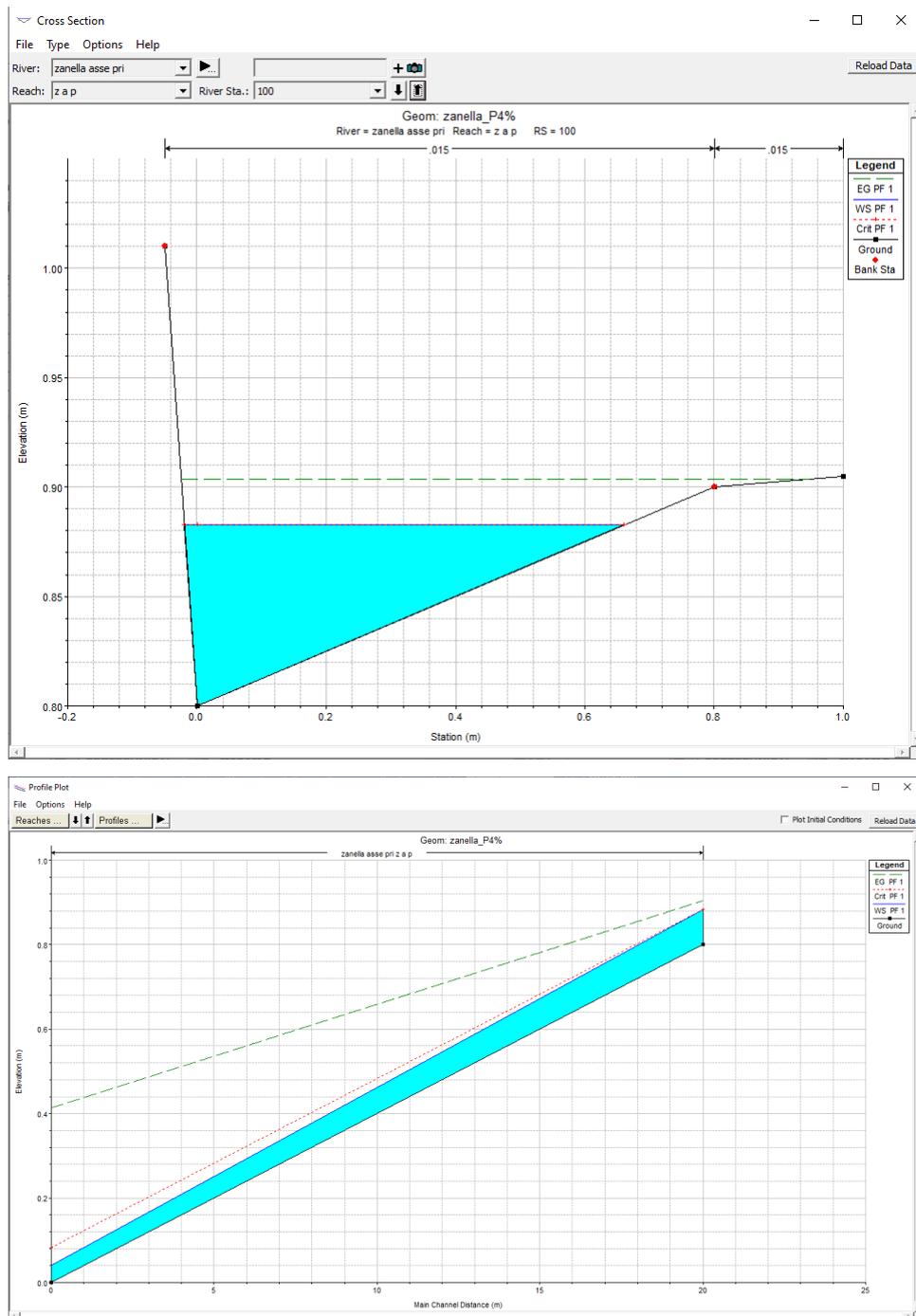


Figura 4.4 – Sezione e profilo idraulico cunetta alla francese tratto con pendenza massima.

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

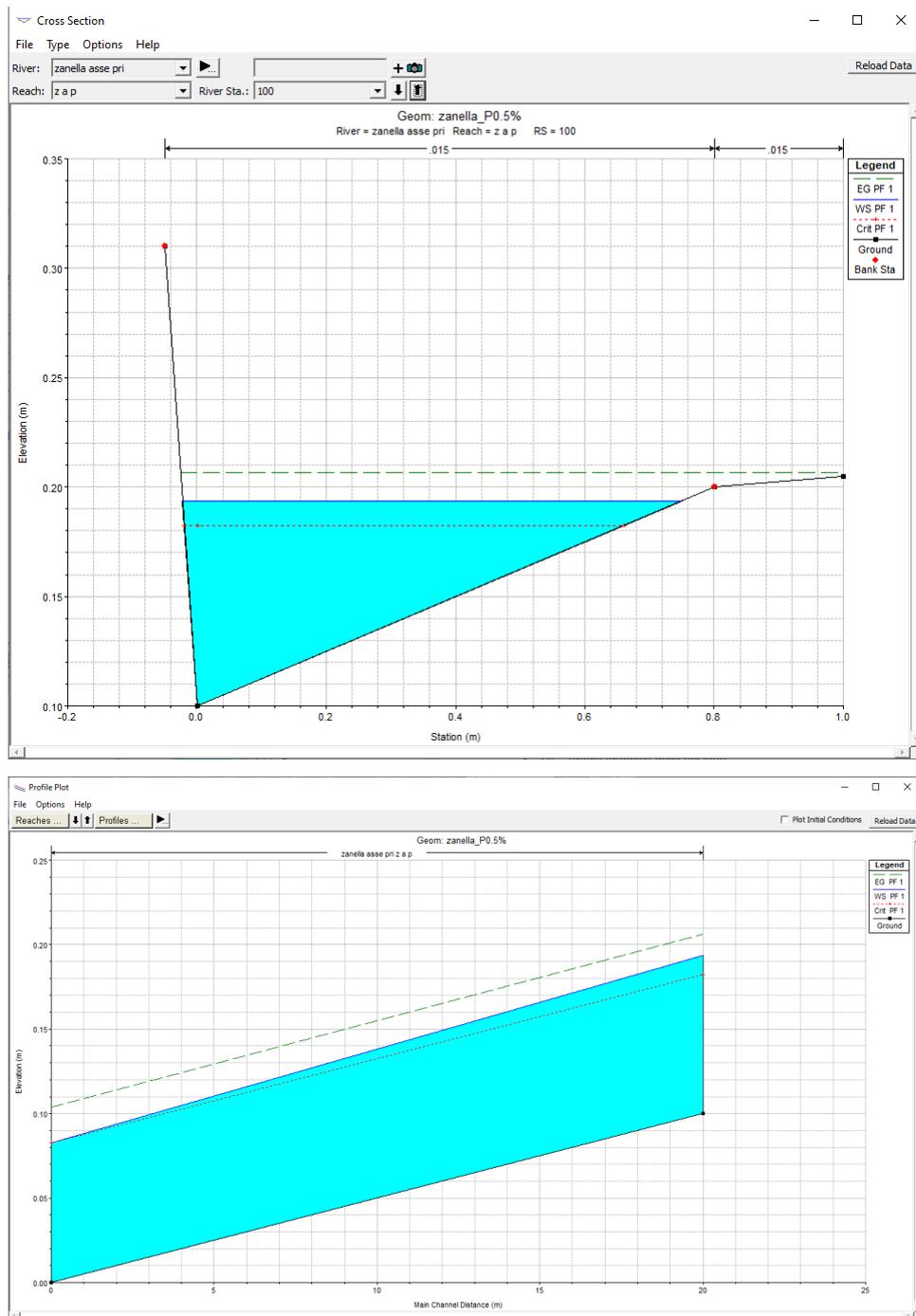


Figura 4.5 – Sezione e profilo idraulico cunetta alla francese tratto con pendenza minima.

5 VERIFICA IDRAULICA DEI FOSSI DI GUARDIA

I fossi di guardia assolvono la funzione di intercettare le acque provenienti dai versanti recapitandole a valle dell'opera attraverso tombini o altri recettori esistenti. L'ubicazione delle opere è riportata nelle planimetrie allegate.

La sezione idraulica tipo dei fossi di guardia sarà di forma trapezia 50x50 cm, sponde con pendenza 1:1 e pendenza minima del fondo pari all'1%. I fossi saranno tutti realizzati in terra.

La verifica idraulica è stata effettuata in riferimento ad un tempo di ritorno pari a $T_r=100$ anni ed è stata condotta sotto l'ipotesi di moto uniforme relativamente alla sezione di chiusura, per la quale è stata stimata la superficie scolante di riferimento, utilizzando la relazione di Gauckler - Strickler:

$$Q = A_0 K_0 \sqrt{R_0 i}$$
$$K_0 = c R_0^{1/6}$$

Dove:

- i = pendenza del tronco di condotta;
- R_0 = raggio idraulico della sezione;
- A_0 = area bagnata;
- c = coefficiente di Gauckler - Strickler;
- Q = portata.

Si assume per i canali in terra con vegetazione un valore di K pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Il calcolo delle portate di colmo Q_{\max} per il dimensionamento dei fossi di guardia è stato effettuato utilizzando la seguente formula:

$$Q = (\Phi * h_T * S) / (3,6 * t_c)$$

In cui S è l'area scolante, Φ il coefficiente di deflusso dell'area, h_T è l'altezza di pioggia in mm avente durata pari al tempo di corrivazione del bacino e tempo di ritorno T_r . Per il tempo di ritorno T_r si è assunto un valore pari a 100 anni.

Viste le ridotte dimensioni delle aree scolanti si assume un tempo di corrivazione pari a 15 min e un coefficiente di deflusso pari a 0,4.

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Di seguito si riportano le scale dei deflussi per la sezione trapezia nelle condizioni più gravose.

Portata di progetto

A =	10000 m ²	Area scolante
φ =	0,4	coeff. di afflusso
i =	156,48 mm/h	intensità di pioggia per tc = 30 min
Qp =	0,173867 m ³ /s	
Qp =	173,87 l/s	portata da smaltire

Geometria della sezione

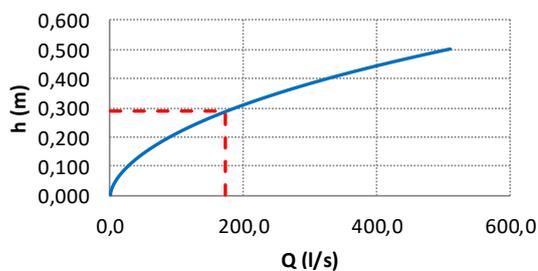
Sezione trapezia

B =	0,50 m	base
H =	0,500 m	altezza
n =	45 °	inclinazione
i =	0,010	1,000% pendenza
c =	25 mm ^{1/3} /s	Coeff. di scabrezza Gauckler Strickler

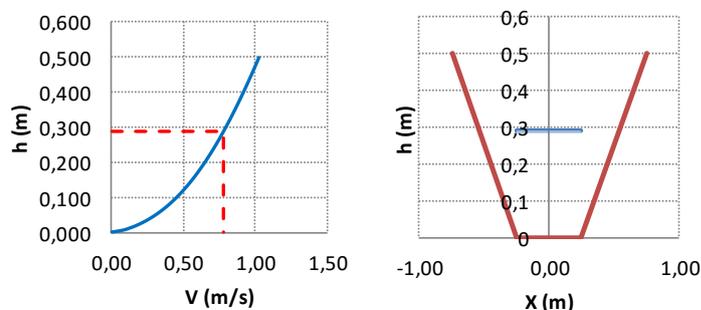
Verifiche

Q _{max} =	510,78 l/s	Portata massima smaltita
Q _p =	173,87 l/s	Portata di progetto
V =	0,78 m/s	Velocità massima
GR =	58%	Grado di riempimento
h =	0,29 m	Tirante idrico

Scala dei deflussi



Scala delle velocità



6 PRESIDI IDRAULICI PER IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

La tutela dall'inquinamento delle acque e dei suoli, e l'esigenza dell'utilizzo sostenibile della risorsa, impongono al giorno d'oggi una particolare attenzione al controllo e allo smaltimento delle acque inquinate delle piattaforme stradali. Le due principali forme di inquinamento legate ai trasporti su strada riguardano principalmente due problematiche: le emissioni e i rilasci dei veicoli in transito sull'infrastruttura viaria da una parte, e gli sversamenti accidentali di sostanze pericolose/inquinanti dall'altra. In entrambi i casi, nella progettazione di una infrastruttura viaria, si pone la questione della valutazione del rischio e quindi dell'opportunità, scelta, ubicazione e dimensionamento di eventuali sistemi di controllo e delle corrispondenti procedure gestionali.

I sistemi di controllo dell'inquinamento proveniente dalle infrastrutture viarie sono costituiti da presidi idraulici riconducibili principalmente a due tipologie:

- Vasche di prima pioggia: finalizzate al controllo dell'inquinante depositato usualmente sulla piattaforma stradale e dilavato in tempo di pioggia.
- Vasche di emergenza per sversamenti accidentali: finalizzate al controllo dell'inquinamento dovuto a sversamento accidentale di sostanze pericolose sulla piattaforma stradale.

Il presente progetto prevede la realizzazione di vasche di prima pioggia per il trattamento delle acque di piattaforma e la realizzazione di apposite vasche di raccolta per sversamenti accidentali come misure di protezione ambientale degli ambienti idrici, superficiale e sotterraneo, con cui interferisce l'opera in progetto. Nel presente progetto, è stato previsto il presidio idraulico dell'intera tratta stradale interessata dal progetto, con la realizzazione di vasche per il trattenimento degli sversamenti accidentali (oli e/o carburanti) e di disoleazione e sedimentazione delle acque di prima pioggia. Le vasche di prima pioggia assolveranno quindi anche il compito di vasche per la raccolta degli sversamenti accidentali e se ne prevedono un numero pari a 3.

6.1 Vasche di prima pioggia

Per quanto riguarda le vasche di prima pioggia, queste saranno realizzate, in accordo alle prescrizioni progettuali, a protezione degli ambienti idrici superficiale e sotterraneo del Torrente Marroggia per la quasi interezza del tracciato, ed in particolare dall'inizio del viadotto Marroggia I alla fine del viadotto Mulini. Le vasche saranno realizzate mediante un sistema che prevede il trattamento di dissabbiatura e di disoleatura delle acque di prima pioggia opportunamente

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

recapitate alle vasche mediante un sistema di raccolta costituito da caditoie e collettori che corrono a bordo della carreggiata e raccolgono il totale delle acque ricadenti sulla superficie della piattaforma stradale. Le acque di prima pioggia sono costituite dalle acque di scorrimento superficiale defluite nei primi istanti di un evento di precipitazione e caratterizzate da elevate concentrazioni di sostanze inquinanti, spesso addirittura superiori a quelle registrate negli stessi reflui in condizioni ordinarie. A seguito degli eventi di precipitazione, infatti, le acque meteoriche operano il dilavamento delle superfici urbane causando il trasporto in fognatura di sostanze inquinanti tra le quali, principalmente, solidi sedimentabili (organici o inorganici), elementi contenenti nutrienti, batteri, oli, grassi e metalli pesanti; tale fenomeno di dilavamento è noto con il nome di first flush. Come fonte diretta i veicoli contribuiscono all'apporto di metalli pesanti attraverso gli scarichi delle auto, l'usura delle parti meccaniche in movimento e la perdita di oli e grassi lubrificanti; come fonte indiretta contribuisce all'apporto di solidi attraverso l'erosione dei manti stradali e il trasporto di sedimenti. Un'altra fonte di inquinamento della piattaforma stradale è rappresentata dall'atmosfera: durante i periodi di tempo secco si verifica il deposito di polveri, mentre durante gli eventi di precipitazione avviene il dilavamento sia del particolato atmosferico che di composti disciolti. Gli agenti inquinanti presenti nelle acque di piattaforma si possono, pertanto, suddividere nelle seguenti classi:

- Metalli pesanti, associati al traffico e prodotti dal consumo di parti di veicoli;
- Nutrienti, per lo più di origine atmosferica;
- Sali, soprattutto cloruri, provenienti dalle operazioni di spargimento dei sali disgelanti effettuate durante i mesi invernali;
- Idrocarburi, derivanti dalla cessione di fluidi da parte dei veicoli e da prodotti di combustione.

Numerosi studi evidenziano che uno dei maggiori contributi al carico inquinante trascinato dalle acque di prima pioggia è legato al trasporto solido rappresentato dai solidi sospesi. Il trasporto solido nella prima metà dello sfioro può trasportare fino al 70% del carico totale e comunque le concentrazioni di inquinanti sono più marcate per le sostanze sospese che per quelle disciolte [Weeks, 1982, Australia]. Il progetto del sistema di trattamento delle acque meteoriche superficiali è basato sulla considerazione che il possibile inquinamento di queste avvenga principalmente nella prima caduta di acque piovane dopo un periodo di secco (di qui la definizione di acque di

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

“prima pioggia”), per effetto del dilavamento e trascinarsi di polveri e sostanze oleose presenti sulla superficie delle pavimentazioni. Da un punto di vista normativo se da una parte il D.Lgs. n°152 del 2006 fissa le concentrazioni massime di idrocarburi da aversi in uscita dagli impianti, ovvero prima dell’invio al ricettore finale o della dispersione in falda, dall’altra la valutazione dell’altezza della lama d’acqua per la determinazione dei volumi da trattare e del tempo massimo per il calcolo delle portate addotte è lasciata alla sensibilità del progettista. Per tali parametri si è fatto riferimento a quanto indicato nella D.G.R. del 9 luglio 2007, n. 1171 della Regione dell’Umbria, che di fatto riprende la Legge n° 162 del ’85 della Regione Lombardia, ritenendoli adeguati al dimensionamento degli impianti in progetto.

Le vasche, finalizzate alla disoleazione e alla sedimentazione delle acque di prima pioggia drenate dalla piattaforma stradale, sono state posizionate a monte di ogni scarico in maniera opportuna per permettere le usuali operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria (in caso di sversamenti accidentali di oli e/o carburanti).

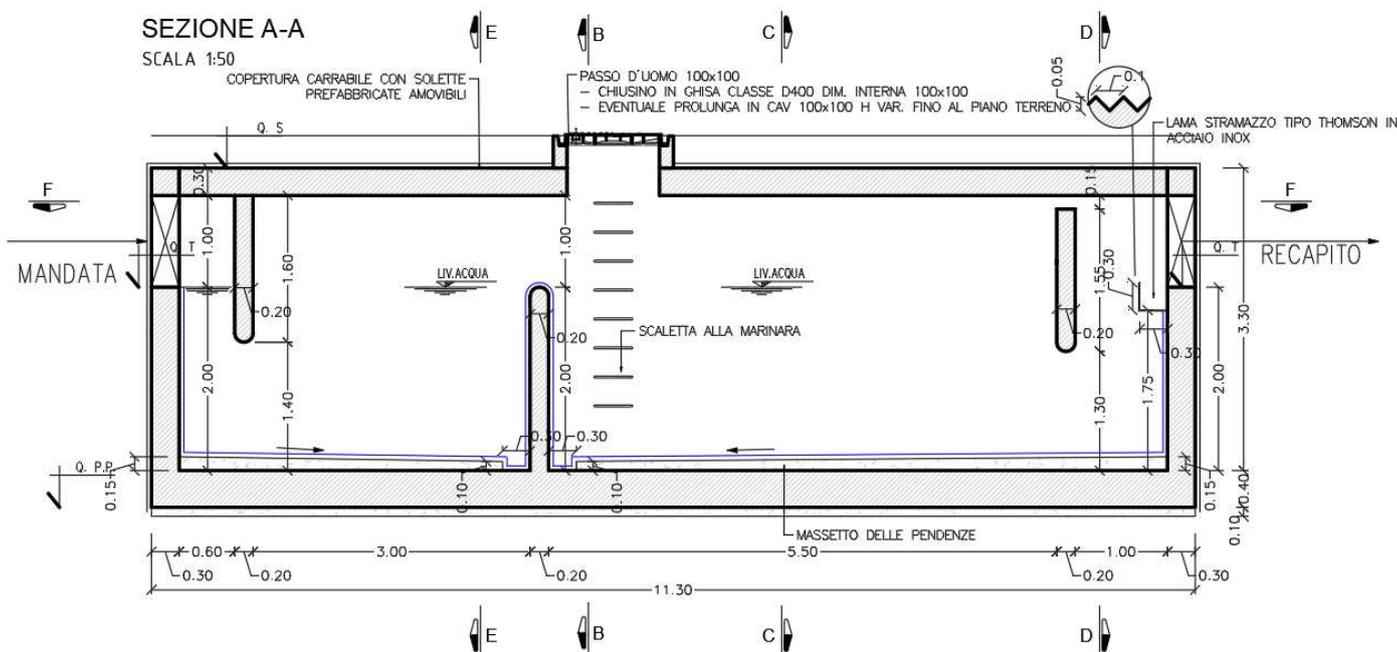


Figura 6 - Sezione tipo vasca di prima pioggia

Tali manufatti, per esigenze legate alla morfologia del terreno ove si sviluppa il tracciato stradale, sono ubicati in maniera tale da poter consentire sempre lo scolo delle acque per gravità senza l'impiego di sistemi di pompaggio e di essere di facile accesso e, quindi, di agevole manutenzione. I criteri a base della progettazione delle vasche si possono riassumere in:

- limitare al minimo la necessità di manutenzione, consentendo interventi molto diluiti nel tempo;
- far transitare nella vasca le acque di prima pioggia;
- “catturare” gli eventuali sversamenti;
- far assumere al flusso in entrata una velocità tale da consentire la risalita in superficie degli oli e la sedimentazione dei solidi in sospensione;
- mantenere all'interno della vasca gli oli in superficie.

6.1.1 Descrizione del Sistema di Trattamento e posizionamento delle vasche

Il sistema di raccolta delle acque di piattaforma è costituito da caditoie posizionate a bordo della carreggiata e da collettori per l'allontanamento delle acque ed il loro convogliamento alle vasche di prima pioggia. All'ingresso di queste è prevista la realizzazione di un pozzetto scolmatore che permette l'ingresso al sistema di trattamento delle sole acque di prima pioggia scaricando direttamente nel corpo idrico recettore le restanti. Il trattamento delle acque di “prima pioggia” è realizzato mediante un impianto alimentato a gravità e a funzionamento “continuo”, ovvero capace di trattare le portate addotte senza l'ausilio di sistemi di pompaggio o di paratoie di intercettazione. Per limitare gli interventi di manutenzione si è optato per un sistema di estrema semplicità, non elettrificato, e privo di sensori o di valvole automatiche che, se non periodicamente verificate e controllate, possono rendere completamente inefficace la realizzazione di tali sistemi di trattamento delle acque. La manutenzione di cui necessita il sistema di trattamento proposto, è limitato al periodico svuotamento della camera di dissabbiatura e di disoleatura con seguente conferimento dei materiali presso siti autorizzati per il loro smaltimento. L'impianto sarà costituito da una vasca in cemento armato successivamente attrezzata con le apparecchiature idrauliche (tubi di adduzione e uscita acque, skimmer, canaletta di sfioro, etc.) idonee a garantire la separazione delle sostanze inquinanti a diverso peso specifico rispetto all'acqua. Le vasche di

prima pioggia saranno composte dalle seguenti apparecchiature principali, complete di raccordi ed accessori necessari al loro corretto funzionamento:

- un pozzetto sfioratore/scolmatore per il controllo della portata derivata;
- una camera di dissabbiatura per la separazione dei materiali pesanti;
- un separatore/disolatore di tipo statico per la separazione dei liquidi leggeri.

Il pozzetto scolmatore è costituito da una soglia tarata, avente cioè un'altezza calibrata sulla massima portata derivata, tale da limitare l'ingresso al sistema di trattamento della sola portata di prima pioggia. Il carico idraulico in eccesso sarà allontanato dalla tubazione di bypass che verrà convogliata direttamente al corpo idrico recettore. La camera di dissabbiatura rappresenta il primo trattamento in cui avviene la separazione statica di elementi inquinanti ad alto peso specifico. In questa camera vengono trattenute le sostanze di maggiore densità (come ad es. terriccio, gomma, sabbia, ecc.) proteggendo il disoleatore da possibili intasamenti. e consentire la sedimentazione naturale delle particelle più pesanti sul fondo del manufatto. La rimozione del materiale sedimentato sarà effettuata mediante autospurgo. A valle del dissabbiatore è previsto un separatore/disolatore di sostanze "leggere" (oli, benzine, ecc.) di tipo statico, con estrazione manuale periodica dei residui. Il suo funzionamento è fondato sul principio del galleggiamento delle sostanze a più basso peso specifico rispetto a quello dell'acqua (densità di $0,8 \div 0,85 \text{ g/cm}^3$). Il manufatto dovrà essere realizzato con impiego di calcestruzzo additivato per esser reso impermeabile e resistente all'aggressione dei liquidi. Le pareti interne dovranno essere trattate con resine antiolio e gli elementi metallici saranno in acciaio INOX AISI 304.

6.1.2 Dimensionamento vasche di prima pioggia

Per ciascuna delle predette aree dove si intende installare le vasche di prima pioggia, si individua il corrispondente valore della portata di "prima pioggia" assumendo una lama d'acqua di 5 mm per una durata di 15 min, uniformemente distribuita su tutta la superficie, per la quale si assume un coefficiente di deflusso pari a 1.

Il dimensionamento della camera di dissabbiatura si basa sul 'tempo di ritenzione' corrispondente alla massima portata immessa e che deve essere pari ad almeno 3 minuti.

Il dimensionamento della camera di disoleatura si basa sulla velocità ascensionale minima dei liquidi leggeri come idrocarburi, olio per lubrificazione, kerosene, ecc. che si intendono separare.

RELAZIONE IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Si assume una velocità pari a 15 m/h e pari a 0.0041 m/s (valore riferito a densità di $0,8 \div 0,85$ g/cm³).

VASCA DI PRIMA PIOGGIA CON DISSABBIATORE E DISOLEATORE

ID Impianto	S _{dren} (m ²)	Q _p (l/s)	Dissabbiatore					Disoleatore			
			B (m)	L (m)	H _{utile} (m)	V _{utile} (m ³)	t _{ritenzione} (min)	B (m)	L (m)	S (m ²)	V _{ascensionale} (m/s)
1	10000	55.56	5.00	3.00	1.85	27.75	8.33	5.00	5.50	27.50	0.0020
2	10400	57.78	5.00	3.00	1.85	27.75	8.00	5.00	5.50	27.50	0.0021
3	3500	19.44	4.00	2.00	1.85	14.80	12.69	4.00	4.00	16.00	0.0012

ID Impianto	B (m)	L (m)	H _{utile} (m)	V _{tot} (m ³)	TIPO	B (m)	L (m)	H (m)
1	5.00	8.50	1.85	78.63	A	5.60	11.30	3.55
2	5.00	8.50	1.85	78.63	A	5.60	11.30	3.55
3	4.00	6.00	1.85	44.40	B	4.60	8.80	3.55

Le dimensioni delle vasche di prima pioggia risultano in questo modo essere adeguate anche per la raccolta degli sversamenti accidentali per i quali il parametro di riferimento è il carico di un'autocisterna con rimorchio e pari a 30 m³.