



AREA SERVIZI TERRITORIALI METROPOLITANI
Servizio Progettazione Costruzioni e Manutenzione Strade

INTERVENTO FINANZIATO NELL'AMBITO DEL PATTO PER BOLOGNA

VARIANTE ALLA S.P. 65 "DELLA FUTA"

NODO DI RASTIGNANO - 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO
TRATTO COMPRESO TRA SVINCOLO DI RASTIGNANO E PONTE DELLE OCHE
NEI COMUNI DI SAN LAZZARO DI SAVENA, BOLOGNA E PIANORO

PROGETTO DEFINITIVO

CORPO STRADALE

IDROLOGIA – IDRAULICA

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Paolo De Paoli
Ord. Ingg. Pavia N.1739
**RESPONSABILE IDROLOGIA
E IDRAULICA**

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Raffaele Rinaldesi
Ord. Ingg. Macerata N. A1068

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496
PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

CODICE IDENTIFICATIVO																							Ordinatore:						
RIFERIMENTO PROGETTO						RIFERIMENTO DIRETTORIO								RIFERIMENTO ELABORATO															
Codice Commessa		Lotto, Sub- Cod. Appalto		Fase	Capitolo	Paragrafo	WBS tipologia progressivo		PARTE D'OPERA		Tip.	Disciplina	Progressivo		Rev.														
1	1	1	4	4	4	0	0	0	1	P	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	—	—	SCALA: —



PROJECT MANAGER:

Ing. Raffaele Rinaldesi
Ord. Ingg. Macerata N. A1068

REDATTO:

SUPPORTO SPECIALISTICO:



VERIFICATO:

REVISIONE

n.	data
0	FEBBRAIO 2018
1	—
2	—
3	—
4	—

VISTO DEL PROPRIETARIO DELLE OPERE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Pietro Luminasi

VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

SPEA Engineering

VARIANTE ALLA SP65 “DELLA FUTA”

PROGETTO DEFINITIVO

**NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI
COMPLETAMENTO**


TRATTO COMPRESO TRA SVINCOLO DI RASTIGNANO E PONTE
DELLE OCHE NEI COMUNI DI SAN LAZZARO DI SAVENA, BOLOGNA E
PIANORO

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE**



INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	7
3	SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI VERSANTE	8
3.1	Criteri di calcolo	8
3.2	Dimensionamento dei fossi a sezione trapezia.....	11
3.3	Soluzioni localizzate per lo smaltimento delle acque di versante	12
4	SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA.....	14
4.1	Criteri di calcolo	15
4.2	Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma.....	16
4.2.1	Zona a sud della rotatoria Oche (WBS CS.00)	16
4.2.2	Muro di sottoscarpa adiacente alla strada di collegamento al campo sportivo (WBS CS.01) .	16
4.2.3	Muro di sostegno lungo il rilevato a valle del viadotto Rastignano (WBS CS.02)	17
4.2.4	Viadotto Rastignano	17
4.2.5	Ponte sulla ferrovia Bologna-Firenze	17
4.2.6	Tabelle di riepilogo.....	17

	<p style="text-align: right;">VARIANTE ALLA SP65 “DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE</p>
---	---

1 PREMESSA

La strada provinciale 65 “della Futa” (ex S.S. n° 65) è la principale via di collegamento fra l'area urbana di Bologna e i comuni della valle del Savena (Monghidoro, Loiano, Pianoro e le sue frazioni di Carteria di Sesto e Rastignano).

Procedendo in uscita da Bologna, la SP65 ha inizio da Via Toscana in prossimità del ponte sul Savena, attraversa l'abitato di Rastignano, sorto a cavallo dei confini amministrativi dei comuni di Bologna, Pianoro e San Lazzaro e percorre la vallata in direzione di Pianoro, Loiano, Monghidoro fino a raggiungere i passi della Raticosa e della Futa e quindi scendere in Mugello, e infine a Vaglia e Firenze. Rappresentava la storica direttrice di collegamento transappennica tra Bologna e Firenze fino all'apertura dell'autostrada A1. Nel tempo, nel tratto emiliano sono nati e si sono sviluppati i maggiori insediamenti residenziali, commerciali e industriali della vallata. Alle storiche funzioni di transito e distribuzione si sono quindi affiancate quelle di penetrazione e accesso con conseguente congestione ed inadeguatezza dell'infrastruttura.

Da qui nasce la necessità di creare una viabilità alternativa alla SP 65 che risponda alle necessità di collegamento a medio-lungo raggio che si è concretizzata, all'interno dell'area urbana di Bologna, nella costruzione della strada Lungo Savena (o IN870 secondo la denominazione del consorzio CAVET costruttore dell'opera) e della strada di Fondovalle Savena nel tratto interno ai comuni di Pianoro e Loiano. Queste strade, caratterizzate da tracciati e sezioni idonee alla loro funzione, non sono attualmente direttamente collegate ma si arrestano rispettivamente all'altezza di Via Corelli e del Ponte delle Oche, ovvero a valle e a monte dell'abitato di Rastignano che è attraversabile unicamente per mezzo della viabilità storica, così come mostrato nella planimetria seguente.

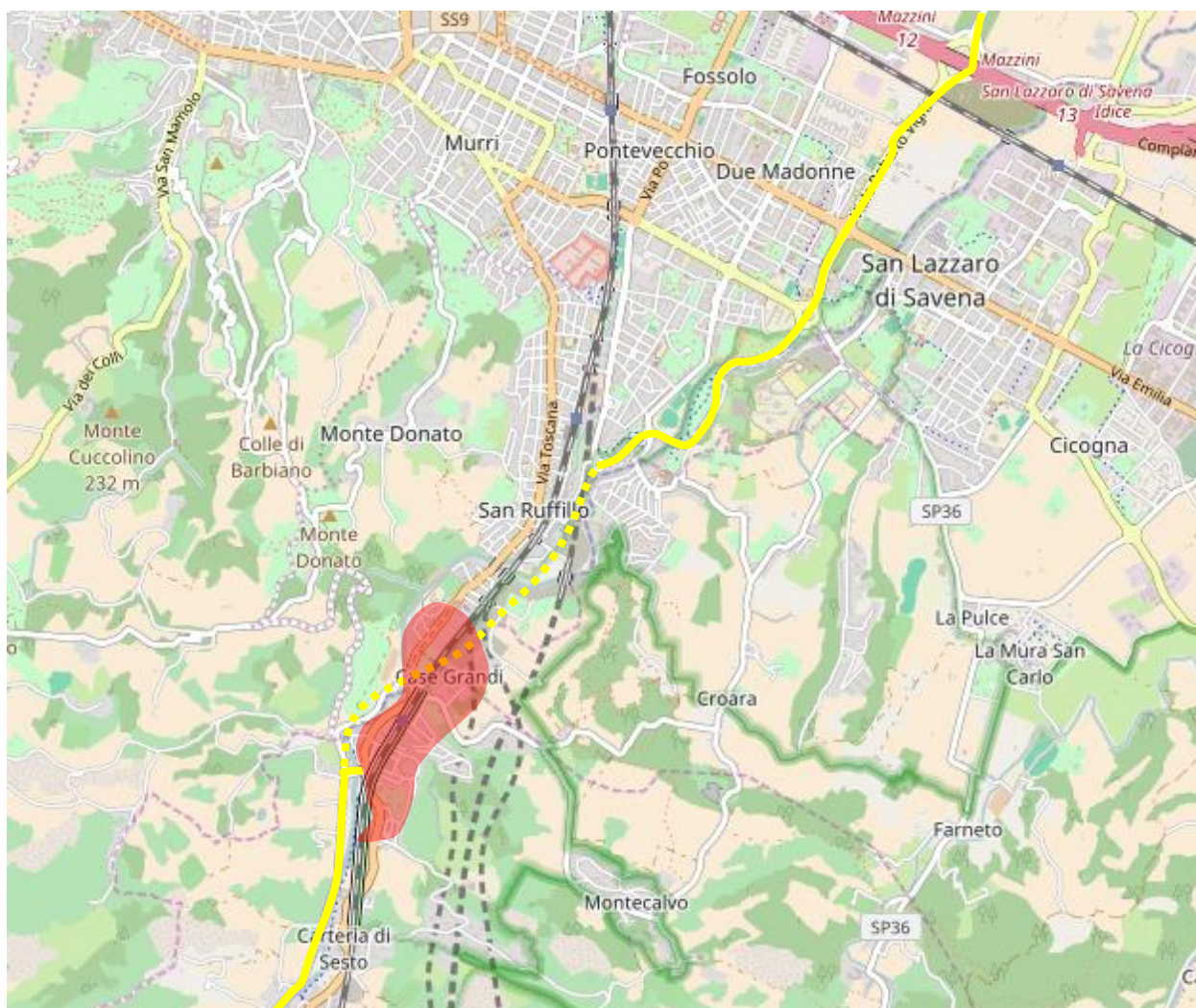



Figura 1-1: Quadrante Sud-Ovest di Bologna. La SP65 è evidenziata in arancione, la strada fondo valle Savena (a Sud) e la strada Lungo Savena (a Nord) in linea continua gialla, la direttrice della variante di Rastignano in linea puntinata gialla. L'abitato di Rastignano è evidenziato dalla campitura rossa. Cartografia OpenStreetMap

In questa località, oltre alle particolari condizioni orografiche che vedono l'abitato strettamente raccolto attorno alla Strada Provinciale ed al Torrente Savena ai piedi delle due pendici di Monte Calvo e del Parco del Paleotto, si trovano anche i confini amministrativi di tre Comuni (Bologna, S. Lazzaro e Pianoro). Data, quindi, la particolare situazione di "località di confine", Rastignano ha avuto una urbanizzazione disordinata e caotica tutta gravitante sulla Strada Provinciale e affacciata sull'argine del Torrente Savena. Sulla stessa direttrice, a pochi metri dalla strada Provinciale, insiste inoltre la linea ferroviaria "Direttissima" Bologna - Firenze, che provoca un'ulteriore frattura longitudinale del territorio secondo il centro abitato in due parti collegate tra loro da due soli passaggi, uno in sottovia ed uno in sopravvia, per tutto lo sviluppo longitudinale della frazione. A questa si sono recentemente aggiunte anche la nuova linea ad alta velocità e le linee di interconnessione con i relativi manufatti tecnologici.

La presenza inoltre del Torrente Savena, che lambisce tutte le abitazioni in destra idraulica passando praticamente alla quota degli scantinati delle abitazioni che si sviluppano

	<p style="text-align: right;">VARIANTE ALLA SP65 “DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE</p>
---	---

lungo la Futa, costituisce un ulteriore ostacolo allo sviluppo razionale della mobilità della zona in esame. In sinistra idraulica si sviluppa il Parco del Paleotto, zona di particolare pregio ambientale, ma di difficile accesso e di scarsa fruibilità a causa anche dello stato di degrado ambientale e idrogeologico con cui si presenta il torrente Savena, confine naturale di inizio del Parco stesso.

Non essendo più sostenibile tale situazione, dati i notevoli volumi di traffico, locale e non, che attraversano l'abitato quotidianamente e che provocano un inquinamento insopportabile per i residenti, è iniziato un lungo e complesso iter progettuale per la definizione di un nuovo tracciato stradale di collegamento fra il ponte delle Oche e Via Corelli in Comune di Bologna.

Procedendo da Sud verso Nord, il nuovo collegamento si compone in tre tratti:

- 1) Variante di Rastignano – Tratto Sud (indicato in rosso in figura);
- 2) Variante di Rastignano – Tratto Nord (indicato in azzurro in figura);
- 3) Completamento Strada IN870 (anch'esso indicato in azzurro in figura);

con diversi collegamenti/svincoli con la viabilità esistente (da Sud a Nord, Ponte delle Oche, Via Torriane, bretella e rotatoria di Rastignano, bretella e rotatoria del Dazio).

Come sarà meglio illustrato nel seguito, i due tratti settentrionali, indicati con i numeri 2 e 3 nell'elenco precedente, sono stati appaltati nel 2014 da RFI e sono attualmente in costruzione. Il tratto di completamento – ovvero il tratto meridionale della variante di Rastignano – è l'oggetto del presente progetto definitivo.

La presente relazione affronta gli aspetti idrologici ed idraulici del sistema di smaltimento delle acque meteoriche. Per i diversi elementi della rete (fossi, collettori, tombamenti) sono definiti i criteri ed i parametri idraulici di progetto, la tipologia di materiale da utilizzare ed il relativo dimensionamento.

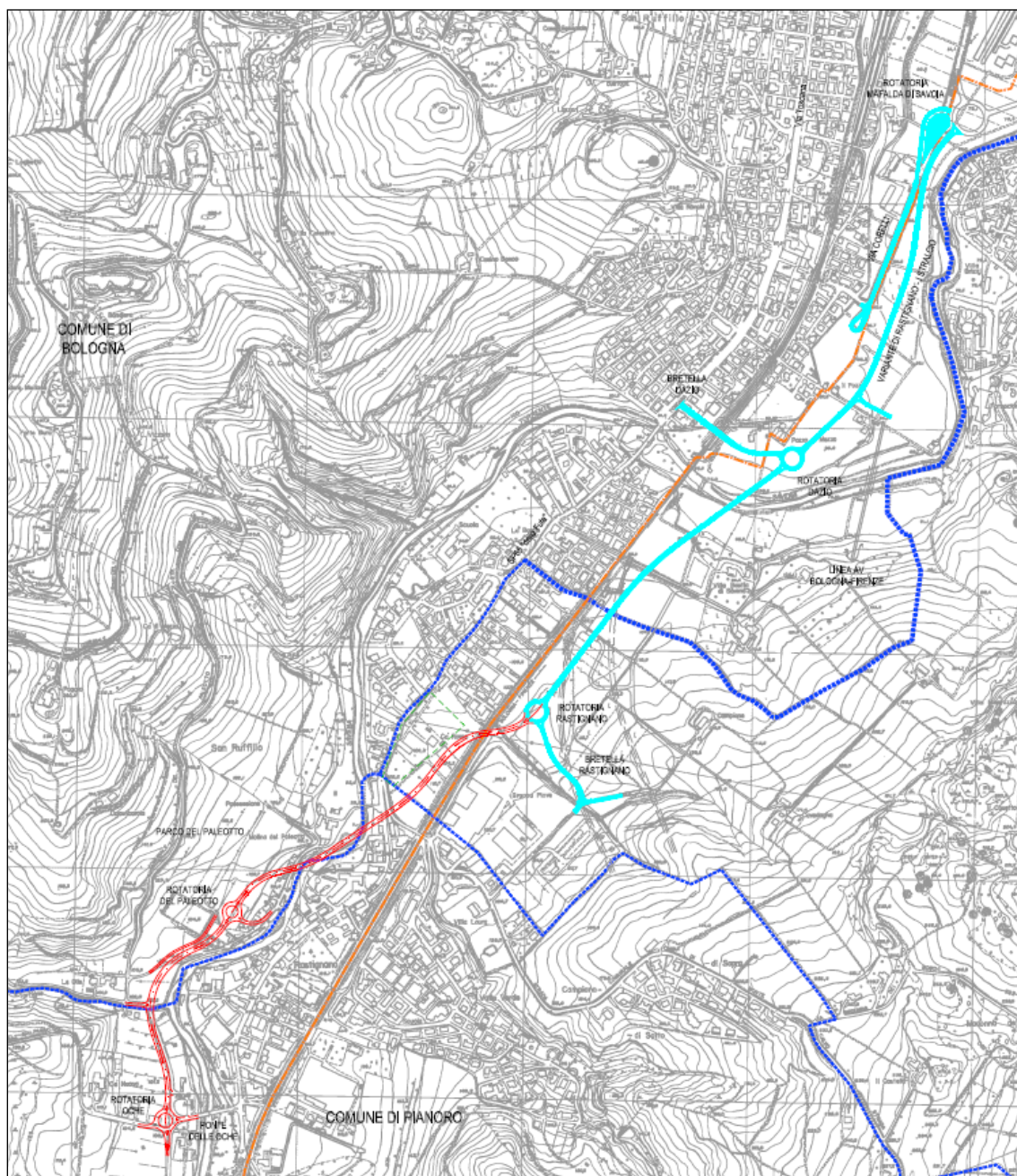



Figura 1-2: Variante SP65: I stralcio in ciano, II stralcio in rosso.


 gruppo Atlantia	<p style="text-align: right;">VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE</p>
--	---

2 NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [1] Wyoming Department of Environmental Quality (1999). Urban best management practices for non-point source pollution. Produced by the Point and Nonpoint Source Programs, Water Quality Division, Wyoming Department of Environmental Quality (September 1999).

- [2] Autorità di Bacino del Reno (2002). Piano stralcio per l'assetto idrogeologico. Relazione Generale e Norme. Bologna, 6 dicembre 2002.

- [3] Delibera di Giunta Regionale n. 1860 del 18 Dicembre 2006. Linee Guida per la gestione acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione della deliberazione G.R. N. 286 del 14/02/2005.

	<p style="text-align: right;">VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO</p> <p style="text-align: center;">Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro</p> <p style="text-align: right;">Progetto Definitivo</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE</p>
---	--

3 SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI VERSANTE

Nei tratti in cui il tracciato stradale costituisce ostacolo al naturale deflusso delle acque di versante, queste vengono raccolte in fossi di guardia a cielo aperto situati al piede dei rilevati stradali o in sommità ai tratti in trincea. Nella definizione del tracciato e delle dimensioni dei fossi di guardia si terrà conto dei fossi preesistenti ovvero inalveamento di corsi d'acqua minori o incisioni naturali.

3.1 Criteri di calcolo

Per ogni singolo fosso è stato definito il relativo bacino imbrifero, con riferimento ai bacini numerati nell'elaborato di progetto *IDR-0002 - Planimetria bacini idrografici*, il quale rappresenta schematicamente la regimazione delle acque di versante nell'area attraversata dalla strada in progetto.

Per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque di versante si considera un tempo di ritorno dell'evento meteorico di progetto pari a 25 anni. Tale evento è caratterizzato dalla curva di possibilità pluviometrica definita dalla seguente relazione:

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

in cui t rappresenta la durata dell'evento di pioggia, ed H l'altezza di pioggia ad esso relativa.

Lo studio della pluviometria è svolto facendo riferimento ai dati degli Annali Idrologici relativi alle precipitazioni registrate al pluviografo di Bologna. Complessivamente sono disponibili dati dal 1934 al 2015, da cui si sono selezionati gli eventi di breve durata e forte intensità di durata 10, 15, 20, 30, 45 minuti, e gli eventi di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Per l'analisi delle altezze di pioggia si è adottata la legge per i valori estremi di Gumbel. Si sono pertanto ottenuti i parametri presentati nella tabella seguente.

		TR = 25 anni	TR = 50 anni
t < 1 ora	a [mm·h ⁻ⁿ]	48.22	54.36
	n [-]	0.60	0.63
t > 1 ora	a [mm·h ⁻ⁿ]	43.69	48.96
	n [-]	0.28	0.28

Tabella 3-1: Parametri della curva di possibilità pluviometrica nell'area in esame

Per la determinazione della portata di progetto dei bacini idrografici si utilizza il metodo cinematico:

$$Q_c = 0.278 \phi \frac{h \cdot S}{T_c} \quad [l/s]$$

dove:

- φ = coefficiente di deflusso del bacino, assunto per le acque di versante pari a 0.60
 h = altezza di pioggia espressa in m
 S = superficie del bacino espressa in m^2
 T_C = tempo di corrivazione in ore

Per il calcolo del tempo di corrivazione T_C , che rappresenta il tempo impiegato da una goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura, si utilizza la seguente espressione:

$$T_C = \max (0.25; \min (T_{C1}; T_{C2}; T_{C3}))$$

ovvero si assume il più breve dei valori calcolati secondo tre formule tipicamente usate in letteratura:

$$T_{C1} = 0.127 * \sqrt{(S * 10^{-6} / i)} \quad (\text{Ventura, 1905})$$

$$T_{C2} = 0.95 * L^{1.155} / d^{0.385} \quad (\text{Kirpich, 1940})$$

$$T_{C3} = 0.055 * L / \sqrt{i} \quad (\text{Pezzoli, 1970})$$

e comunque non inferiore a 15 minuti ($T_C = 0.25$). Tale valore costituisce di fatto un limite alle portate di progetto: tale assunzione è giustificata dalle piccole dimensioni e dai gradienti elevati dei bacini in esame, nonché dalla comune prassi progettuale.

Nelle formule precedenti:

- H_0 = altezza della sezione di chiusura del bacino in m s.l.m.
 H_{\max} = altezza massima riscontrabile sulla superficie del bacino in m s.l.m.
 $d = H_{\max} - H_0$ = dislivello lungo l'asta principale del bacino
 $i = d / L$ = pendenza media lungo l'asta principale del bacino
 L = lunghezza dell'asta principale in km

Per tutti i versanti in esame il tempo di corrivazione risulta essere pari a 15 minuti.

I fossi di guardia sono dimensionati con sezione trapezia e scarpate inclinate con pendenza 2:3 (vedi Figura 3-1). Considerando un livello di riempimento non superiore all'80%, la verifica idraulica in corrispondenza della portata di progetto è effettuata ipotizzando condizioni di moto uniforme e quindi utilizzando la formula di Chezy:

$$V = \chi \sqrt{R i}$$

nella quale:

- R = raggio idraulico del fosso (rapporto fra l'area della sezione bagnata Ω e il suo perimetro P) espresso in m
- i = pendenza longitudinale del fosso
- χ = coefficiente di Chezy ottenuto in funzione del coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler:

$$\chi = k_s R^{1/6}$$

essendo $k_s = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per un fosso inerbito.

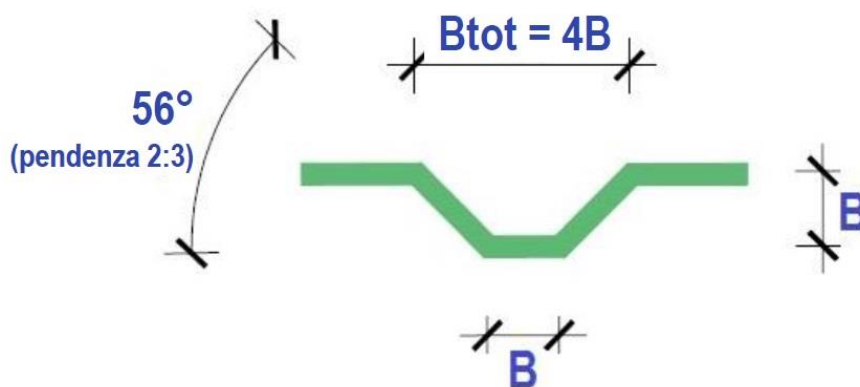



Figura 3-1: Sezione tipica dei fossi di guardia a sezione trapezia

Nei paragrafi seguenti vengono riportate le verifiche idrauliche dei singoli fossi di guardia a cielo aperto (Par. 3.2), e vengono definiti i metodi di convogliamento delle acque di versante in alcune situazioni localizzate (Par. 3.3).

	<p style="text-align: right;">VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE</p>
---	---

3.2 Dimensionamento dei fossi a sezione trapezia

I fossi di guardia hanno caratteristica sezione trapezia, con larghezza minima alla base pari a 0.50m, e sono generalmente non rivestiti. L'inerbimento garantisce infatti un aumento della scabrezza in grado di moderare le velocità di deflusso, riducendo la velocità delle acque e ritardando l'afflusso al recapito.

Le pendenze dei fossi di guardia sono generalmente mantenute entro il valore dell'1%, o comunque mai troppo difforni dall'andamento morfologico del piano campagna, realizzando ove necessario salti di fondo che garantiscano di svincolare il deflusso nei fossi dalle condizioni idriche di valle, evitando fenomeni di rigurgito. Contestualmente al dimensionamento idraulico dei fossi di guardia, si verifica che le velocità in condizioni di progetto non superino il valore di 2 m/s (per i fossi non rivestiti) al fine di prevenire fenomeni di erosione localizzati.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le verifiche idrauliche dei fossi di guardia a sezione trapezia.

Le caratteristiche geometriche dei bacini idrografici necessarie nell'applicare le formule di cui sopra sono riassunte in Tabella 3-2, presentata anche nell'elaborato *IDR-0002 - Planimetria bacini idrografici*. Il bacino numero 6 non è di fatto intercettato dal tracciato stradale.

N° bacino	A drenata [ha]	H_{max} [m s.l.m.]	H_{min} [m s.l.m.]	Dislivello [m]	L asta [m]	T_c [h]	Q_c [m³/s]
1	2.01	130	104	26	240	0.25	0.28
2	15.64	210	103	107	716	0.25	2.19
3	4.78	155	102	53	332	0.25	0.67
4	11.54	250	102	148	681	0.25	1.61
5	2.04	128	102	26	166	0.25	0.29
6	23.26	283	98	185	920	0.25	3.25

Tabella 3-2: Portate in uscita dai bacini idrografici nell'area in esame

In Tabella 3-3, con gli stessi codici identificativi utilizzati negli elaborati grafici di progetto, sono definiti i nuovi fossi di guardia ed è determinata per ogni fosso la portata di progetto in base al metodo cinematico, come descritto nel Par. 3.1.

In Tabella 3-4 è verificato il livello di riempimento del fosso. In particolare si indica con B la larghezza della base del fosso, che corrisponde alla sua profondità massima come illustrato nella sezione tipo di Figura 3-1. h rappresenta l'altezza d'acqua in condizioni di progetto: la verifica è soddisfatta in quanto la portata di progetto transita con valori di h che corrispondono ad un livello di riempimento minore dell'80% ($h < 80\% \cdot B$).

Fosso	Bacino imbrifero drenato	A drenata [ha]	Q _c [m³/s]
FI-1	Ripristino fosso esistente		0.35 (capacità collettore CA-1)
FI-2	1	2.01	0.63
FI-3	1, 2	17.64	2.81
FR-1	1, 2	17.64	3.30
FI-4	Porzione bacino 2		0.49 (capacità fosso FI-4)
FI-7	3	4.78	0.67
FI-12, FI-13, FI-14	4	11.54	1.61
FI-18, FI-19, FI-20, FI-21	5	2.04	0.29

Tabella 3-3: Portate di progetto in transito nei fossi di raccolta delle acque di versante


Fosso	Q _c [m³/s]	i [%]	k _s [m ^{1/3} /s]	B [m]	h [m]	Ω [m²]	P [m]	R [m]	V [m/s]
FI-1	0.35	1	30	0.75	0.29	0.35	1.80	0.19	1.00
FI-2	0.63	1	30	0.75	0.40	0.53	2.18	0.24	1.17
FI-3	2.81	1	30	1	0.76	1.63	3.75	0.44	1.72
FR-1	3.30	1	60	1	0.64	1.06	2.82	0.38	3.12
FI-4	0.49	1	30	0.5	0.40	0.44	1.94	0.23	1.11
FI-7	0.67	0.5	30	0.75	0.49	0.72	2.51	0.29	0.93
FI-12, FI-13, FI-14	1.61	0.8	30	1	0.61	1.18	3.21	0.37	1.37
FI-18, FI-19, FI-20	0.29	1	30	0.5	0.31	0.29	1.61	0.18	0.97

Tabella 3-4: Caratteristiche idrauliche del deflusso nei fossi di raccolta delle acque di versante

3.3 Soluzioni localizzate per lo smaltimento delle acque di versante

Sono previsti alcuni tombamenti (dimensionati idraulicamente in base alla formula di Chezy per moto uniforme) delle acque di versante allo scopo di attraversare gli assi stradali. In particolare:


- Le acque provenienti dal fosso FI-1 e dal bacino idrografico n.1 attraversano gli accessi alle abitazioni private mediante le canalizzazioni in calcestruzzo CA-1 e CA-2;
- Le acque di cui sopra unite a quelle provenienti dal bacino idrografico n. 2 attraversano l'asse stradale principale (via De Gasperi) mediante il manufatto scatolare CA-3 di dimensioni 1.5m x 1,5m;

 gruppo Atlantia	<p style="text-align: right;"> VARIANTE ALLA SP65 “DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo </p> <p style="text-align: center;"> RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE </p>
--	---

- Le acque provenienti dal bacino idrografico n. 4 sono tombate nel tratto che attraversa la strada di collegamento al campo sportivo e nel tratto che attraversa via Torriane. Tali tombamenti sono realizzati con uno scatolare in calcestruzzo di larghezza $B = 1\text{m}$;
- Le acque provenienti dal bacino idrografico n. 5 sono tombate nel tratto che attraversa l'asse principale, nel tratto immediatamente a valle del campo sportivo. Tale tombamento, dimensionato in base alla formula di Chezy, sarà realizzato con uno scatolare in calcestruzzo di larghezza $B = 0.6\text{m}$;
- Parte delle acque che provengono dal bacino idrografico n. 5 sono convogliate mediante il manufatto scatolare CA-7 sotto la strada esistente per raggiungere direttamente il torrente Savena.

Le verifiche di riempimento dei tombamenti di cui sopra sono riportate nel Par. 4.2.6.

I fossi FI-21 e FI-22 non scaricano a nessun ricettore ma servono solo ad intercettare eventuali portate localizzate proteggendo il rilevato in vicinanza del manufatto di attraversamento della linea ferroviaria ad Alta Velocità.

 gruppo Atlantia	<p style="text-align: right;">VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA"</p> <p style="text-align: center;">NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO</p> <p style="text-align: center;">Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro</p> <p style="text-align: right;">Progetto Definitivo</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE</p>
--	---

4 SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

Per le acque di piattaforma, data l'assenza di tratti in trincea, si adotta generalmente un sistema di smaltimento a embrici e fossi e, ove questo non sia possibile, si ricorre all'utilizzo di condotte interrate. Nei tratti con doppia pendenza trasversale sono previsti due fossi ai lati del rilevato. In corrispondenza delle curve del tracciato, ove la strada presenta un'unica pendenza trasversale, si adotta un unico fosso posizionato sul lato interno rispetto all'asse stradale.

In alcuni tratti, ovvero:

- Lungo alcuni tratti della rotatoria Oche e a Sud della stessa;
- In corrispondenza del muro di sottoscarpa adiacente alla strada di collegamento al campo sportivo;
- Lungo parte della rotatoria Parco Paleotto;
- Lungo il viadotto Rastignano;
- Tra il viadotto Rastignano e la rotatoria Rastignano, punto di raccordo con il lotto successivo;
- Ove la rete di smaltimento attraversa il tracciato stradale;

le acque meteoriche sono convogliate attraverso tubazioni per le quali si illustra il dimensionamento specifico al Par. 4.2.

Prima dell'immissione nel corpo ricettore la rete di smaltimento prevede la laminazione delle portate invasando in condizioni di progetto, come prescritto dall'Autorità di Bacino del fiume Reno, un volume di 500 m³ per ogni ettaro di superficie territoriale urbanizzata ad esclusione del verde compatto (vedi [2]). Il volume è invasato all'interno dei fossi stessi, che saranno realizzati con una modesta pendenza longitudinale (max 0.2%) e con salti di quota ove necessario a coprire i dislivelli della rete.

La funzione di laminazione dei fossi stessi sarà garantita dalla presenza di manufatti di controllo quantitativo delle portate (vedi Figura 4-1), ad una distanza determinata dalla locale pendenza longitudinale del fosso e variabile fra 100 e 200m. Le aperture tarate di tali manufatti permettono il deflusso verso valle di una portata ridotta (max 20 l/s) favorendo il riempimento del fosso stesso.



Figura 4-1: Esempio del funzionamento dei fossi inerbiti con funzione di laminazione

Il controllo di qualità delle acque in uscita, come prescritto dalla delibera di Giunta Regionale n. 1860, 2006 (vedi [3]), è garantito da opportuni manufatti di disoleazione, oltre che dal folto inerbimento dei fossi stessi ai fini del trattenimento dei solidi sospesi.

La quota di scorrimento dei fossi è condizionata dall'andamento plano-altimetrico del tracciato e dalle interferenze con altri manufatti (sottopassi, viadotti, ecc.).

4.1 Criteri di calcolo

Per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque di piattaforma si considera un tempo di ritorno dell'evento meteorico di progetto pari a 25 anni. I relativi coefficienti a ed n sono riportati in Tabella 3-1. Le portate di progetto si ricavano mediante il metodo cinematico, utilizzando la stessa formula presentata al Par. 3.1 ed un coefficiente di afflusso ϕ pari a 1 per le aree pavimentate.

Il tempo di corrivazione T_C per ogni tratto di fosso/collettore si calcola come somma di due contributi:

$$T_C = T_A + T_R/1.5$$

Essendo:

T_A = tempo di accesso in rete = 15 minuti

T_R = tempo di percorrenza del ramo più lungo della fognatura a monte del tratto in esame

$$= \sum (L_i / V_i)$$

L_i = lunghezza il fosso/collettore i-esimo del ramo più lungo della rete a monte

V_i = velocità di progetto lungo il fosso/collettore i-esimo del ramo più lungo della rete a monte

Nei calcoli si è assegnata ai fossi/collettori la dimensione che permette il transito di Q_{max} in condizioni di riempimento (rapporto fra tirante idrico e altezza massima/diametro della sezione) non superiori all'80%. La verifica idraulica in corrispondenza della portata di progetto è

effettuata ipotizzando condizioni di moto uniforme e quindi utilizzando la formula di Chezy, analogamente a come illustrato nel Par. 3.1.

I valori del coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler per i vari materiali utilizzabili sono definiti in Tabella 4-1.

Materiale fosso/collettore	$k_s [m^{1/3}s^{-1}]$
Fosso inerbito/filtro	30
Calcestruzzo	60
Poliestere rinforzato con fibra di vetro (PRFV)	80
Polietilene ad alta densità (PEAD)	80
Polipropilene (PP)	80

Tabella 4-1: Scabrezze relative ai diversi materiali utilizzabili nella rete

4.2 Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma

In base ai criteri definiti nel paragrafo precedente, si definiscono le dimensioni della rete di drenaggio delle acque di dilavamento delle superfici stradali come segue.

In generale:

- I fossi a pelo libero hanno sezione trapezia con base di larghezza minima $B = 0.5m$ e scarpate inclinate con pendenza 2:3. L'accesso dell'acqua ai fossi è garantito dalla presenza di embrici realizzati con un interasse di circa 10m, valore tipico utilizzato nel comune di Bologna.
- I tratti in condotta sono realizzati con tubazioni in PEAD, corrugate esternamente, avente diametro minimo DN315. L'accesso delle acque alla condotta è garantito da caditoie realizzate con un interasse di circa 12.5m, valore tipico utilizzato nel comune di Bologna.

Nei paragrafi seguenti si definiscono, zona per zona, le dimensioni dei rami della rete di dimensioni diverse da quelle appena definite.

4.2.1 Zona a sud della rotatoria Oche (WBS CS.00)

In questa zona sarà ridimensionato il sistema di fossi per lo smaltimento delle acque di versante esistente mentre le acque di piattaforma saranno convogliate tramite una tubazione in PEAD ed infine in un fosso inerbito lungo 55m (FI-5) che svolge la funzione di laminazione prima del recapito in Savena.

4.2.2 Muro di sottoscarpa adiacente alla strada di collegamento al campo sportivo (WBS CS.01)

Ove la strada di collegamento al campo sportivo è adiacente all'asse stradale principale, le acque di piattaforma provenienti da quest'ultimo sono convogliate all'interno di una canaletta in calcestruzzo di larghezza $B = 0.2m$ (ramo CR-1) predisposto sulla testata del muro che separa le due carreggiate.

4.2.3 **Muro di sostegno lungo il rilevato a valle del viadotto Rastignano (WBS CS.02)**

Una canaletta (CR-2) simile a quella appena descritta raccoglie le acque di piattaforma lungo i primi 30m di rilevato a sud del viadotto Rastignano.

4.2.4 **Viadotto Rastignano**

Lungo il viadotto Rastignano le acque di pioggia sono raccolte in due tubazioni posizionate sotto l'impalcato, alle quali l'acqua perviene attraverso caditoie posizionate su entrambi i lati della strada e distanziate di 12.5m in senso longitudinale. Per le tubazioni si utilizzano elementi in PRFV.

4.2.5 **Ponte sulla ferrovia Bologna-Firenze**

Sulla superficie stradale del ponte sulla ferrovia Bologna-Firenze la raccolta delle acque meteoriche avviene mediante canalette grigliate carrabili in calcestruzzo a base polimerica (CP-1 e CP-2) di dimensione 85mm x 190mm. Tali canalette scaricano all'interno delle tubazioni in PEAD di diametro DN315 previste su entrambi i lati del ponte.

4.2.6 **Tabelle di riepilogo**

Nelle tabelle seguenti sono riepilogati, per ogni WBS del progetto in esame, i parametri di calcolo e le dimensioni di tutti rami della rete di smaltimento delle acque di piattaforma, inclusi i tombamenti delle acque di versante. Nei relativi elaborati grafici (*IDR-0003 Rete di smaltimento acque 1/2* e *IDR-0004 Rete di smaltimento acque 2/2*) i rami sono identificati dagli stessi codici riportati nella prima colonna delle tabelle.

In particolare:

S_{tot}	= superficie totale drenata
Q_c	= portata di progetto
i	= pendenza longitudinale minima
V	= velocità
Ω	= area della sezione bagnata
R	= raggio idraulico della sezione bagnata
h	= tirante
h/D	= percentuale di riempimento

Per i tratti di cui non è nota a priori la portata si riporta la massima portata in condizioni di riempimento pari all'80% (Q_{max}).

In Tabella 4-9 sono riepilogati tutti i fossi inerbiti: per quelli con funzione di laminazione, i quali sono sovradimensionati dal punto di vista idraulico ma la cui larghezza è determinata dalla necessaria capacità di invaso, sono specificati i parametri di dimensionamento ai fini della laminazione delle portate.

Le portate scaricate nei recapiti sono presentate in Tabella 4-10.

Ramo	Tipologia e dimensione	Stot [ha]	Q _c [l/s]	i [%]	V [m/s]	Ω [m ²]	R [m]	h [m]	Livello di riempimento
PE-1	PEAD DN315	0.05	12	0.2%	0.55	0.02	0.06	0.11	37%
PE-2	PEAD DN315	0.15	34	0.2%	0.70	0.05	0.09	0.20	67%
CA-1	CLS B = 0.5m	n/a	Q _{max} = 345	1.0%	1.72	0.20	0.15	0.40	80%
CA-2	CLS B = 1.0m	2.01	625	1.0%	2.00	0.31	0.19	0.31	31%
CA-3	CLS B = 1.5m	17.64	2813	1.0%	2.95	0.95	0.34	0.64	42%

Tabella 4-2: Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma:
WBS CS.00 (Via De Gasperi – Rotatoria Oche)

Ramo	Tipologia e dimensione	Stot [ha]	Q _c [l/s]	i [%]	V [m/s]	Ω [m ²]	R [m]	h [m]	Livello di riempimento
PE-3	PEAD DN315	0.05	13	0.2%	0.55	0.02	0.06	0.11	37%
PE-4	PEAD DN315	0.02	4	0.2%	0.40	0.01	0.04	0.06	21%
PP-1	PP DN400	0.07	17	0.5%	0.80	0.02	0.05	0.09	24%
PE-5	PEAD DN315	0.02	4	0.2%	0.40	0.01	0.04	0.06	21%
PE-6	PEAD DN315	0.15	34	0.2%	0.70	0.05	0.09	0.20	66%
PE-7	PEAD DN315	0.05	11	0.2%	0.53	0.02	0.06	0.10	35%
PP-2	PP DN400	0.40	86	0.5%	1.25	0.07	0.10	0.22	59%

Tabella 4-3: Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma:
WBS RT.01 (Rotatoria Ponte Oche)

Ramo	Tipologia e dimensione	Stot [ha]	Q _c [l/s]	i [%]	V [m/s]	Ω [m ²]	R [m]	h [m]	Livello di riempimento
CR-1	CLS B = 0.2m	0.09	20	1.5%	1.01	0.02	0.05	0.10	49%
CA-5	CLS B = 1m	11.54	1634	0.8%	2.35	0.69	0.29	0.69	69%
CA-4	CLS B = 1m	11.54	1614	0.8%	2.35	0.69	0.29	0.69	69%

Tabella 4-4: Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma:
WBS CS.01 (Rotatoria Oche - Rotatoria Paleotto) e CS.05 (Strada di collegamento al campo sportivo)

Ramo	Tipologia e dimensione	Stot [ha]	Q _c [l/s]	i [%]	V [m/s]	Ω [m ²]	R [m]	h [m]	Livello di riempimento
PE-6	PEAD DN315	0.04	9	0.2%	0.50	0.02	0.05	0.09	31%
PE-7	PEAD DN315	0.09	22	0.2%	0.63	0.03	0.07	0.15	50%
PP-3	PP DN400	0.13	29	0.5%	0.94	0.03	0.07	0.12	30%
PP-4	PP DN400	1.09	20	0.5%	0.85	0.02	0.06	0.10	26%
CA-6	CLS B = 0.6m	2.04	285	1.0%	1.67	0.17	0.15	0.29	48%

Tabella 4-5: Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma:
WBS RT.02 (Rotatoria Parco Paleotto)

Ramo	Tipologia e dimensione	Stot [ha]	Q _c [l/s]	i [%]	V [m/s]	Ω [m ²]	R [m]	h [m]	Livello di riempimento
CR-2	CLS B = 0.2m	0.06	15	0.8%	0.73	0.02	0.05	0.10	51%
CA-7	CLS B = 0.6m	2.04	285	1.0%	1.67	0.17	0.15	0.29	48%

Tabella 4-6: Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma:
WBS CS.02 (Rotatoria Paleotto – Viadotto Rastignano)

Ramo	Tipologia e dimensione	Stot [ha]	Q _c [l/s]	i [%]	V [m/s]	Ω [m ²]	R [m]	h [m]	Livello di riempimento
PR-1	PRFV D400	0.45	101	0.6%	1.40	0.07	0.11	0.22	56%
PR-2	PRFV D300	0.20	44	0.6%	1.14	0.04	0.08	0.16	54%
PR-3	PRFV D400	0.64	137	1.0%	1.82	0.07	0.11	0.23	58%

Tabella 4-7: Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma:
WBS VI.01 (Viadotto Rastignano)

Ramo	Tipologia e dimensione	Stot [ha]	Q _c [l/s]	i [%]	V [m/s]	Ω [m ²]	R [m]	h [m]	Livello di riempimento
PE-8	PEAD DN315	0.14	34	1.6%	1.52	0.02	0.06	0.11	36%
PE-9	PEAD DN315	0.09	21	1.6%	1.33	0.02	0.05	0.08	28%
CP-1	190x85mm	0.03	6	1.0%	0.63	0.01	0.03	0.06	74%
CP-2	190x85mm	0.03	6	1.0%	0.63	0.01	0.03	0.06	73%
PE-10	PEAD DN315	0.09	19	0.8%	1.01	0.02	0.05	0.10	32%
PE-11	PEAD DN315	0.09	22	0.8%	1.05	0.02	0.06	0.10	34%
PE-12	PEAD DN315	0.02	6	0.2%	0.44	0.01	0.04	0.07	24%
PP-5	PP DN400	0.11	24	0.5%	0.89	0.03	0.06	0.11	27%

Tabella 4-8: Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma:
WBS CS.03 (Viadotto Rastignano – Rotatoria Rastignano)

Fosso	Tipologia (da IDR-0006)	Base [m]	h _{80%} [m]	Sup totale drenata [ha]	Vtot da invasare [m ³]	L [m]	h moto uniforme (20 l/s) [m ²]	Volume disponibile per la laminazione [m ³]
FI-1	c	0.75	0.60			20		
FI-2	c	0.75	0.60	2.01		33		
FI-3	e	1.00	0.80	17.64		123		
FI-4	a	0.50	0.40			20		
FI-5	(*)	1.5	1.20	0.400	199	55	0.007	206
FI-6	c	0.75	0.60	0.405	202	307	0.022	213
FI-7	c	0.75	0.60	4.78		307		
FI-8	c	0.75	0.60	0.114	57	117	0.022	91
FI-9	a	0.50	0.40	0.113	56	60	0.036	(**)
FI-10	c	0.75	0.60	0.142	71	57	0.022	72
FI-11	e	1.00	0.80	0.360	180	168	0.014	229
FI-12	e	1.00	0.80	11.54		122		
FI-13	e	1.00	0.80	11.54		37		
FI-14	e	1.00	0.80	11.54		60		
FI-15	e	1.00	0.80	0.273	136	90	0.014	138
FI-16	a	0.50	0.40	0.016	8	22	0.036	9
FI-17	(***)	1.25	1.00	0.832	416	135	0.010	425
FI-18	a	0.50	0.40	2.04		150		
FI-19	a	0.50	0.40	2.04		19		
FI-20	a	0.50	0.40	2.04		95		
FI-21	a	0.50	0.40	2.04		77		
FI-22	a	0.50	0.40	n/a	n/a	120		
FI-23	a	0.50	0.40	n/a	n/a	215		

Tabella 4-9: Dimensionamento dei fossi inerbiti

(*) fosso di dimensioni non standardizzate

(**) la laminazione dell'area sottesa dal fosso FI-9 avviene in parte all'interno del fosso FI-10

(***) fosso di dimensioni standardizzate (tipo e) ma con un allargamento nel tratto terminale di circa 110m² in planimetria

Recapito	Q _c [l/s]
Torrente Savena Da FI-5	20
Torrente Savena Da FR-3	3304
Rio Torriane Da FI-6	20
Rio Torriane Da FI-7	669
Rio Torriane Da FI-8	20
Rio Torriane Da FI-11	20
Rio Torriane Da CA-5	1634
Torrente Savena Da FI-20	285
Torrente Savena Da PP-4, FI-15, FI-16	60
Rete di smaltimento rotatoria Rastignano (già predisposta) PP-5, PE-11	46

Tabella 4-10: Riepilogo delle portate scaricate ai recapiti