



Città Metropolitana di Bologna

Via Zamboni, 13 - 40126 Bologna (BO)

IL RUP:

P.I.E. Stefano Romagnoli

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO:

Ing. Jonathan Manzi

INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA

(CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

IDRAULICA

-

Relazione di smaltimento acque meteoriche

PROGETTAZIONE:
Mandataria:

SYSTRA S.p.A.

Via della Stazione, 27 38123 Trento (TN), Italy - www.systra.com/italy

Mandanti:



SETECO Ingegneria S.r.l.



ITEC Engineering S.r.l.

SCALA: ---	IL PROGETTISTA:		IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:	
FORMATO: A4	DATA: Apr 2026	Ing. Davide Loria	Ing. Erica Calatizzo	

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
r00	Emissione	D. Loria	Apr 2026	M. Ivaldi	Apr 2026	M. Ravelli	Apr 2026

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.
24V25	PF	R	ID	724	r00

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA												
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	<table><tr><td>CODICE PROGETTO</td><td>LIVELLO PROG.</td><td>TIPO DOC.</td><td>AMBITO</td><td>PROGRESSIVO</td><td>REV.</td></tr><tr><td>24V25</td><td>PF</td><td>R</td><td>ID</td><td>724</td><td>r00</td></tr></table>	CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.	24V25	PF	R	ID	724	r00
CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.								
24V25	PF	R	ID	724	r00								

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	DESCRIZIONE DELL'OPERA IN PROGETTO	4
3.	ANALISI IDROLOGICA	6
4.	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA	9
5.	DIMENSIONAMENTO RETE DI DRENAGGIO	10
5.1	PONTE DI PROGETTO	11
5.1.1	DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI	12
5.1.2	METODOLOGIA E PARAMETRI DI CALCOLO	12
5.1.3	RISULTATI	13
5.2	RILEVATO PRINCIPALE LATO BUDRIO: RI.01	14
5.2.1	DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI	15
5.2.2	METODOLOGIA E PARAMETRI DI CALCOLO	15
5.2.3	RISULTATI SMALTIMENTO TUBAZIONI DI PROGETTO	16
5.2.4	RISULTATI SMALTIMENTO FOSSI DI GUARDIA	18
5.3	RILEVATO PRINCIPALE LATO MOLINELLA: RI.02	19
5.3.1	DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI	20
5.3.2	METODOLOGIA E PARAMETRI DI CALCOLO	20
5.3.3	RISULTATI SMALTIMENTO TUBAZIONI DI PROGETTO	21
5.3.4	RISULTATI SMALTIMENTO FOSSI DI GUARDIA	24
5.4	RILEVATO VIABILITÀ SECONDARIA: VS1	25
5.4.1	DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI	25
5.4.2	METODOLOGIA E PARAMETRI DI CALCOLO	26
5.4.3	RISULTATI SMALTIMENTO FOSSI DI GUARDIA	27
5.5	RILEVATO STRADE SECONDARIE: AV1 – AV2	28

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è parte integrante della documentazione tecnica allegata al progetto di fattibilità tecnico economica relativa all' *"Intervento di ripristino del ponte crollato su S.P. 6 Km 13 tra i comuni di Budrio e Molinella"* lavori relativi alla realizzazione del nuovo ponte sul fiume Idice in località La Motta, sulla SP 6 "Zenzalino", in corrispondenza del km 13, che collegherà il comune di Budrio (BO) ed il Comune di Molinella (BO), a seguito del crollo, conseguente agli eventi di piena del 16/17 maggio 2023, del ponte esistente.

In Figura 1-1 viene individuata l'area di intervento con inserito il ponte prima del crollo.



Figure 1. Inquadramento dell'area di intervento prima del crollo

La presente relazione contiene l'analisi idrologica e il dimensionamento della rete di smaltimento delle acque meteoriche del ponte in progetto e delle opere stradali.

In particolare, il presente documento contiene:

- Inquadramento area di intervento;
- Determinazione delle Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica;
- Analisi delle superfici afferenti al sistema di smaltimento delle acque meteoriche;
- Determinazione delle portate;
- Dimensionamento del sistema di drenaggio dell'area in esame;

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA IN PROGETTO

Il principio che ha accompagnato la progettazione del nuovo ponte è quello di eliminare ogni possibile interdipendenza tra corso d'acqua e struttura, ovvero di evitare che la nuova costruzione risultasse di ostacolo alle acque di piena ed agli eventuali trasporti solidi del corso d'acqua. Tale obiettivo è stato raggiunto con i seguenti interventi:

- alzando sensibilmente la livelletta dell'attuale tracciato stradale in modo da garantire adeguati franchi rispetto ai livelli stimati di piena bisecolare ed a garantire la completa manutenzione della struttura arginale in sommità (il franco risulta di 3.50 m rispetto alla sommità arginale);
- ampliando la lunghezza di impalcato a 200 m eliminando i supporti intermedi (pile), prevedendo quindi una struttura a luce unica con spalle poste a 4 m dalla base arginale al fine di contenere i costi di eventuali incrementi di impalcato.

La scelta operata in fase progettuale, supportata anche da considerazioni tecnico economiche e di utilizzo del territorio, è stata quella di ripercorrere l'attuale sede della SP6 "Zenzalino", che attraversa in obliquo l'Idice con una variazione angolare di 52° rispetto allo scorrimento del torrente.

Si prevede inoltre, al fine di garantire la durabilità dell'opera nei confronti degli eventi di piena, il rivestimento delle scarpate della sezione interna del torrente Idice, fino alla sommità dell'argine, mediante la formazione di scogliere in massi lapidei per una estesa complessiva di 100 m (50 m a monte e 50 m a valle rispetto all'asse del ponte). Stessa protezione viene operata per le lastre di fondazione delle spalle.

Il nuovo ponte a via inferiore si presenta a luce netta unica di 208.0 m (212.7 m di luce complessiva), con impalcato in struttura mista acciaio-clc, formato da traversi in sezione saldata variabile a I di passo 5.2 m collegate da una trave di spina centrale. Le travi sono connesse alla soletta in clc mediante pioli connettori.

La struttura principale in carpenteria metallica è formata da due archi principali a sezione variabile a spinta eliminata (dimensione 1600 in larghezza, variabile da 4000 mm alla base a 2000 mm al vertice), che convergono ad altezza di 23.3 m rispetto al sotto trave dei cassoni laterali, con stralli di sostegno delle travi principali diagonali, collegati all'arco con passo 10.4 m, le travi principali sono formate da cassoni in carpenteria metallica di lamiera saldate, di dimensione 2700x2000 mm.

L'impalcato prevede l'inserimento di una carreggiata stradale a due corsie, una per senso di marcia, e di due marciapiedi di servizio di 2.5 m per complessivi 14.5 m, che compresi i cassoni portanti laterali risulta di 19.9 m. Le spalle sono in clc armato, completate da un muro para ghiaia per il contenimento del rilevato stradale delle rampe di approccio, fondate su una lastra di fondazione di spessore 2.20 m di dimensioni in pianta 13.0 x 28.8 m ed altezza di 9.8 m dall'imposta della fondazione all'appoggio del ponte.

Le fondazioni delle spalle, impostate in corrispondenza della quota degli attuali rilevati di approdo al ponte crollato, sono fondate su due pozzi di profondità variabile (27.0 m in sx e 37.0 m in dx) formati da 18 barrette ciascuno in clc armato di spessore 80 cm, della dimensione esterna in pianta 7.5 x 9.1 m ca. Completa la fondazione una spina di 3 barrette centrale, spessore 0.80 m, per una lunghezza di 7.50 m.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

Si riportano nel seguito le immagini di foto inserimento della soluzione proposta.



Figura 2-1: Fotoinserimento del ponte di nuova costruzione

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA												
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	<table><tr><td>CODICE PROGETTO</td><td>LIVELLO PROG.</td><td>TIPO DOC.</td><td>AMBITO</td><td>PROGRESSIVO</td><td>REV.</td></tr><tr><td>24V25</td><td>PF</td><td>R</td><td>ID</td><td>724</td><td>r00</td></tr></table>	CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.	24V25	PF	R	ID	724	r00
CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.								
24V25	PF	R	ID	724	r00								

Altezze pioggia $h_T(d)$								
T	2	5	10	20	50	100	200	500
KT (GEV)	0.92	1.23	1.46	1.70	2.05	2.33	2.65	3.11
d	a	24.13						
[min]	n	0.24						
5	12.09	16.16	19.19	22.38	26.97	30.78	34.92	40.97
10	14.31	19.13	22.72	26.49	31.92	36.42	41.32	48.48
15	15.79	21.11	25.07	29.24	35.22	40.20	45.60	53.51
20	16.94	22.64	26.88	31.35	37.78	43.11	48.91	57.38
25	17.88	23.90	28.38	33.10	39.88	45.51	51.63	60.58
30	18.69	24.98	29.67	34.60	41.69	47.57	53.97	63.33
40	20.05	26.79	31.82	37.11	44.71	51.02	57.88	67.91
50	21.16	28.28	33.59	39.18	47.20	53.86	61.11	71.70
60	22.12	29.57	35.11	40.95	49.34	56.30	63.88	74.95
120	26.18	34.99	41.56	48.47	58.39	66.64	75.60	88.70
180	28.89	38.62	45.86	53.49	64.44	73.54	83.43	97.89
240	30.99	41.41	49.18	57.36	69.11	78.86	89.48	104.98
300	32.71	43.72	51.92	60.56	72.96	83.26	94.46	110.83
360	34.20	45.70	54.28	63.30	76.27	87.03	98.74	115.85
420	35.50	47.45	56.35	65.72	79.18	90.36	102.51	120.28
480	36.67	49.01	58.21	67.89	81.79	93.34	105.90	124.24
540	37.74	50.44	59.90	69.86	84.17	96.05	108.97	127.85
600	38.72	51.74	61.45	71.67	86.35	98.54	111.80	131.17
660	39.62	52.96	62.89	73.35	88.37	100.85	114.42	134.24
720	40.47	54.09	64.24	74.92	90.26	103.00	116.86	137.11
780	41.27	55.15	65.50	76.39	92.04	105.03	119.16	139.81
840	42.02	56.15	66.69	77.78	93.71	106.94	121.33	142.35
900	42.73	57.10	67.82	79.09	95.30	108.75	123.38	144.76
960	43.40	58.01	68.89	80.35	96.80	110.47	125.33	147.04
1020	44.05	58.87	69.91	81.54	98.24	112.11	127.19	149.23
1080	44.66	59.69	70.89	82.68	99.61	113.67	128.97	151.32
1140	45.25	60.48	71.83	83.77	100.93	115.18	130.68	153.32
1200	45.82	61.24	72.73	84.82	102.20	116.62	132.32	155.24
1260	46.37	61.97	73.60	85.84	103.42	118.01	133.89	157.09
1320	46.89	62.68	74.44	86.81	104.59	119.36	135.42	158.88
1380	47.40	63.36	75.24	87.75	105.73	120.65	136.89	160.61
1440	47.90	64.02	76.03	88.67	106.83	121.91	138.31	162.28

Table 1. : LSPP Area di intervento

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

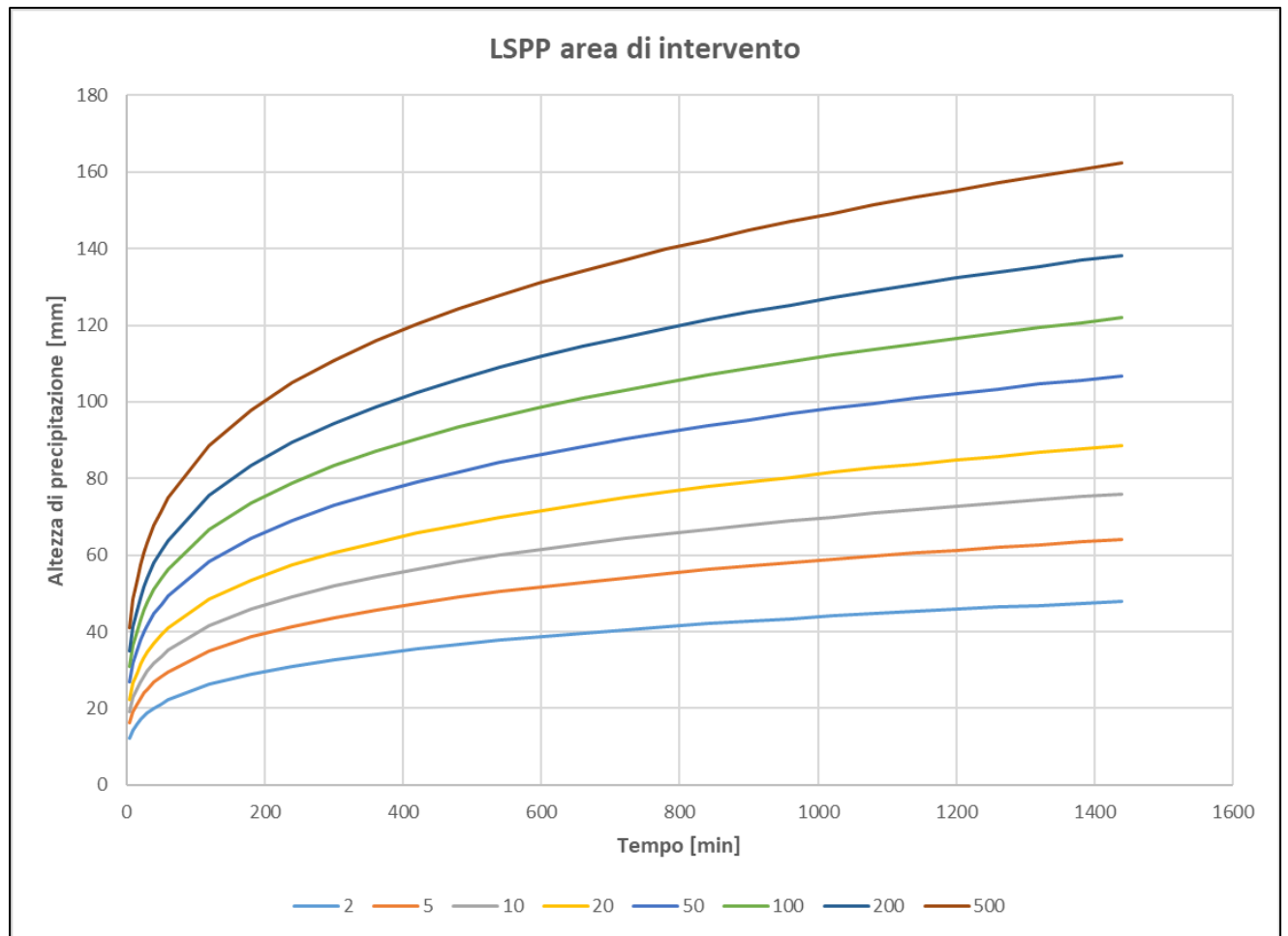


Figura 3-2: LSPP area di intervento

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25 LIVELLO PROG. PF TIPO DOC. R AMBITO ID PROGRESSIVO 724 REV. r00

4. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA

Data la semplicità del sistema e l'esiguità delle superfici scolanti la portata affluente è valutabile in prima approssimazione attraverso l'applicazione della cosiddetta formula razionale:

$$Q = C \cdot i_c \cdot A$$

dove i_c [mm/h] è l'intensità di pioggia massima per la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione t_c [ore], A [m²] è la superficie del bacino scolante e C è il cosiddetto coefficiente di deflusso che esprime, a meno delle unità di misura, il rapporto tra il volume affluito alla rete e quello complessivamente affluito al bacino.

Il tempo di corrivazione t_c per lo smaltimento delle acque meteoriche può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete fognaria fino alla sezione di chiusura considerata. In particolare, per individuare il tempo di corrivazione si deve far riferimento alla seguente formula:

$$t_c = t_a + t_r$$

Il tempo di accesso t_a è il tempo di percorrenza delle aree scolanti sino al punto di immissione nella rete. Fair (1966) suggerisce i seguenti valori:

- centri urbani intensivi con frequenti caditoie $t_a < 5$ min
- centri commerciali con basse pendenze $t_a = 10 \div 15$ min
- aree residenziali estensive con caditoie non frequenti $t_a > 20$ min

t_r , tempo di rete, è il tempo di percorrenza nelle canalizzazioni lungo il percorso idraulicamente più lungo:

$$t_r = \frac{L}{V}$$

L = lunghezza della tratta

V = velocità di moto uniforme

Nel caso in esame si è assunto $t_a = 5$ min. Di conseguenza nel presente progetto, essendo t_r pari a circa 5 min, trattandosi di un sistema semplice, con superfici di scolo modeste, è stato adottato un tempo di corrivazione uniforme pari a 10 minuti.

Il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 1 per le superfici impermeabili e pari a 0.3 per quelle permeabili in conformità alle indicazioni riportate nel "Criteri di applicazione DGR 286/05 e 1860/06 – acque meteoriche e di dilavamento".

Ai fini del dimensionamento della rete di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche si assume come riferimento un tempo di ritorno di 20 anni in accordo alle norme di buona tecnica reperibili in letteratura, da indicazioni progettuali fornite nel manuale/linee guida a cura dell'ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane (2001).

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5. DIMENSIONAMENTO RETE DI DRENAGGIO

Ai fini della progettazione della rete di drenaggio per lo smaltimento delle acque meteoriche, l'area di intervento è stata suddivisa in cinque distinte porzioni, relative ai rilevati previsti a progetto per la realizzazione della viabilità interna, le cui acque saranno smaltite mediante fossi di guardia e tubazioni interrate, e in un'ulteriore porzione relativa al ponte di progetto, per il quale è prevista l'installazione di tubazioni, aggirate all'impalcato mediante apposita staffatura, e destinate allo smaltimento delle acque di piattaforma.

Per il convogliamento delle acque meteoriche all'interno dei fossi di guardia si prevede l'utilizzo di embrici di dimensioni pari a 50 x 50 x 20 cm posizionati con interasse costante pari a 15 m lungo le scarpate dei rilevati.

Nel seguito della presente relazione si riportano le considerazioni effettuate ai fini del dimensionamento della rete di smaltimento delle acque meteoriche relative alle seguenti porzioni dell'area di intervento:

1. Ponte di progetto
2. Rilevato principale zona sud (lato Budrio): RI.01
3. Rilevato principale zona nord (lato Molinella). RI.02
4. Rilevato per viabilità secondaria: VS1
5. Rilevato per strada secondaria: AV1
6. Rilevato per strada secondaria: AV2

Nell'immagine seguente si riporta la planimetria dell'area di intervento con indicate il posizionamento dei rilevati di progetto.

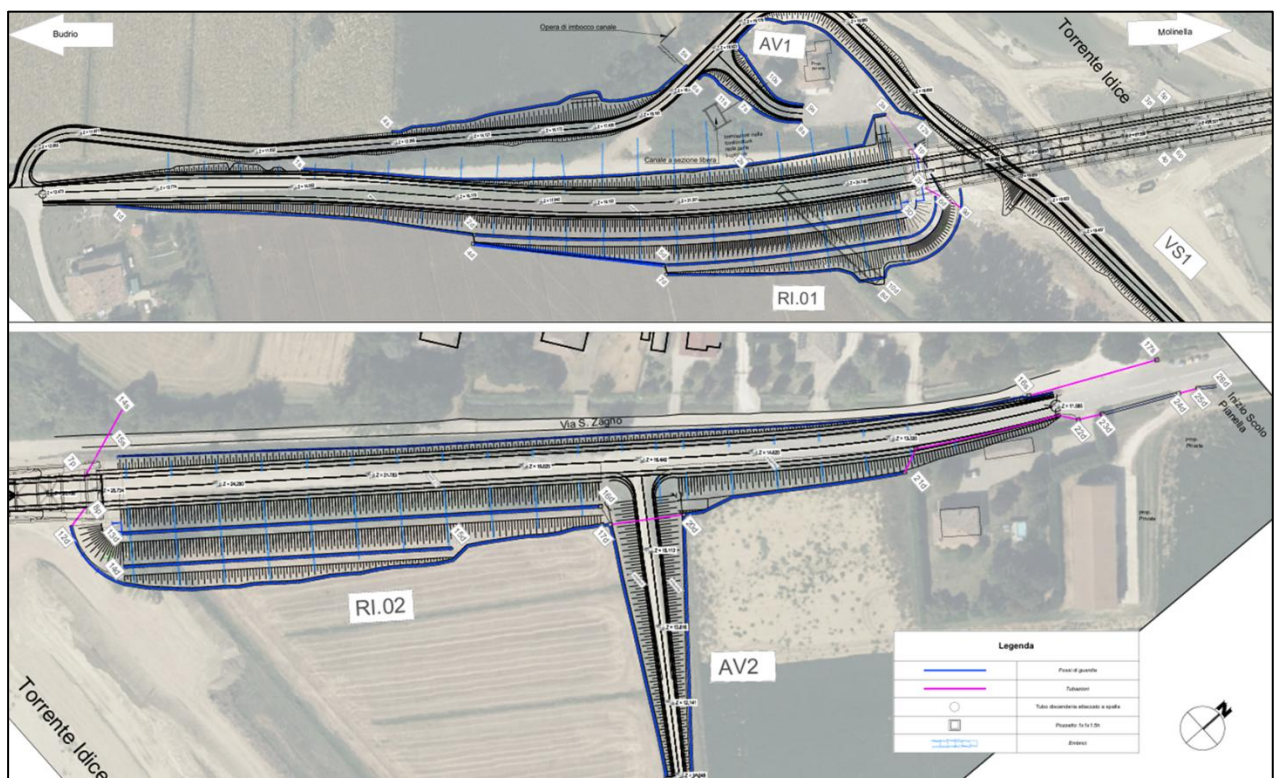


Figura 5-1: Planimetria area di intervento con indicata ubicazione rete di smaltimento

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA												
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	<table><tr><td>CODICE PROGETTO</td><td>LIVELLO PROG.</td><td>TIPO DOC.</td><td>AMBITO</td><td>PROGRESSIVO</td><td>REV.</td></tr><tr><td>24V25</td><td>PF</td><td>R</td><td>ID</td><td>724</td><td>r00</td></tr></table>	CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.	24V25	PF	R	ID	724	r00
CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.								
24V25	PF	R	ID	724	r00								

5.1 Ponte di progetto

Gli interventi a progetto riguardano la realizzazione di una rete di smaltimento delle acque meteoriche relative al nuovo impalcato di progetto.

La raccolta delle acque meteoriche è prevista mediante un sistema costituito da tubazioni in PVC DN 400 SN 8, posizionate in corrispondenza di apposite sagomature realizzate nella carpenteria metallica del ponte di progetto; inoltre, si prevede che le tubazioni siano fissate alla struttura mediante appositi collari, disposti tra una trave e l'altra

La raccolta delle acque di piattaforma dell'impalcato sarà invece assicurata mediante caditoie dedicate, di dimensioni esterne 30 cm x 50 cm, dotate di scarico orizzontale e installate con un interasse pari a 20 m.

Nella seguente tabella riassuntiva si riporta per ciascun tratto la portata defluente, le dimensioni di progetto e la pendenza del tratto

Smaltimento ponte di progetto							
DN [mm]	TRATTO	L [m]	SUPERFICIE IMPERMEABILE [m²]	SUPERFICIE PERMEABILE [m²]	SUPERFICIE TOTALE [m²]	Qp [l/s]	if minima [-]
400	3p-1p	100	1000	0	1000	44.15	0.01
400	4p-2p	100	1000	0	1000	44.15	0.01
400	5p-7p	100	1000	0	1000	44.15	0.01
400	6p-8p	100	1000	0	1000	44.15	0.01

Table 2. : Smaltimento ponte di progetto

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.1.1 Dimensionamento dei collettori

Le verifiche dei collettori sono state effettuate in condizione di moto uniforme determinando le pendenze minime, i diametri e le portate di smaltimento.

Nell'immagine seguente si riporta lo schema concettuale utilizzato per il dimensionamento della suddetta rete.



Figura 5-2: Schema smaltimento Ponte di progetto

5.1.2 Metodologia e parametri di calcolo

La verifica idraulica è stata effettuata in condizione di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [m^3/s] è la portata, χ [$\text{m}^{1/2} \text{s}^{-1}$] il coefficiente di attrito, A [m^2] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza del canale.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [$\text{m}^{-1/3} \text{s}$] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione del materiale della condotta e del suo stato di conservazione.

Il valore di scabrezza le tubazioni in PVC è stato assunto pari a $0.0125 \text{ m}^{-1/3} \text{s}$.

Sono state, quindi, fissate le quote di fondo e le pendenze tenendo conto delle quote di sistemazione di progetto.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25 LIVELLO PROG. PF TIPO DOC. R AMBITO ID PROGRESSIVO 724 REV. r00

5.1.3 Risultati

Per semplicità, considerato che tutti i tratti dimensionati nel presente studio risultano caratterizzati dalla medesima tipologia di tubazione, dalla stessa superficie impermeabile e da analoga pendenza, si è ritenuto opportuno riportare un'unica verifica, rappresentativa dell'intera rete di smaltimento, comprensiva della scala delle portate/deflussi.

All'interno della tabella dei risultati è riportata la profondità, il rapporto di invaso, la velocità, la portata smaltibile ed il numero di Froude per ciascun elemento che costituisce il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dell'area.

Si riportano i risultati delle varie scale di deflusso utilizzate per i calcoli di cui sopra.

Per la verifica delle condotte si considera un grado di riempimento ottimale del 70 % in accordo alle norme di buona progettazione reperibili in letteratura.

Tratto 3p-1p; 4p-2p; 5p-7; 6p-8p – PVC Dn400; $D_{int} = 376.76$ mm

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	376.76	mm						
Raggio			R	=	0.19	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Portata	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza perlo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Q	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m³/s]	[-]	[rad]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.04	0.10	1.29	0.24	0.01	0.02	0.23	0.00	3.85	0.66	0.02	0.06	1.32
0.08	0.20	1.85	0.35	0.02	0.05	0.30	0.02	16.17	1.02	0.05	0.13	1.42
0.11	0.30	2.32	0.44	0.03	0.06	0.35	0.04	36.16	1.29	0.08	0.20	1.44
0.15	0.40	2.74	0.52	0.04	0.08	0.37	0.06	62.22	1.49	0.11	0.26	1.42
0.19	0.50	3.14	0.59	0.06	0.09	0.38	0.09	92.32	1.66	0.14	0.33	1.37
0.23	0.60	3.54	0.67	0.07	0.10	0.37	0.12	124.04	1.78	0.16	0.39	1.30
0.26	0.70	3.96	0.75	0.08	0.11	0.35	0.15	154.58	1.85	0.18	0.44	1.21
0.30	0.80	4.43	0.83	0.10	0.11	0.30	0.18	180.47	1.89	0.18	0.48	1.07
0.34	0.90	5.00	0.94	0.11	0.11	0.23	0.20	196.78	1.86	0.18	0.52	0.87
0.38	1.00	6.22	1.17	0.11	0.10	0.01	0.19	185.92	1.67	0.14	0.52	0.18

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25 LIVELLO PROG. PF TIPO DOC. R AMBITO ID PROGRESSIVO 724 REV. r00

5.2 Rilevato principale lato Budrio: RI.01

Per la realizzazione della rete di smaltimento relativa al rilevato principale lato Budrio (RI.01), come anticipato in precedenza, si è optato per la realizzazione di fossi di guardia posti ai piedi delle scarpate di progetto. Le acque meteoriche saranno convogliate in tali elementi mediante embrici di dimensioni 50x50x20 cm, posizionati lungo le scarpate con un interasse pari a 15 m.

In combinazione con tali opere, è prevista l'installazione di tubazioni interrato in PVC di diverso diametro, necessarie per il collegamento tra i fossi di guardia e per il recapito finale nei corpi idrici recettori. Nel caso del rilevato RI.01, il recapito è individuato nello Scolo Corla, in corrispondenza della sezione terminale del nuovo tratto tombinato previsto a progetto.

Nella seguente tabella riassuntiva si riporta per ciascun tratto la portata defluente, le dimensioni di progetto e la pendenza del tratto relative sia alle tubazioni che ai fossi di guardia.

Smaltimento Rilevato principale lato Budrio: RI.01							
DN [mm]	TRATTO	L [m]	SUPERFICIE IMPERMEABILE [m²]	SUPERFICIE PERMEABILE [m²]	SUPERFICIE TOTALE [m²]	Qp [l/s]	if minima [-]
400	2d-4d	5	1927	1827	3754	109.28	0.01
400	5d-7d	5	1927	3351	5278	129.47	0.01
315	2p-9d	15	1000	0	1000	44.15	0.01
315	1p-3s	15	1000	0	1000	44.15	0.01
Tipologico fosso	TRATTO	L [m]	SUPERFICIE IMPERMEABILE [m²]	SUPERFICIE TOTALE [m²]	SUPERFICIE PERMEABILE [m²]	Qp [l/s]	if minima [-]
B=1;b=0.8;H=0.8	1d-2d	145	922	558	1480	27.11	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	3d-2d	175	1050	1240	2290	50.51	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	4d-5d	80	1389	1547	2936	63.78	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	5d-6d	120	583	1774	2357	63.30	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	7d-8d	90	1972	3788	5760	142.26	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	9d-10d	50	547	392	939	18.06	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	1s-2s	250	1493	437	1930	28.74	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	3s-2s	65	894	447	1341	23.23	0.005

Table 3. : Smaltimento Rilevato principale lato Budrio: RI.01

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.2.1 Dimensionamento dei collettori

Le verifiche dei collettori sono state effettuate in condizione di moto uniforme determinando le pendenze minime, i diametri e le portate di smaltimento.

Nell'immagine seguente si riporta lo schema utilizzato per il dimensionamento della suddetta rete.

Per un maggior dettaglio si rimanda agli elaborati progettuali.

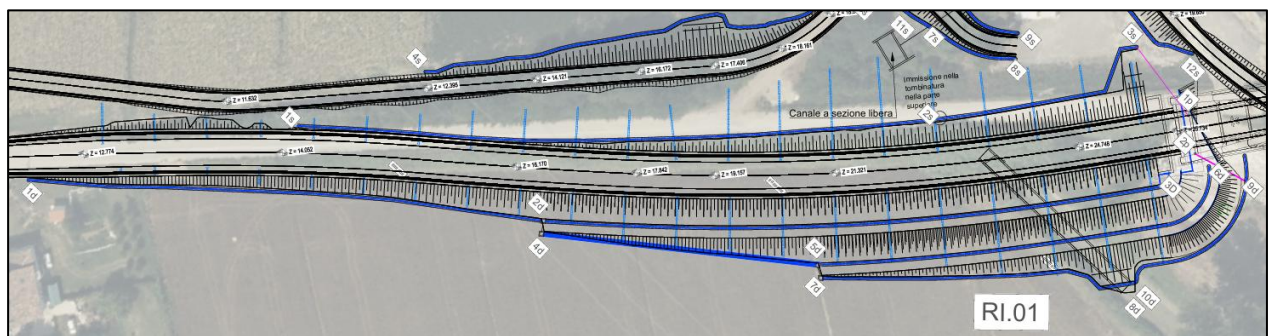


Figura 5-3: Schema smaltimento Rilevato principale lato Budrio RI.01

5.2.2 Metodologia e parametri di calcolo

La verifica delle tubazioni e dei fossi di guardia sono state effettuate in condizione di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [m^3/s] è la portata, χ [$\text{m}^{1/2} \text{s}^{-1}$] il coefficiente di attrito, A [m^2] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza del canale.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [$\text{m}^{-1/3} \text{s}$] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione del materiale della condotta e del suo stato di conservazione.

Il valore di scabrezza le tubazioni in PVC è stato assunto pari a $0.0125 \text{ m}^{-1/3} \text{s}$ mentre per i fossi di guardia si è optato per utilizzare un valore della scabrezza pari a $0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{s}$ in quanto i fossi saranno realizzati con fondo naturale.

Sono state, quindi, fissate le quote di fondo e le pendenze tenendo conto delle quote di sistemazione di progetto.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandatara) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.2.3 Risultati smaltimento tubazioni di progetto

Nelle tabelle seguenti sono riportate le scale di deflusso delle tubazioni relative alla rete di smaltimento delle acque meteoriche dimensionata nella presente relazione tecnica.

All'interno delle tabelle dei risultati sono riportate la profondità, il rapporto di invaso, la velocità, la portata smaltibile ed il numero di Froude per ciascun elemento che costituisce il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dell'area.

Si riportano i risultati delle varie scale di deflusso utilizzate per i calcoli di cui sopra.

Per la verifica degli elementi di smaltimento si considera un grado di riempimento ottimale del 70 % in accordo alle norme di buona progettazione reperibili in letteratura.

Tratto 2d-4d; PVC Dn400; $D_{int} = 376.76 \text{ mm}$

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	376.76	mm						
Raggio			R	=	0.19	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
ro	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza perlo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.04	0.10	1.29	0.24	0.01	0.02	0.23	0.00	3.85	0.66	0.02	0.06	1.32
0.08	0.20	1.85	0.35	0.02	0.05	0.30	0.02	16.17	1.02	0.05	0.13	1.42
0.11	0.30	2.32	0.44	0.03	0.06	0.35	0.04	36.16	1.29	0.08	0.20	1.44
0.15	0.40	2.74	0.52	0.04	0.08	0.37	0.06	62.22	1.49	0.11	0.26	1.42
0.19	0.50	3.14	0.59	0.06	0.09	0.38	0.09	92.32	1.66	0.14	0.33	1.37
0.23	0.60	3.54	0.67	0.07	0.10	0.37	0.12	124.04	1.78	0.16	0.39	1.30
0.26	0.70	3.96	0.75	0.08	0.11	0.35	0.15	154.58	1.85	0.18	0.44	1.21
0.30	0.80	4.43	0.83	0.10	0.11	0.30	0.18	180.47	1.89	0.18	0.48	1.07
0.34	0.90	5.00	0.94	0.11	0.11	0.23	0.20	196.78	1.86	0.18	0.52	0.87
0.38	1.00	6.22	1.17	0.11	0.10	0.01	0.19	185.92	1.67	0.14	0.52	0.18

Tratto 5d-7d; PVC Dn400; $D_{int} = 376.76 \text{ mm}$

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	376.76	mm						
Raggio			R	=	0.19	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
ro	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza perlo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.04	0.10	1.29	0.24	0.01	0.02	0.23	0.00	3.85	0.66	0.02	0.06	1.32
0.08	0.20	1.85	0.35	0.02	0.05	0.30	0.02	16.17	1.02	0.05	0.13	1.42
0.11	0.30	2.32	0.44	0.03	0.06	0.35	0.04	36.16	1.29	0.08	0.20	1.44
0.15	0.40	2.74	0.52	0.04	0.08	0.37	0.06	62.22	1.49	0.11	0.26	1.42
0.19	0.50	3.14	0.59	0.06	0.09	0.38	0.09	92.32	1.66	0.14	0.33	1.37
0.23	0.60	3.54	0.67	0.07	0.10	0.37	0.12	124.04	1.78	0.16	0.39	1.30
0.26	0.70	3.96	0.75	0.08	0.11	0.35	0.15	154.58	1.85	0.18	0.44	1.21
0.30	0.80	4.43	0.83	0.10	0.11	0.30	0.18	180.47	1.89	0.18	0.48	1.07
0.34	0.90	5.00	0.94	0.11	0.11	0.23	0.20	196.78	1.86	0.18	0.52	0.87
0.38	1.00	6.22	1.17	0.11	0.10	0.01	0.19	185.92	1.67	0.14	0.52	0.18

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

Tratto 2p-9d; PVC Dn400; D_{int} = 376.76 mm

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	296.6	mm						
Raggio			R	=	0.15	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.03	0.10	1.29	0.19	0.00	0.02	0.18	0.00	2.04	0.57	0.02	0.05	1.27
0.06	0.20	1.85	0.28	0.01	0.04	0.24	0.01	8.54	0.87	0.04	0.10	1.36
0.09	0.30	2.32	0.34	0.02	0.05	0.27	0.02	19.10	1.10	0.06	0.15	1.38
0.12	0.40	2.74	0.41	0.03	0.06	0.29	0.03	32.88	1.27	0.08	0.20	1.36
0.15	0.50	3.14	0.47	0.03	0.07	0.30	0.05	48.78	1.41	0.10	0.25	1.32
0.18	0.60	3.54	0.53	0.04	0.08	0.29	0.07	65.54	1.51	0.12	0.29	1.25
0.21	0.70	3.96	0.59	0.05	0.09	0.27	0.08	81.68	1.58	0.13	0.34	1.16
0.24	0.80	4.43	0.66	0.06	0.09	0.24	0.10	95.36	1.61	0.13	0.37	1.03
0.27	0.90	5.00	0.74	0.07	0.09	0.18	0.10	103.98	1.59	0.13	0.40	0.84
0.30	1.00	6.21	0.92	0.07	0.08	0.01	0.10	98.32	1.42	0.10	0.40	0.18

Tratto 1p-3s; PVC Dn400; D_{int} = 376.76 mm

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	296.6	mm						
Raggio			R	=	0.15	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.03	0.10	1.29	0.19	0.00	0.02	0.18	0.00	2.04	0.57	0.02	0.05	1.27
0.06	0.20	1.85	0.28	0.01	0.04	0.24	0.01	8.54	0.87	0.04	0.10	1.36
0.09	0.30	2.32	0.34	0.02	0.05	0.27	0.02	19.10	1.10	0.06	0.15	1.38
0.12	0.40	2.74	0.41	0.03	0.06	0.29	0.03	32.88	1.27	0.08	0.20	1.36
0.15	0.50	3.14	0.47	0.03	0.07	0.30	0.05	48.78	1.41	0.10	0.25	1.32
0.18	0.60	3.54	0.53	0.04	0.08	0.29	0.07	65.54	1.51	0.12	0.29	1.25
0.21	0.70	3.96	0.59	0.05	0.09	0.27	0.08	81.68	1.58	0.13	0.34	1.16
0.24	0.80	4.43	0.66	0.06	0.09	0.24	0.10	95.36	1.61	0.13	0.37	1.03
0.27	0.90	5.00	0.74	0.07	0.09	0.18	0.10	103.98	1.59	0.13	0.40	0.84
0.30	1.00	6.21	0.92	0.07	0.08	0.01	0.10	98.32	1.42	0.10	0.40	0.18

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.2.4 Risultati smaltimento fossi di guardia

Per la realizzazione dei fossi di guardia si è proceduto definendo un tipologico di fosso realizzato in terreno naturale e caratterizzato dalle seguenti dimensioni:

- Base minore: $b=0.8$ m
- Base maggiore: $B=1$ m
- Altezza delle sponde: $H=0.8$ m

Tale tipologico è stato adottato per tutti gli elementi utilizzati nella rete di smaltimento descritta nel presente elaborato.

Nella tabella seguente si riporta la scala di deflusso relativa al fosso tipologico, caratterizzato da una pendenza minima pari allo 0,5%. In particolare, sono riportati per ciascuna sezione i seguenti parametri: profondità, rapporto di vaso, velocità, portata smaltibile e numero di Froude, riferiti al sistema di drenaggio delle acque meteoriche dell'area.

Per la verifica degli elementi di smaltimento si considera un grado di riempimento ottimale del 70 % in accordo alle norme di buona progettazione reperibili in letteratura.

SCALA DI DEFLUSSO TIPOLOGICO FOSSO DI GUARDIA

Tabella : Scala di deflusso sezione trapezia											
Base minore			b	=	0.8	m					
Base maggiore			B	=	1	m					
Altezza sponde			H	=	0.8	m					
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.03	$m^{-1/3}s$	33				
Pendenza fondo			if	=	0.005	m/m					
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
0.10	0.13	1.00	0.08	0.08	0.83	0.04	35.53	0.44	0.01	0.11	0.44
0.15	0.19	1.10	0.12	0.11	0.84	0.07	66.35	0.54	0.01	0.16	0.45
0.20	0.25	1.20	0.17	0.14	0.85	0.10	102.39	0.62	0.02	0.22	0.45
0.25	0.31	1.30	0.21	0.16	0.86	0.14	142.55	0.69	0.02	0.27	0.45
0.30	0.38	1.40	0.25	0.18	0.88	0.19	186.12	0.74	0.03	0.33	0.44
0.35	0.44	1.51	0.30	0.20	0.89	0.23	232.64	0.79	0.03	0.38	0.44
0.40	0.50	1.61	0.34	0.21	0.90	0.28	281.79	0.83	0.04	0.44	0.43
0.45	0.56	1.71	0.39	0.23	0.91	0.33	333.32	0.87	0.04	0.49	0.43
0.50	0.63	1.81	0.43	0.24	0.93	0.39	387.06	0.90	0.04	0.54	0.42
0.55	0.69	1.91	0.48	0.25	0.94	0.44	442.88	0.93	0.04	0.59	0.41
0.56	0.70	1.93	0.49	0.25	0.94	0.45	454.29	0.93	0.04	0.60	0.41
0.61	0.76	2.03	0.53	0.26	0.95	0.51	512.47	0.96	0.05	0.66	0.41
0.66	0.83	2.13	0.58	0.27	0.97	0.57	572.54	0.98	0.05	0.71	0.40
0.71	0.89	2.23	0.63	0.28	0.98	0.63	634.44	1.01	0.05	0.76	0.40
0.80	1.00	2.41	0.72	0.30	1.00	0.75	750.32	1.04	0.06	0.86	0.39

Alla luce dei risultati riportati nella tabella precedente, si evidenzia che tutti i fossi di guardia relativi al rilevato principale lato Budrio (RI.01) risultano verificati, in quanto le portate di progetto risultano ampiamente inferiori alla capacità di smaltimento associata al grado di riempimento del 70%.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandatara) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.3 Rilevato principale lato Molinella: RI.02

Per la realizzazione della rete di smaltimento relativa al rilevato principale lato Molinella (RI.02), come anticipato in precedenza, si è optato per la realizzazione di fossi di guardia posti ai piedi delle scarpate di progetto. Le acque meteoriche saranno convogliate in tali elementi mediante embrici di dimensioni 50x50x20 cm, posizionati lungo le scarpate con un interasse pari a 15 m.

In combinazione con tali opere, è prevista l'installazione di tubazioni interrato in PVC di diverso diametro, necessarie per il collegamento tra i fossi di guardia e per il recapito finale nei corpi idrici recettori. Nel caso del rilevato RI.02, il recapito è individuato nello Scolo Pianella in corrispondenza di una sezione ubicata più nord dell'area di intervento.

Nella seguente tabella riassuntiva si riporta per ciascun tratto la portata defluente, le dimensioni di progetto e la pendenza del tratto relative sia alle tubazioni che ai fossi di guardia.

Smaltimento Rilevato principale lato Pianella: RI.02							
DN [mm]	TRATTO	L [m]	SUPERFICIE IMPERMEABILE [m ²]	SUPERFICIE PERMEABILE [m ²]	SUPERFICIE TOTALE [m ²]	Qp [l/s]	if minima [-]
315	7p-14s	30	1000	0	1000	44.15	0.01
315	8p-12d	10	1000	0	1000	44.15	0.01
400	17d-20d	30	2170	3890	6060	147.34	0.01
500	21d-22d	65	3160	4959	8119	205.21	0.01
500	22d-23d	10	3160	4959	8119	205.21	0.01
500	24d-25d	10	3160	4959	8119	205.21	0.01
400	16s-17s	50	1796	6345	8141	163.35	0.01
Tipologico fosso	TRATTO	L [m]	SUPERFICIE IMPERMEABILE [m ²]	SUPERFICIE TOTALE [m ²]	SUPERFICIE PERMEABILE [m ²]	Qp [l/s]	if minima [-]
B=1;b=0.8;H=0.8	12d-15d	115	1535	3118	4653	116.24	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	13d-16d	155	988	1172	2160	47.70	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	14d-15d	112	988	1980	2968	73.94	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	15d-17d	45	1535	3452	4987	127.09	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	15s-16s	300	1796	634	2430	38.09	0.005
B=1;b=0.8;H=0.8	20d-21d	75	2708	4953	7661	187.28	0.005
B=1;b=0.8;H=0.9	23d-24d	25	2708	4953	7661	187.28	0.005

Table 4. Smaltimento rilevato principale lato Pianella: RI.02

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.3.1 Dimensionamento dei collettori

Le verifiche dei collettori sono state effettuate in condizione di moto uniforme determinando le pendenze minime, i diametri e le portate di smaltimento.

Nell'immagine seguente si riporta lo schema utilizzato per il dimensionamento della suddetta rete.

Per un maggior dettaglio si rimanda agli elaborati progettuali.



Figura 5-4: Schema di smaltimento rilevato principale lato Pianella: RI.02

5.3.2 Metodologia e parametri di calcolo

La verifica delle tubazioni e dei fossi di guardia sono state effettuate in condizione di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [m^3/s] è la portata, χ [$\text{m}^{1/2} \text{s}^{-1}$] il coefficiente di attrito, A [m^2] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza del canale.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [$\text{m}^{-1/3} \text{s}$] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione del materiale della condotta e del suo stato di conservazione.

Il valore di scabrezza le tubazioni in PVC è stato assunto pari a $0.0125 \text{ m}^{-1/3} \text{s}$ mentre per i fossi di guardia si è optato per utilizzare un valore della scabrezza pari a $0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{s}$ in quanto i fossi saranno realizzati con fondo naturale.

Sono state, quindi, fissate le quote di fondo e le pendenze tenendo conto delle quote di sistemazione di progetto.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.3.3 Risultati smaltimento tubazioni di progetto

Nelle tabelle seguenti sono riportate le scale di deflusso delle tubazioni relative alla rete di smaltimento delle acque meteoriche dimensionata nella presente relazione tecnica.

All'interno delle tabelle dei risultati sono riportate la profondità, il rapporto di invaso, la velocità, la portata smaltibile ed il numero di Froude per ciascun elemento che costituisce il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dell'area.

Si riportano i risultati delle varie scale di deflusso utilizzate per i calcoli di cui sopra.

Per la verifica degli elementi di smaltimento si considera un grado di riempimento ottimale del 70 % in accordo alle norme di buona progettazione reperibili in letteratura.

Tratto 7p-14s; PVC Dn315; D_{int} = 296.6 mm

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	296.6	mm						
Raggio			R	=	0.15	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.03	0.10	1.29	0.19	0.00	0.02	0.18	0.00	2.04	0.57	0.02	0.05	1.27
0.06	0.20	1.85	0.28	0.01	0.04	0.24	0.01	8.54	0.87	0.04	0.10	1.36
0.09	0.30	2.32	0.34	0.02	0.05	0.27	0.02	19.10	1.10	0.06	0.15	1.38
0.12	0.40	2.74	0.41	0.03	0.06	0.29	0.03	32.88	1.27	0.08	0.20	1.36
0.15	0.50	3.14	0.47	0.03	0.07	0.30	0.05	48.78	1.41	0.10	0.25	1.32
0.18	0.60	3.54	0.53	0.04	0.08	0.29	0.07	65.54	1.51	0.12	0.29	1.25
0.21	0.70	3.96	0.59	0.05	0.09	0.27	0.08	81.68	1.58	0.13	0.34	1.16
0.24	0.80	4.43	0.66	0.06	0.09	0.24	0.10	95.36	1.61	0.13	0.37	1.03
0.27	0.90	5.00	0.74	0.07	0.09	0.18	0.10	103.98	1.59	0.13	0.40	0.84
0.30	1.00	6.21	0.92	0.07	0.08	0.01	0.10	98.32	1.42	0.10	0.40	0.18

Tratto 8p-12d; PVC Dn315; D_{int} = 296.6 mm

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	296.6	mm						
Raggio			R	=	0.15	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.03	0.10	1.29	0.19	0.00	0.02	0.18	0.00	2.04	0.57	0.02	0.05	1.27
0.06	0.20	1.85	0.28	0.01	0.04	0.24	0.01	8.54	0.87	0.04	0.10	1.36
0.09	0.30	2.32	0.34	0.02	0.05	0.27	0.02	19.10	1.10	0.06	0.15	1.38
0.12	0.40	2.74	0.41	0.03	0.06	0.29	0.03	32.88	1.27	0.08	0.20	1.36
0.15	0.50	3.14	0.47	0.03	0.07	0.30	0.05	48.78	1.41	0.10	0.25	1.32
0.18	0.60	3.54	0.53	0.04	0.08	0.29	0.07	65.54	1.51	0.12	0.29	1.25
0.21	0.70	3.96	0.59	0.05	0.09	0.27	0.08	81.68	1.58	0.13	0.34	1.16
0.24	0.80	4.43	0.66	0.06	0.09	0.24	0.10	95.36	1.61	0.13	0.37	1.03
0.27	0.90	5.00	0.74	0.07	0.09	0.18	0.10	103.98	1.59	0.13	0.40	0.84
0.30	1.00	6.21	0.92	0.07	0.08	0.01	0.10	98.32	1.42	0.10	0.40	0.18

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

Tratto 17d-20d; PVC Dn400; $D_{int} = 376.76 \text{ mm}$

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	376.76	mm						
Raggio			R	=	0.19	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	$m^{-1/3} s$	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
ro	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.04	0.10	1.29	0.24	0.01	0.02	0.23	0.00	3.85	0.66	0.02	0.06	1.32
0.08	0.20	1.85	0.35	0.02	0.05	0.30	0.02	16.17	1.02	0.05	0.13	1.42
0.11	0.30	2.32	0.44	0.03	0.06	0.35	0.04	36.16	1.29	0.08	0.20	1.44
0.15	0.40	2.74	0.52	0.04	0.08	0.37	0.06	62.22	1.49	0.11	0.26	1.42
0.19	0.50	3.14	0.59	0.06	0.09	0.38	0.09	92.32	1.66	0.14	0.33	1.37
0.23	0.60	3.54	0.67	0.07	0.10	0.37	0.12	124.04	1.78	0.16	0.39	1.30
0.26	0.70	3.96	0.75	0.08	0.11	0.35	0.15	154.58	1.85	0.18	0.44	1.21
0.30	0.80	4.43	0.83	0.10	0.11	0.30	0.18	180.47	1.89	0.18	0.48	1.07
0.34	0.90	5.00	0.94	0.11	0.11	0.23	0.20	196.78	1.86	0.18	0.52	0.87
0.38	1.00	6.22	1.17	0.11	0.10	0.01	0.19	185.92	1.67	0.14	0.52	0.18

Tratto 21d-22d; PVC Dn500; $D_{int} = 470.8 \text{ mm}$

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	470.8	mm						
Raggio			R	=	0.24	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	$m^{-1/3} s$	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.05	0.10	1.29	0.30	0.01	0.03	0.28	0.01	6.98	0.77	0.03	0.08	1.37
0.09	0.20	1.85	0.44	0.02	0.06	0.38	0.03	29.29	1.18	0.07	0.17	1.47
0.14	0.30	2.32	0.55	0.04	0.08	0.43	0.07	65.50	1.49	0.11	0.25	1.49
0.19	0.40	2.74	0.64	0.07	0.10	0.46	0.11	112.72	1.73	0.15	0.34	1.47
0.24	0.50	3.14	0.74	0.09	0.12	0.47	0.17	167.24	1.92	0.19	0.42	1.43
0.28	0.60	3.54	0.83	0.11	0.13	0.46	0.22	224.72	2.06	0.22	0.50	1.35
0.33	0.70	3.96	0.93	0.13	0.14	0.43	0.28	280.04	2.15	0.24	0.57	1.25
0.38	0.80	4.43	1.04	0.15	0.14	0.38	0.33	326.94	2.19	0.24	0.62	1.11
0.42	0.90	5.00	1.18	0.17	0.14	0.28	0.36	356.49	2.16	0.24	0.66	0.90
0.47	1.00	6.22	1.47	0.17	0.12	0.01	0.34	336.56	1.93	0.19	0.66	0.17

Tratto 22d-23d; PVC Dn500; $D_{int} = 470.8 \text{ mm}$

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	470.8	mm						
Raggio			R	=	0.24	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	$m^{-1/3} s$	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.05	0.10	1.29	0.30	0.01	0.03	0.28	0.01	6.98	0.77	0.03	0.08	1.37
0.09	0.20	1.85	0.44	0.02	0.06	0.38	0.03	29.29	1.18	0.07	0.17	1.47
0.14	0.30	2.32	0.55	0.04	0.08	0.43	0.07	65.50	1.49	0.11	0.25	1.49
0.19	0.40	2.74	0.64	0.07	0.10	0.46	0.11	112.72	1.73	0.15	0.34	1.47
0.24	0.50	3.14	0.74	0.09	0.12	0.47	0.17	167.24	1.92	0.19	0.42	1.43
0.28	0.60	3.54	0.83	0.11	0.13	0.46	0.22	224.72	2.06	0.22	0.50	1.35
0.33	0.70	3.96	0.93	0.13	0.14	0.43	0.28	280.04	2.15	0.24	0.57	1.25
0.38	0.80	4.43	1.04	0.15	0.14	0.38	0.33	326.94	2.19	0.24	0.62	1.11
0.42	0.90	5.00	1.18	0.17	0.14	0.28	0.36	356.49	2.16	0.24	0.66	0.90
0.47	1.00	6.22	1.47	0.17	0.12	0.01	0.34	336.56	1.93	0.19	0.66	0.17

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

Tratto 24s-25s; PVC Dn500; D_{int} = 470.8 mm

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	470.8	mm						
Raggio			R	=	0.24	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.05	0.10	1.29	0.30	0.01	0.03	0.28	0.01	6.98	0.77	0.03	0.08	1.37
0.09	0.20	1.85	0.44	0.02	0.06	0.38	0.03	29.29	1.18	0.07	0.17	1.47
0.14	0.30	2.32	0.55	0.04	0.08	0.43	0.07	65.50	1.49	0.11	0.25	1.49
0.19	0.40	2.74	0.64	0.07	0.10	0.46	0.11	112.72	1.73	0.15	0.34	1.47
0.24	0.50	3.14	0.74	0.09	0.12	0.47	0.17	167.24	1.92	0.19	0.42	1.43
0.28	0.60	3.54	0.83	0.11	0.13	0.46	0.22	224.72	2.06	0.22	0.50	1.35
0.33	0.70	3.96	0.93	0.13	0.14	0.43	0.28	280.04	2.15	0.24	0.57	1.25
0.38	0.80	4.43	1.04	0.15	0.14	0.38	0.33	326.94	2.19	0.24	0.62	1.11
0.42	0.90	5.00	1.18	0.17	0.14	0.28	0.36	356.49	2.16	0.24	0.66	0.90
0.47	1.00	6.22	1.47	0.17	0.12	0.01	0.34	336.56	1.93	0.19	0.66	0.17

Tratto 16s-17s; PVC Dn400; D_{int} = 376.76 mm

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	376.76	mm						
Raggio			R	=	0.19	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
ro	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.04	0.10	1.29	0.24	0.01	0.02	0.23	0.00	3.85	0.66	0.02	0.06	1.32
0.08	0.20	1.85	0.35	0.02	0.05	0.30	0.02	16.17	1.02	0.05	0.13	1.42
0.11	0.30	2.32	0.44	0.03	0.06	0.35	0.04	36.16	1.29	0.08	0.20	1.44
0.15	0.40	2.74	0.52	0.04	0.08	0.37	0.06	62.22	1.49	0.11	0.26	1.42
0.19	0.50	3.14	0.59	0.06	0.09	0.38	0.09	92.32	1.66	0.14	0.33	1.37
0.23	0.60	3.54	0.67	0.07	0.10	0.37	0.12	124.04	1.78	0.16	0.39	1.30
0.26	0.70	3.96	0.75	0.08	0.11	0.35	0.15	154.58	1.85	0.18	0.44	1.21
0.30	0.80	4.43	0.83	0.10	0.11	0.30	0.18	180.47	1.89	0.18	0.48	1.07
0.34	0.90	5.00	0.94	0.11	0.11	0.23	0.20	196.78	1.86	0.18	0.52	0.87
0.38	1.00	6.22	1.17	0.11	0.10	0.01	0.19	185.92	1.67	0.14	0.52	0.18

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.3.4 Risultati smaltimento fossi di guardia

Per la realizzazione dei fossi di guardia si è proceduto definendo un tipologico di fosso realizzato in terreno naturale e caratterizzato dalle seguenti dimensioni:

- Base minore: $b=0.8$ m
- Base maggiore: $B=1$ m
- Altezza delle sponde: $H=0.8$ m

Tale tipologico è stato adottato per tutti gli elementi utilizzati nella rete di smaltimento descritta nel presente elaborato.

Nella tabella seguente si riporta la scala di deflusso relativa al fosso tipologico, caratterizzato da una pendenza minima pari allo 0,5%. In particolare, sono riportati per ciascuna sezione i seguenti parametri: profondità, rapporto di invaso, velocità, portata smaltibile e numero di Froude, riferiti al sistema di drenaggio delle acque meteoriche dell'area.

Per la verifica degli elementi di smaltimento si considera un grado di riempimento ottimale del 70 % in accordo alle norme di buona progettazione reperibili in letteratura.

SCALA DI DEFLUSSO TIPOLOGICO FOSSO DI GUARDIA

Tabella : Scala di deflusso sezione trapezia											
Base minore			b	=	0.8	m					
Base maggiore			B	=	1	m					
Altezza sponde			H	=	0.8	m					
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.03	$m^{-1/3} s$	33				
Pendenza fondo			if	=	0.005	m/m					
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
0.10	0.13	1.00	0.08	0.08	0.83	0.04	35.53	0.44	0.01	0.11	0.44
0.15	0.19	1.10	0.12	0.11	0.84	0.07	66.35	0.54	0.01	0.16	0.45
0.20	0.25	1.20	0.17	0.14	0.85	0.10	102.39	0.62	0.02	0.22	0.45
0.25	0.31	1.30	0.21	0.16	0.86	0.14	142.55	0.69	0.02	0.27	0.45
0.30	0.38	1.40	0.25	0.18	0.88	0.19	186.12	0.74	0.03	0.33	0.44
0.35	0.44	1.51	0.30	0.20	0.89	0.23	232.64	0.79	0.03	0.38	0.44
0.40	0.50	1.61	0.34	0.21	0.90	0.28	281.79	0.83	0.04	0.44	0.43
0.45	0.56	1.71	0.39	0.23	0.91	0.33	333.32	0.87	0.04	0.49	0.43
0.50	0.63	1.81	0.43	0.24	0.93	0.39	387.06	0.90	0.04	0.54	0.42
0.55	0.69	1.91	0.48	0.25	0.94	0.44	442.88	0.93	0.04	0.59	0.41
0.56	0.70	1.93	0.49	0.25	0.94	0.45	454.29	0.93	0.04	0.60	0.41
0.61	0.76	2.03	0.53	0.26	0.95	0.51	512.47	0.96	0.05	0.66	0.41
0.66	0.83	2.13	0.58	0.27	0.97	0.57	572.54	0.98	0.05	0.71	0.40
0.71	0.89	2.23	0.63	0.28	0.98	0.63	634.44	1.01	0.05	0.76	0.40
0.80	1.00	2.41	0.72	0.30	1.00	0.75	750.32	1.04	0.06	0.86	0.39

Alla luce dei risultati riportati nella tabella precedente, si evidenzia che tutti i fossi di guardia relativi al rilevato principale lato Molinella (RI.02) risultano verificati, in quanto le portate di progetto risultano ampiamente inferiori alla capacità di smaltimento associata al grado di riempimento del 70%.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.4 Rilevato viabilità secondaria: VS1

Per la realizzazione della rete di smaltimento relativa al rilevato della viabilità secondaria VS1 si è optato per la realizzazione di fossi di guardia posti ai piedi delle scarpate di progetto. Le acque meteoriche saranno convogliate in tali elementi senza l'utilizzo di embrici ma solamente mediante la modellazione delle scarpate di progetto.

Per questa porzione dell'area di progetto non sono previste tubazioni interrato per il convogliamento delle acque meteoriche.

Nella seguente tabella riassuntiva si riporta per ciascun tratto la portata defluente, le dimensioni di progetto e la pendenza del tratto relative sia alle tubazioni che ai fossi di guardia.

Smaltimento Rilevato viabilità secondaria VS1							
Tipologico fosso	TRATTO	L [m]	SUPERFICIE IMPERMEABILE [m ²]	SUPERFICIE PERMEABILE [m ²]	SUPERFICIE TOTALE [m ²]	Qp [l/s]	if minima [-]
B=1;b=0.8;H=0.8	12s-10s	115	224	436	660	16.34	0.005

Table 5. Smaltimento rilevato viabilità secondaria VS1

5.4.1 Dimensionamento dei collettori

Le verifiche dei collettori sono state effettuate in condizione di moto uniforme determinando le pendenze minime, i diametri e le portate di smaltimento.

Nell'immagine seguente si riporta lo schema utilizzato per il dimensionamento della suddetta rete.

Per un maggior dettaglio si rimanda agli elaborati progettuali.

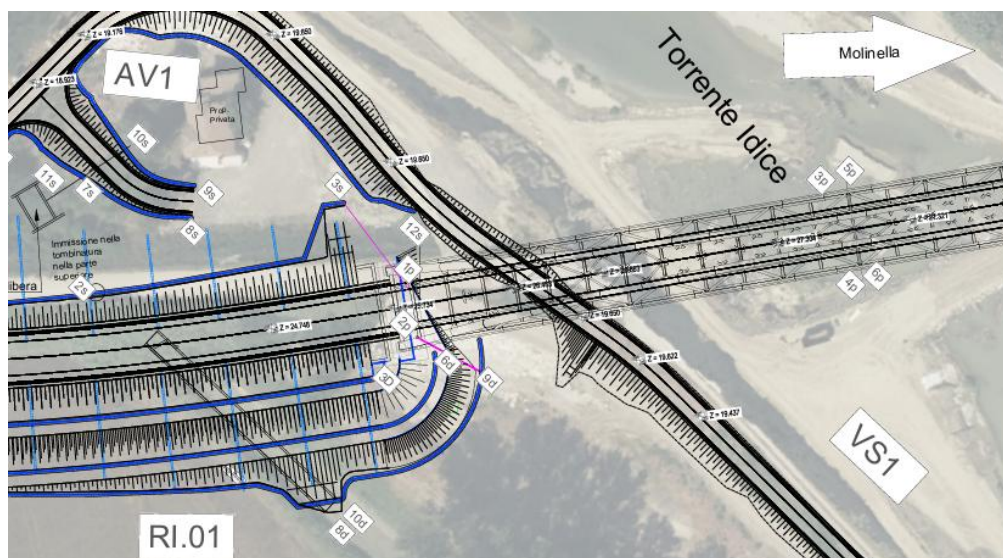


Figura 5-5: Schema di smaltimento rilevato principale lato Pianella: RI.02

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001)					
PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.4.2 Metodologia e parametri di calcolo

La verifica delle tubazioni e dei fossi di guardia sono state effettuate in condizione di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [m³/s] è la portata, χ [m^{1/2} s⁻¹] il coefficiente di attrito, A [m²] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza del canale.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [m^{-1/3} s] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione del materiale della condotta e del suo stato di conservazione.

Il valore di scabrezza dei fossi di guardia è stato imposto pari a 0.03 m^{-1/3} s in quanto i fossi saranno realizzati con fondo naturale.

Sono state, quindi, fissate le quote di fondo e le pendenze tenendo conto delle quote di sistemazione di progetto.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA												
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	<table><tr><td>CODICE PROGETTO</td><td>LIVELLO PROG.</td><td>TIPO DOC.</td><td>AMBITO</td><td>PROGRESSIVO</td><td>REV.</td></tr><tr><td>24V25</td><td>PF</td><td>R</td><td>ID</td><td>724</td><td>r00</td></tr></table>	CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.	24V25	PF	R	ID	724	r00
CODICE PROGETTO	LIVELLO PROG.	TIPO DOC.	AMBITO	PROGRESSIVO	REV.								
24V25	PF	R	ID	724	r00								

5.4.3 Risultati smaltimento fossi di guardia

Per la realizzazione dei fossi di guardia si è proceduto definendo un tipologico di fosso realizzato in terreno naturale e caratterizzato dalle seguenti dimensioni:

- Base minore: $b=0.8$ m
- Base maggiore: $B=1$ m
- Altezza delle sponde: $H=0.8$ m

Tale tipologico è stato adottato per tutti gli elementi utilizzati nella rete di smaltimento descritta nel presente elaborato.

Nella tabella seguente si riporta la scala di deflusso relativa al fosso tipologico, caratterizzato da una pendenza minima pari allo 0,5%. In particolare, sono riportati per ciascuna sezione i seguenti parametri: profondità, rapporto di invaso, velocità, portata smaltibile e numero di Froude, riferiti al sistema di drenaggio delle acque meteoriche dell'area.

Per la verifica degli elementi di smaltimento si considera un grado di riempimento ottimale del 70 % in accordo alle norme di buona progettazione reperibili in letteratura.

SCALA DI DEFLUSSO TIPOLOGICO FOSSO DI GUARDIA

Tabella : Scala di deflusso sezione trapezia											
Base minore			b	=	0.8	m					
Base maggiore			B	=	1	m					
Altezza sponde			H	=	0.8	m					
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.03	$m^{-1/3} s$	33				
Pendenza fondo			if	=	0.005	m/m					
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
0.10	0.13	1.00	0.08	0.08	0.83	0.04	35.53	0.44	0.01	0.11	0.44
0.15	0.19	1.10	0.12	0.11	0.84	0.07	66.35	0.54	0.01	0.16	0.45
0.20	0.25	1.20	0.17	0.14	0.85	0.10	102.39	0.62	0.02	0.22	0.45
0.25	0.31	1.30	0.21	0.16	0.86	0.14	142.55	0.69	0.02	0.27	0.45
0.30	0.38	1.40	0.25	0.18	0.88	0.19	186.12	0.74	0.03	0.33	0.44
0.35	0.44	1.51	0.30	0.20	0.89	0.23	232.64	0.79	0.03	0.38	0.44
0.40	0.50	1.61	0.34	0.21	0.90	0.28	281.79	0.83	0.04	0.44	0.43
0.45	0.56	1.71	0.39	0.23	0.91	0.33	333.32	0.87	0.04	0.49	0.43
0.50	0.63	1.81	0.43	0.24	0.93	0.39	387.06	0.90	0.04	0.54	0.42
0.55	0.69	1.91	0.48	0.25	0.94	0.44	442.88	0.93	0.04	0.59	0.41
0.56	0.70	1.93	0.49	0.25	0.94	0.45	454.29	0.93	0.04	0.60	0.41
0.61	0.76	2.03	0.53	0.26	0.95	0.51	512.47	0.96	0.05	0.66	0.41
0.66	0.83	2.13	0.58	0.27	0.97	0.57	572.54	0.98	0.05	0.71	0.40
0.71	0.89	2.23	0.63	0.28	0.98	0.63	634.44	1.01	0.05	0.76	0.40
0.80	1.00	2.41	0.72	0.30	1.00	0.75	750.32	1.04	0.06	0.86	0.39

Alla luce dei risultati riportati nella tabella precedente, si evidenzia che il fosso di guardia relativo al rilevato alla viabilità secondaria VS1 risulta verificato, in quanto la portata di progetto risulta ampiamente inferiore alla capacità di smaltimento associata al grado di riempimento del 70%.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25 LIVELLO PROG. PF TIPO DOC. R AMBITO ID PROGRESSIVO 724 REV. r00

5.5 Rilevato strade secondarie: AV1 – AV2

Per la realizzazione della rete di smaltimento relativa alle strade secondarie AV1 e AV2, come per i casi precedenti, si è optato per la realizzazione di fossi di guardia posti ai piedi delle scarpate di progetto. Le acque meteoriche saranno convogliate in tali elementi mediante embrici di dimensioni 50×50×20 cm, posizionati lungo le scarpate con un interasse pari a 15 m.

In combinazione con tali opere, è prevista l'installazione di tubazioni interrato in PVC di diverso diametro, necessarie per il collegamento tra i fossi di guardia e per il recapito finale nei corpi idrici recettori.

Nel caso del rilevato relativo alla strada AV1, il recapito è individuato nello Scolo Corla in corrispondenza del tratto tominato, mentre per la strada secondaria AV2 lo scarico avverrà nello scolo Pianella mediante la medesima rete di smaltimento descritta per il rilevato principale lato Molinella RI.02.

Nella seguente tabella riassuntiva si riporta per ciascun tratto la portata defluente, le dimensioni di progetto e la pendenza del tratto relative sia alle tubazioni che ai fossi di guardia.

Smaltimento Rilevato strade secondarie AV1 -AV2								
	DN [mm]	TRATTO	L [m]	SUPERFICIE IMPERMEABILE [m ²]	SUPERFICIE PERMEABILE [m ²]	SUPERFICIE TOTALE [m ²]	Qp [l/s]	if minima [-]
AV1	315	10s-7s	15	224	436	660	15.66	0.01
	315	7s-11s	10	224	516	740	16.72	0.01
	Tipologico fosso	TRATTO	L [m]	SUPERFICIE IMPERMEABILE [m ²]	SUPERFICIE TOTALE [m ²]	SUPERFICIE PERMEABILE [m ²]	Qp [l/s]	if minima [-]
AV1	B=1;b=0.8;H=0.8	9s-10s	20	0	50	50	1.62	0.005
	B=1;b=0.8;H=0.8	6s-7s	20	0	60	60	1.94	0.005
	B=1;b=0.8;H=0.8	8s-7s	20	0	20	20	0.64	0.005
	B=1;b=0.8;H=0.8	4s-5s	130	595	556	1151	23.80	0.005
AV2	B=1;b=0.8;H=0.8	18d-17d	85	182	438	620	16.00	0.005
	B=1;b=0.8;H=0.8	19d-20d	85	182	438	620	16.00	0.005

Table 6. Smaltimento rilevato strade secondarie AV1-AV2

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.5.1 Dimensionamento dei collettori

Le verifiche dei collettori sono state effettuate in condizione di moto uniforme determinando le pendenze minime, i diametri e le portate di smaltimento.

Nell'immagine seguente si riporta lo schema utilizzato per il dimensionamento della suddetta rete.

Per un maggior dettaglio si rimanda agli elaborati progettuali.

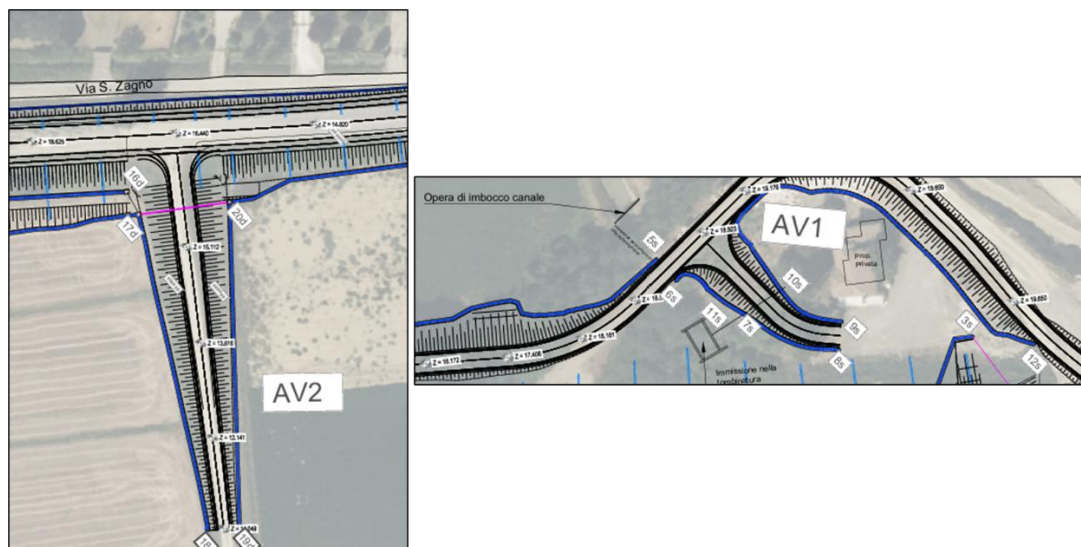


Figura 5-6: Schema di smaltimento rilevato principale lato Pianella: RI.02

5.5.2 Metodologia e parametri di calcolo

La verifica delle tubazioni e dei fossi di guardia sono state effettuate in condizione di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [m^3/s] è la portata, χ [$\text{m}^{1/2} \text{s}^{-1}$] il coefficiente di attrito, A [m^2] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza del canale.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [$\text{m}^{-1/3} \text{s}$] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione del materiale della condotta e del suo stato di conservazione.

Il valore di scabrezza le tubazioni in PVC è stato assunto pari a $0.0125 \text{ m}^{-1/3} \text{s}$ mentre per i fossi di guardia si è optato per utilizzare un valore della scabrezza pari a $0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{s}$ in quanto i fossi saranno realizzati con fondo naturale.

Sono state, quindi, fissate le quote di fondo e le pendenze tenendo conto delle quote di sistemazione di progetto.

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.5.3 Risultati smaltimento tubazioni di progetto

Nelle tabelle seguenti sono riportate le scale di deflusso delle tubazioni relative alla rete di smaltimento delle acque meteoriche dimensionata nella presente relazione tecnica.

All'interno delle tabelle dei risultati sono riportate la profondità, il rapporto di invaso, la velocità, la portata smaltibile ed il numero di Froude per ciascun elemento che costituisce il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dell'area.

Si riportano i risultati delle varie scale di deflusso utilizzate per i calcoli di cui sopra.

Per la verifica degli elementi di smaltimento si considera un grado di riempimento ottimale del 70 % in accordo alle norme di buona progettazione reperibili in letteratura.

Tratto 10s-7s; PVC Dn315; $D_{int} = 296.6 \text{ mm}$

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	296.6	mm						
Raggio			R	=	0.15	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza perlo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.03	0.10	1.29	0.19	0.00	0.02	0.18	0.00	2.04	0.57	0.02	0.05	1.27
0.06	0.20	1.85	0.28	0.01	0.04	0.24	0.01	8.54	0.87	0.04	0.10	1.36
0.09	0.30	2.32	0.34	0.02	0.05	0.27	0.02	19.10	1.10	0.06	0.15	1.38
0.12	0.40	2.74	0.41	0.03	0.06	0.29	0.03	32.88	1.27	0.08	0.20	1.36
0.15	0.50	3.14	0.47	0.03	0.07	0.30	0.05	48.78	1.41	0.10	0.25	1.32
0.18	0.60	3.54	0.53	0.04	0.08	0.29	0.07	65.54	1.51	0.12	0.29	1.25
0.21	0.70	3.96	0.59	0.05	0.09	0.27	0.08	81.68	1.58	0.13	0.34	1.16
0.24	0.80	4.43	0.66	0.06	0.09	0.24	0.10	95.36	1.61	0.13	0.37	1.03
0.27	0.90	5.00	0.74	0.07	0.09	0.18	0.10	103.98	1.59	0.13	0.40	0.84
0.30	1.00	6.21	0.92	0.07	0.08	0.01	0.10	98.32	1.42	0.10	0.40	0.18

Tratto 7s-11s; PVC Dn315; $D_{int} = 296.6 \text{ mm}$

Tabella : Scala di deflusso sezione circolare - TUBAZIONE IN PVC												
Diametro			D	=	296.6	mm						
Raggio			R	=	0.15	m						
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.0125	m ^{-1/3} s	80					
Pendenza fondo			if	=	0.01	m/m						
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza perlo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
0.03	0.10	1.29	0.19	0.00	0.02	0.18	0.00	2.04	0.57	0.02	0.05	1.27
0.06	0.20	1.85	0.28	0.01	0.04	0.24	0.01	8.54	0.87	0.04	0.10	1.36
0.09	0.30	2.32	0.34	0.02	0.05	0.27	0.02	19.10	1.10	0.06	0.15	1.38
0.12	0.40	2.74	0.41	0.03	0.06	0.29	0.03	32.88	1.27	0.08	0.20	1.36
0.15	0.50	3.14	0.47	0.03	0.07	0.30	0.05	48.78	1.41	0.10	0.25	1.32
0.18	0.60	3.54	0.53	0.04	0.08	0.29	0.07	65.54	1.51	0.12	0.29	1.25
0.21	0.70	3.96	0.59	0.05	0.09	0.27	0.08	81.68	1.58	0.13	0.34	1.16
0.24	0.80	4.43	0.66	0.06	0.09	0.24	0.10	95.36	1.61	0.13	0.37	1.03
0.27	0.90	5.00	0.74	0.07	0.09	0.18	0.10	103.98	1.59	0.13	0.40	0.84
0.30	1.00	6.21	0.92	0.07	0.08	0.01	0.10	98.32	1.42	0.10	0.40	0.18

STAZIONE APPALTANTE : Città Metropolitana di Bologna PROGETTAZIONE : SYSTRA S.p.A. (Mandataria) SETECO INGEGNERIA S.r.l. ITEC ENGINEERING S.r.l.	INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PONTE CROLLATO SU S.P. 6 KM 13 TRA I COMUNI DI BUDRIO E MOLINELLA (CIG: B61D6D1B0D - CUP: C51B23000440001) PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					
IDRAULICA Relazione di smaltimento acque meteoriche	CODICE PROGETTO 24V25	LIVELLO PROG. PF	TIPO DOC. R	AMBITO ID	PROGRESSIVO 724	REV. r00

5.5.4 Risultati smaltimento fossi di guardia

Per la realizzazione dei fossi di guardia si è proceduto definendo un tipologico di fosso realizzato in terreno naturale e caratterizzato dalle seguenti dimensioni:

- Base minore: $b=0.8$ m
- Base maggiore: $B=1$ m
- Altezza delle sponde: $H=0.8$ m

Tale tipologico è stato adottato per tutti gli elementi utilizzati nella rete di smaltimento descritta nel presente elaborato.

Nella tabella seguente si riporta la scala di deflusso relativa al fosso tipologico, caratterizzato da una pendenza minima pari allo 0,5%. In particolare, sono riportati per ciascuna sezione i seguenti parametri: profondità, rapporto di invaso, velocità, portata smaltibile e numero di Froude, riferiti al sistema di drenaggio delle acque meteoriche dell'area.

Per la verifica degli elementi di smaltimento si considera un grado di riempimento ottimale del 70 % in accordo alle norme di buona progettazione reperibili in letteratura.

SCALA DI DEFLUSSO TIPOLOGICO FOSSO DI GUARDIA

Tabella : Scala di deflusso sezione trapezia											
Base minore			b	=	0.8	m					
Base maggiore			B	=	1	m					
Altezza sponde			H	=	0.8	m					
Coefficiente di scabrezza di Manning			n	=	0.03	$m^{-1/3} s$	33				
Pendenza fondo			if	=	0.005	m/m					
Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero di Froude
Y	Y/D	P	A	R	b	Q	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[l/s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
0.10	0.13	1.00	0.08	0.08	0.83	0.04	35.53	0.44	0.01	0.11	0.44
0.15	0.19	1.10	0.12	0.11	0.84	0.07	66.35	0.54	0.01	0.16	0.45
0.20	0.25	1.20	0.17	0.14	0.85	0.10	102.39	0.62	0.02	0.22	0.45
0.25	0.31	1.30	0.21	0.16	0.86	0.14	142.55	0.69	0.02	0.27	0.45
0.30	0.38	1.40	0.25	0.18	0.88	0.19	186.12	0.74	0.03	0.33	0.44
0.35	0.44	1.51	0.30	0.20	0.89	0.23	232.64	0.79	0.03	0.38	0.44
0.40	0.50	1.61	0.34	0.21	0.90	0.28	281.79	0.83	0.04	0.44	0.43
0.45	0.56	1.71	0.39	0.23	0.91	0.33	333.32	0.87	0.04	0.49	0.43
0.50	0.63	1.81	0.43	0.24	0.93	0.39	387.06	0.90	0.04	0.54	0.42
0.55	0.69	1.91	0.48	0.25	0.94	0.44	442.88	0.93	0.04	0.59	0.41
0.56	0.70	1.93	0.49	0.25	0.94	0.45	454.29	0.93	0.04	0.60	0.41
0.61	0.76	2.03	0.53	0.26	0.95	0.51	512.47	0.96	0.05	0.66	0.41
0.66	0.83	2.13	0.58	0.27	0.97	0.57	572.54	0.98	0.05	0.71	0.40
0.71	0.89	2.23	0.63	0.28	0.98	0.63	634.44	1.01	0.05	0.76	0.40
0.80	1.00	2.41	0.72	0.30	1.00	0.75	750.32	1.04	0.06	0.86	0.39

Alla luce dei risultati riportati nella tabella precedente, si evidenzia che i fossi di guardia relativi ad entrambe le strade secondarie AV1 e AV2 risultano verificati, in quanto le portate di progetto risultano ampiamente inferiori alla capacità di smaltimento associata al grado di riempimento del 70%.