



CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA
DIREZIONE GENERALE STRUTTURA SPECIALE ALLUVIONE

S.P. n°325 “VAL DI SETTA E VAL DI BISENZIO”

LAVORI DI RIPRISTINO DEFINITIVO DELLA SEDE STRADALE E DELLE SCARPATE DI MONTE E DI VALLE DELLA S.P. n° 325 “VAL DI SETTA E VAL DI BISENZIO”, NEL C. DI MARZABOTTO (LOC. ALLOCCO) E NEL C. DI MONZUNO (LOC. VADO) A SEGUITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI DI MAGGIO/GIUGNO 2023

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

PROGETTISTA

Ing. Daniele Mingozzi

Ordine Ing. Prov. BO n° 6548/A

RESPONSABILE INTEGRAZIONE

PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Daniele Mingozzi

Ordine Ing. Prov. BO n° 6548/A

DIRETTORE TECNICO

Ing. Daniele Mingozzi

Ordine Ing. Prov. BO n° 6548/A

*COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN
FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE*

Ing. Federico Galli

Ordine Ing. Prov. BO n° 9688/A

DIRETTORE DEI LAVORI

Ing. Carlo Cremonini

Ordine Ing. Prov. BO n° 6285/A

*RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO*

Arch. Mariangela Varesano

Città Metropolitana di Bologna

Codice: S24154-PE-ID-0001-A

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	Agosto 2025	G. Lavezzi	D. Mingozzi	D. Mingozzi
B				
C				

ENSER SRL

C.F./P.IVA/Registro Imprese RA 02058800398 N. REA RA-167939 - Cap. Sociale € 105 000,00 i.v.

SEDE LEGALE

Viale A. Baccarini, 29/2
48018 Faenza (RA)
Tel. (+39) 0546 663423

SEDE DI BOLOGNA - Via E. Zacconi, 16 - 40127 Bologna (BO)

SEDE DI SANTARCANGELO - Via A. Costa, 115 - 47822 Santarcangelo di Romagna (RN)

SEDE DI FIRENZE - Viale S. Lavagnini, 42 - 50129 Firenze (FI)

SUCCURSALE DI PARIGI - 1 Rue de Stockholm, 75008 Paris (France)

www.enser.it

www.enser.fr

ingegneria@enser.it

ensersrl-ra@legalmail.it



INDICE

1. PREMESSA	5
1.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
1.2. ELABORATI CORRELATI	6
2. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E NORMATIVI	7
3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE	8
3.1. SITO DI ALLOCCO.....	8
3.2. SITO DI VADO (1).....	11
3.3. SITO DI VADO (2).....	13
4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE	15
4.1. STIMA DELLA PORTATA DI PROGETTO.....	16
4.1.1. Coefficiente di deflusso φ	16
4.1.2. Tempo di corrivazione tc	17
4.2. VERIFICA DEGLI ELEMENTI CONTINUI: FOSSI E COLLETTORI CHIUSI.....	17
5. SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI VERSANTE	19
5.1. SITO DI ALLOCCO.....	20
5.2. SITO DI VADO (1).....	20
6. SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA.....	24
6.1. SITO DI ALLOCCO.....	24
6.2. SITO DI VADO (1).....	24
6.3. SITO DI VADO (2).....	24
7. VERIFICHE IDRAULICHE	26
7.1. VERIFICHE IDRAULICHE – SITO DI ALLOCCO	26
7.2. VERIFICHE IDRAULICHE – SITO DI VADO (1).....	26

FIGURE

FIGURA 1-1: IL SITO DI ALLOCCO SI TROVA SUL LATO OPPOSTO DELL'ABITATO DI ALLOCCO RISPETTO AL TORRENTE SETTA. IL SITO DI VADO (1) SI TROVA TRA L'ABITATO DI VADO E QUELLO DI BLOGNA. IL SITO DI VADO (2) SI TROVA SUL LATO OPPOSTO DELL'ABITATO DI MURAZZE RISPETTO AL TORRENTE SETTA. CARTOGRAFIA OPENSTREETMAP	6
FIGURA 3-1: ESTRATTO DELL'ELABORATO <i>ID-1001_SITO DI ALLOCCO - PLANIMETRIA DEI BACINI - INQUADRAMENTO</i>	9
FIGURA 3-2: IMBOCCO ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DELLA SP325 DEL RIO ANCINI POST EVENTI ALLUVIONALI DEL 2023/24 ...	9
FIGURA 3-3: SBOCCO ATTUALE DELL'ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DELLA SP325 DEL RIO ANCINI.....	9
FIGURA 3-4: IMBOCCO ATTUALE DELL'ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DEL RILEVATO AUTOSTRADALE DEL RIO ANCINI.....	10

FIGURA 3-5: RIPROFILATURA DEL TRATTO DI RIO ANCINI TRA VIADOTTO RFI E IMBOCCO DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA SP325.	11
FIGURA 3-6: ESTRATTO DELL'ELABORATO <i>ID-2001-A_SITO DI VADO (1) - PLANIMETRIA DEI BACINI</i>	12
FIGURA 3-7: ESTRATTO DELL'ELABORATO <i>ID-3001-A_SITO DI VADO (2) - PLANIMETRIA DEI BACINI</i>	13
FIGURA 3-8: IMBOCCO DEL COLLETTORE PRESENTE NEL SITO DI VADO (2).....	14
FIGURA 4-1: INDIVIDUAZIONE PLANIMETRICA DELLA STAZIONE PLUVIOMETRICA "MONZUNO". CARTOGRAFIA OPENSTREETMAP..	15
FIGURA 5-1: SEZIONE TIPICA FOSSO TRAPEZOIDALE.....	21
FIGURA 5-2: DETTAGLIO FOSSO F5 - PRIMO TRATTO.....	21
FIGURA 5-3: DETTAGLIO FOSSO F5 - SECONDO TRATTO.....	22
FIGURA 5-4: DETTAGLIO FOSSO RECAPITO B E C.....	22
FIGURA 6-1: CUNETTE DI SCOLO NEL POZZETTO ESISTENTE NEL SITO DI VADO (2).....	25

TABELLE

TABELLA 1-1: ELABORATI DI PROGETTO ASSOCIATI.....	6
TABELLA 4-1: PARAMETRI DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER I TRE SITI IN ESAME	15
TABELLA 4-2: PARAMETRI DELLA CPP UTILIZZATI PER LE VERIFICHE DELLE OPERE DI DRENAGGIO PER TR = 200 ANNI	16
TABELLA 5-1: CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI DEL SITO DI ALLOCCO E RELATIVI TEMPI DI CORRIVAZIONE	20
TABELLA 5-2: CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI DEL SITO DI VADO (1) E RELATIVI TEMPI DI CORRIVAZIONE	20
TABELLA 5-3: CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI DEL SITO DI VADO (2) E RELATIVI TEMPI DI CORRIVAZIONE	20
TABELLA 7-1: INFORMAZIONI DELLE TABELLE DI VERIFICA IDRAULICA.....	26
TABELLA 7-2: VERIFICA IDRAULICA DEL COLLETTORE DI ATTRAVERSAMENTO DELLA SP325 DEL RIO ANCINI.....	26
TABELLA 7-3: VERIFICHE IDRAULICHE DEI FOSSI DEI VERSANTI DEL SITO DI VADO (1)	26
TABELLA 7-4: VERIFICHE IDRAULICHE DEI COLLETTORI DI ATTRAVERSAMENTO DELLA SP325 DEL SITO DI VADO (1)	27
TABELLA 7-5: VERIFICHE IDRAULICHE DEI FOSSI DI SCOLO NEL TORRENTE SETTA DEL SITO DI VADO (1)	27

1. PREMESSA

Nell'ambito delle attività di progettazione previste per la redazione del Progetto Esecutivo dei Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P. n°325 “Val di Setta e Val di Bisenzio”, nel Comune di Marzabotto (località Allocco) e nel Comune di Monzuno (località Vado) a seguito degli eventi alluvionali di maggio/giugno 2023, il presente documento illustra gli aspetti idrologici e idraulici del sistema di smaltimento delle acque meteoriche. Per i diversi elementi del suddetto sistema (fossi, collettori, canalette) sono definiti i criteri e i parametri idraulici di progetto, la tipologia di materiale da utilizzare e il relativo dimensionamento.

Più specificamente, questa relazione si articola nei seguenti temi:

- Documentazione di riferimento;
- Riferimenti bibliografici e normativi;
- Inquadramento geografico e idraulico dell'opera;
- Descrizione e schema di funzionamento della rete di smaltimento acque meteoriche;
- Descrizione delle opere di drenaggio della rete di smaltimento acque meteoriche;
- Analisi idrologica finalizzata a determinare le piogge di progetto;
- Verifiche idrauliche delle opere di drenaggio per lo smaltimento delle acque meteoriche.

1.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La S.P. n°325 “Val di Setta e Val di Bisenzio” (d'ora in avanti SP325), che si snoda da Sasso Marconi (BO) a Ponte a Signa (FI), nel tratto oggetto del presente studio ha sviluppo pressoché parallelo a quello del torrente Setta, che scorre in direzione sud-nord. Lungo essa si trovano i tre siti oggetto di studio alle relative progressive rispetto all'inizio del suo tracciato:

- Sito di Allocco, da pk 6+890 a pk 7+530;
- Sito di Vado (1) intorno a pk 10+100;
- Sito di Vado (2) intorno a pk 12+250.

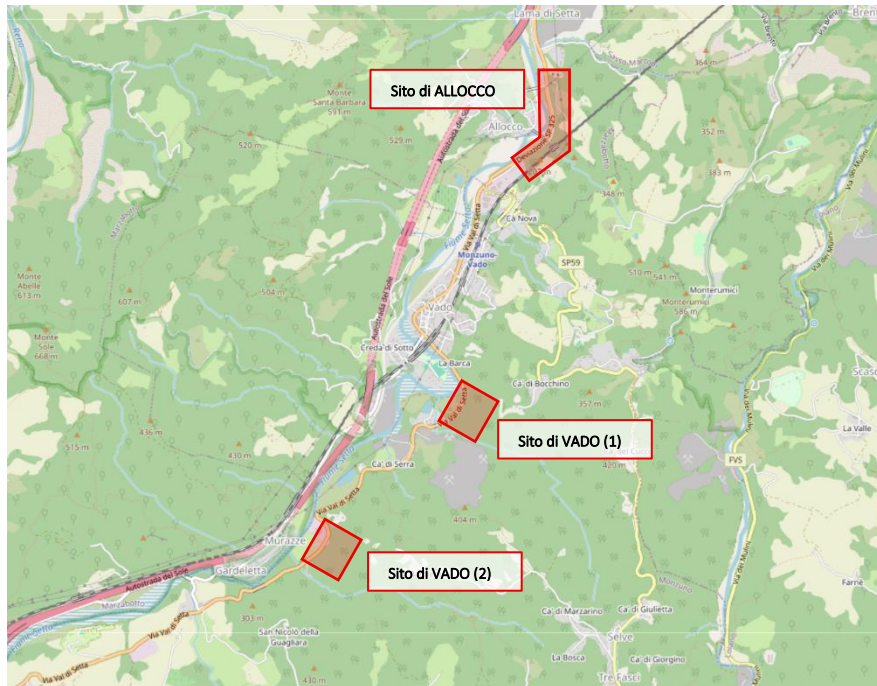


Figura 1-1: Il sito di Allocco si trova sul lato opposto dell’abitato di Allocco rispetto al torrente Setta. Il sito di Vado (1) si trova tra l’abitato di Vado e quello di Blogna. Il sito di Vado (2) si trova sul lato opposto dell’abitato di Murazze rispetto al torrente Setta. Cartografia OpenStreetMap

1.2. ELABORATI CORRELATI

La presente relazione è abbinata ai seguenti elaborati di progetto:

Tabella 1-1: Elaborati di progetto associati

Tipo elaborato	Progressivo elaborato	Titolo elaborato	Scala	Formato
ID	1001	Sito di Allocco - Planimetria dei bacini - inquadramento	1:2000	A0-GIS
ID	1002	Sito di Allocco - Planimetria di dettaglio dei bacini	1:1000	A0-GIS
ID	2001	Sito di Vado (1) - Planimetria dei bacini	1:1000	A1-GIS
ID	3001	Sito di Vado (2) - Planimetria dei bacini	1:1000	A1-GIS
SZ	1001	Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici	VARIE	A0
PL	2004	Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici	VARIE	A0

2. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E NORMATIVI

- [1] Sandro Artina et al. (1997) – *Sistemi di Fognatura – Manuale di Progettazione* – Hoepli Editore.

- [2] Agenzia regionale prevenzione ambiente energia Emilia-Romagna (ARPAE) – *Annali idrologici* (<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/report-meteo/annali-idrologici>).

- [3] Autorità di Bacino del Reno – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.S.A.I.).

- [4] Norme tecniche per le costruzioni (2018) – Cap. 5.1.2.3 e Cap. C5.1.2.3 - Compatibilità idraulica.

3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE

Il tracciato stradale della SP325 costituisce per l'intero sviluppo di ciascuno dei tre i siti di studio un ostacolo al naturale deflusso delle acque di versante verso il torrente Setta, in destra idraulica. Per questo motivo, dove non già presenti degli attraversanti idraulici della piattaforma stradale o delle canalette alla francese disposte longitudinalmente alla direzione di sviluppo della strada, le acque di versante vengono raccolte in fossi di guardia a cielo aperto, convogliate prima in collettori di attraversamento della piattaforma stradale e poi in canali in terra a cielo aperto fino al Setta. Per ciascun sito di studio, osservando le curve di livello del DTM 0,5x0,5m - RER 2023-24 e individuando i versanti convergenti, sono stati definiti l'area drenante, gli impluvi naturali e di conseguenza i relativi bacini imbriferi, con riferimento ai bacini numerati negli elaborati di progetto seguenti:

- ID-1001_Sito di Allocco - Planimetria dei bacini - inquadramento;
- ID-2001_Sito di Vado (1) - Planimetria dei bacini;
- ID-3001_Sito di Vado (2) - Planimetria dei bacini.

Tali elaborati rappresentano quindi schematicamente la regimazione delle acque di versante nelle tre aree oggetto di studio. Le quote di scorrimento dei fossi e dei collettori sono condizionate dall'andamento plano-altimetrico del tracciato stradale e dalle interferenze con altri manufatti e reti di sottoservizi.

3.1. SITO DI ALLOCCO

L'area di studio del sito di Allocco è suddivisa in otto bacini imbriferi definiti in progressione numerica da nord verso sud (da 1 a 8), così come presentato nell'elaborato di progetto ID-1001_Sito di Allocco - Planimetria dei bacini - inquadramento, ciascuno con la sezione di chiusura in corrispondenza della SP325.

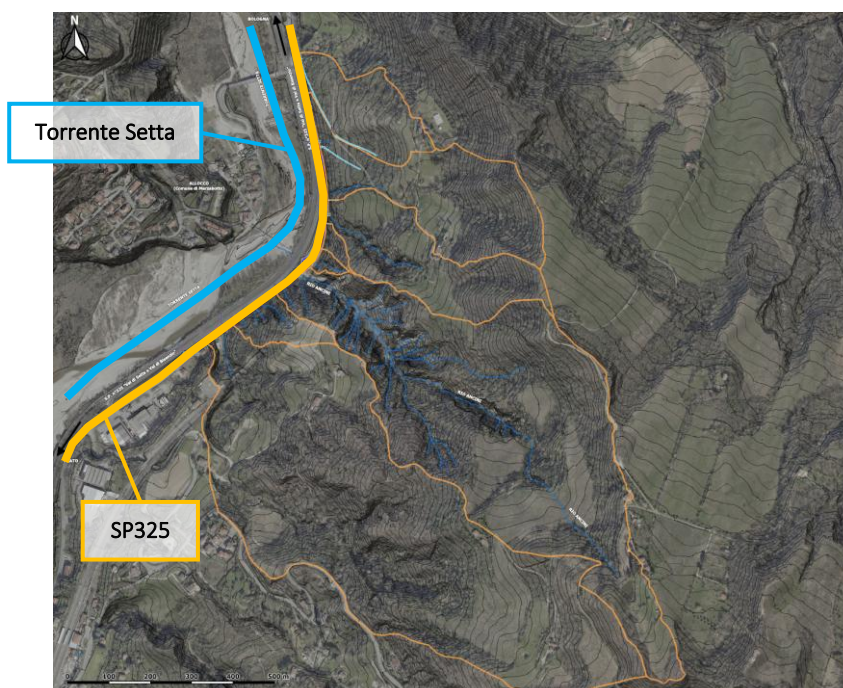


Figura 3-1: Estratto dell'elaborato *ID-1001_Sito di Allocco - Planimetria dei bacini - inquadramento*

Rilevante in questo sito è l'asta idraulica principale del bacino n°6, il Rio Ancini. Tale rio inizia il suo corso in località Casarola nel Comune di Monzuno, scorre in direzione nord-ovest e sfocia nel torrente Setta in destra idraulica. Scorre tombinato solamente attraversando la SP325 (Figura 3-2 e Figura 3-3) e poco dopo il rilevato autostradale (Figura 3-4).



Figura 3-2: Imbocco attraversamento idraulico della SP325 del Rio Ancini post eventi alluvionali del 2023/24



Figura 3-3: Sbocco attuale dell'attraversamento idraulico della SP325 del Rio Ancini



Figura 3-4: Imbocco attuale dell'attraversamento idraulico del rilevato autostradale del Rio Ancini

Gli eventi alluvionali di maggio/giugno 2023 hanno compromesso l'efficienza idraulica del rio Ancini proprio in corrispondenza dei suoi due tratti tombinati. Allo stato attuale il tratto di alveo del rio tra il viadotto di *RFI - Rete Ferroviaria Italiana* e l'imbocco dell'attraversamento della SP325 (Figura 3-2) presenta un riprofilatura e un rivestimento con lastre di pietra naturale posate a secco (Figura 3-5) per aumentarne la capacità idraulica.



Figura 3-5: Riprofilatura del tratto di Rio Ancini tra viadotto RFI e imbocco dell'attraversamento della SP325
Con riferimento alla tavola di progetto *SZ-1001_Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici*, si prevede ora la sostituzione del collettore attuale di attraversamento della SP325 con un nuovo collettore di sezione interna maggiorata.

3.2. SITO DI VADO (1)

L'area di studio del sito di Vado (1) è suddiviso in sette bacini imbriferi definiti in progressione numerica da nord verso sud (da 1 a 7), così come presentato nell'elaborato di progetto *ID-2001_Sito di Vado (1) - Planimetria dei bacini*, ciascuno con la sezione di chiusura in corrispondenza della SP325.

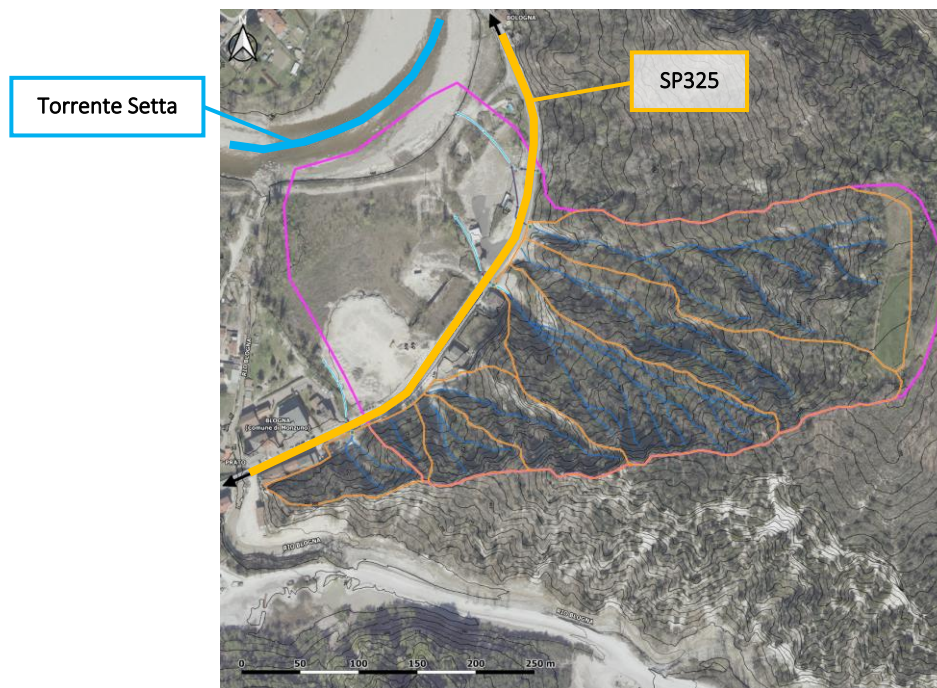


Figura 3-6: Estratto dell'elaborato ID-2001-A_Sito di Vado (1) - Planimetria dei bacini

Rilevanti in questo sito sono i tre bacini più grandi, ovvero il n°1, il n°2 e il n°3, e le relative aste idrauliche principali. Dato che le loro acque devono essere convogliate nel torrente Setta, si prevedono dei fossi a sezione trapezoidale scavati nel terreno esistente dei versanti e rivestiti di pietre naturali posate a secco in prossimità delle loro sezioni di chiusura.

Le acque raccolte dai fossi dei bacini n°1 e n°2 (chiamati rispettivamente F1 e F2) vengono convogliate verso il torrente Setta prima in uno scatolare in calcestruzzo per attraversare la piattaforma stradale della SP325 e successivamente nel fosso F5 (o Recapito A), il cui primo tratto è costituito da uno scatolare aperto in sommità delle stesse dimensioni del tombino e il secondo dal fosso esistente, risezionato. Più a nord, in corrispondenza del punto di inizio intervento (km 10+086), c'è un attraversamento esistente della SP325 che si prevede debba convogliare le acque nel tratto risezionato del fosso F5.

Le acque raccolte dal fosso del bacino n°3 (chiamato F3) vengono convogliate verso il torrente Setta in un tubo in calcestruzzo per attraversare la piattaforma stradale della SP325. Prima dell'attraversamento tale condotta riceve anche le acque di piattaforma raccolte dalla canaletta proveniente dal civico n°95. Il tombino termina poi nel fosso esistente, da risezionare, posto alla sinistra della cabina elettrica n°466986, attraverso una chiavica prefabbricata (chiamata Recapito B).

A sud del civico n°95 si è deciso di intervenire prevedendo che le acque raccolte dal fosso del bacino n°4 (chiamato F6) vengano convogliate in un tubo in calcestruzzo per attraversare la piattaforma stradale della SP325. Prima dell'attraversamento tale condotta riceve anche le acque di piattaforma raccolte dalla canaletta proveniente dal punto di fine intervento (km 10+382). Il tombino termina poi in un nuovo fosso, attraverso una chiavica prefabbricata (chiamata Recapito C). Questo fosso verrà scavato nel terreno esistente fino al fosso risezionato del recapito B.

Per tutti i dettagli tecnici fare riferimento alla tavola di progetto *PL-2004_Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici*.

3.3. SITO DI VADO (2)

Il sito di Vado (2) è suddiviso in due bacini imbriferi definiti in progressione numerica da nord verso sud, così come presentato nell'elaborato di progetto *ID-3001_Sito di Vado (2) - Planimetria dei bacini*, ciascuno con la sezione di chiusura della propria asta idraulica principale in corrispondenza della SP325.

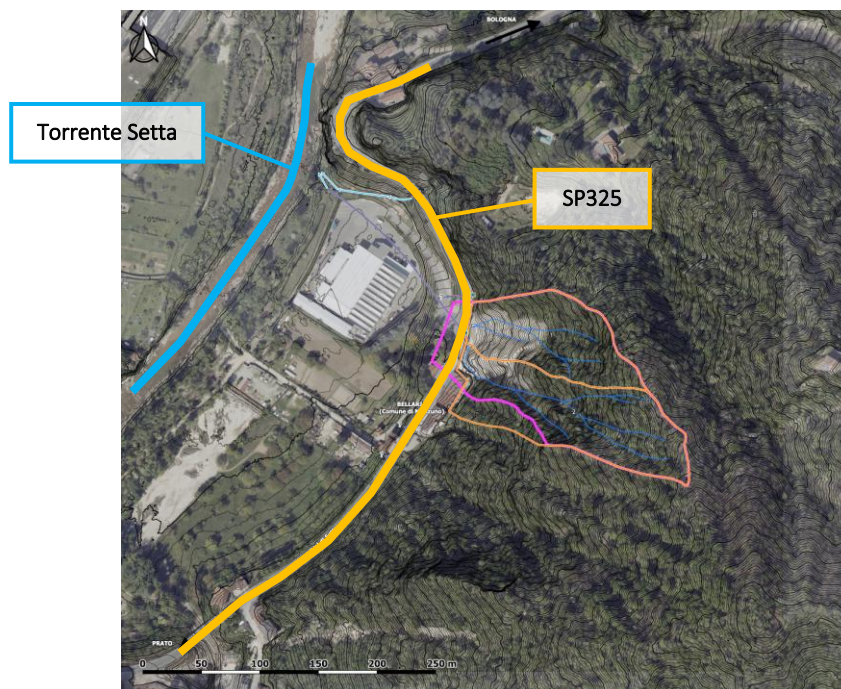


Figura 3-7: Estratto dell'elaborato *ID-3001-A_Sito di Vado (2) - Planimetria dei bacini*

Allo stato attuale, a valle del muro costituito da massi ciclopici vi è un pozzetto dal quale parte in direzione del torrente Setta un collettore tombato di diametro/lato di circa 900mm. Dato che tale collettore ad oggi è funzionante, lo si ritiene idoneo per lo smaltimento delle acque raccolte dai due bacini che costituiscono l'area di studio del sito, pertanto si è deciso di non intervenire con altre opere di smaltimento delle acque.



Figura 3-8: Imbocco del collettore presente nel sito di Vado (2)

4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE

Per il dimensionamento delle opere che costituiscono il sistema di smaltimento delle acque di versante dei tre siti oggetto di studio si considera un tempo di ritorno dell'evento meteorico di progetto pari a 200 anni, così come indicato al capitolo 5.1.2.3 - *Compatibilità idraulica* delle NTC2018 [4]. Tale evento è caratterizzato dalla curva di possibilità pluviometrica (CPP) definita dalla seguente relazione:

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

dove t [ore] rappresenta la durata dell'evento di pioggia e H [mm] l'altezza di pioggia ad essa relativa.

Lo studio della pluviometria è stato svolto facendo riferimento ai dati presenti negli Annali idrologici relativi alle precipitazioni registrate dalla stazione pluviometrica di Monzuno. Complessivamente sono disponibili i dati dal 1947 al 2023, esclusi quelli degli anni 1948, 1966, 2014-2015 e 2021-2022. Da essi si sono selezionati gli eventi di pioggia di massima intensità sulle durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

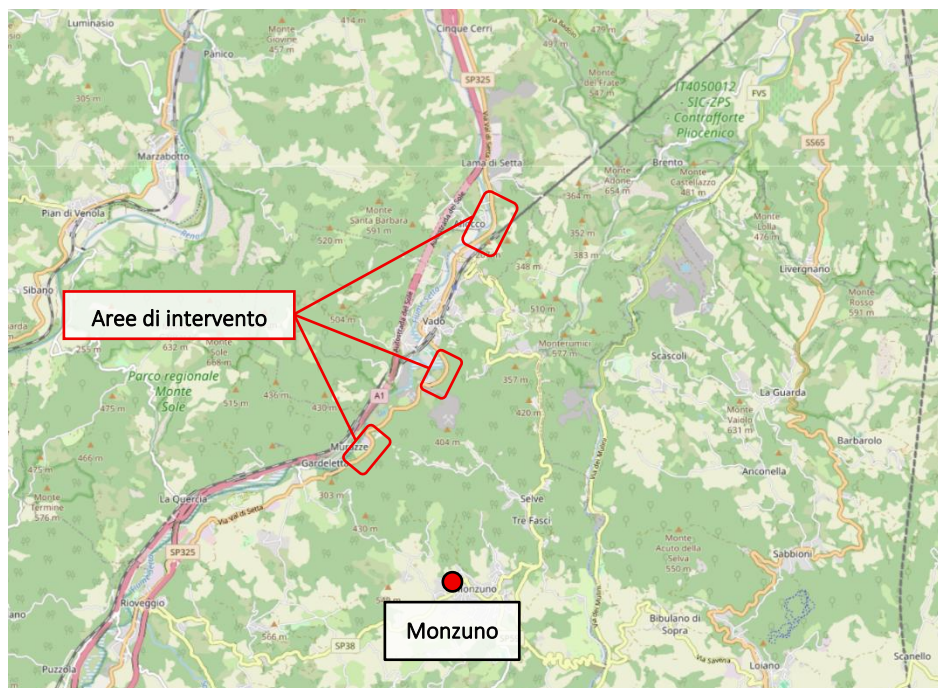


Figura 4-1: Individuazione planimetrica della stazione pluviometrica “Monzuno”. Cartografia OpenStreetMap
Per l'analisi delle altezze di pioggia di durata $t \geq 1$ h si è adottata la legge per i valori estremi di Gumbel, mentre per l'analisi delle altezze di pioggia di durata $t < 1$ h si è utilizzata la formula di Bell, ovvero:

$$\frac{H_t}{H_{60}} = 0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50$$

Si sono pertanto ottenuti i parametri presentati nella tabella seguente.

Tabella 4-1: Parametri della curva di possibilità pluviometrica per i tre siti in esame

		TR = 200 anni
t < 1 h	a [mm·h ⁻ⁿ]	73.914
	n [-]	0.4697
t ≥ 1 h	a [mm·h ⁻ⁿ]	71.455
	n [-]	0.2389

4.1. STIMA DELLA PORTATA DI PROGETTO

La stima del valore della portata di progetto che sollecita, per assegnato tempo di ritorno, il sistema scolante dei tre siti in esame, viene effettuata mediante l'utilizzo di modelli matematici, il cui compito è quello di determinare la risposta idrologica di ciascun bacino (deflusso superficiale) in seguito ad input di pioggia predefiniti, tenute conto le caratteristiche di ciascun bacino idrografico.

Tra i modelli di più vasto utilizzo si può individuare il metodo razionale. Esso presuppone che, durante un evento meteorico che si sviluppa con intensità i costante nello spazio e nel tempo, la portata al colmo di piena aumenti fino a un tempo pari al tempo di corrivazione t_c , ovvero fino a quando l'area A di un intero bacino contribuisce al deflusso. La portata finale risulta quindi proporzionale al prodotto $i \cdot A$ per mezzo del coefficiente di deflusso φ . L'ipotesi adottata per il modello di calcolo è che il sistema idrologico sia lineare e invariante nel tempo ovvero che l'idrogramma, per assegnata precipitazione, dipenda dalle caratteristiche del bacino supposte stazionarie e indipendenti dall'evento considerato.

Con il metodo razionale, la portata massima in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino viene calcolata mediante la seguente formula:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{360} = \frac{\varphi \cdot (a \cdot t_c^{n-1}) \cdot A}{360}$$

dove:

φ	Coefficiente di deflusso dell'area drenata che tiene conto della riduzione dell'afflusso meteorico per effetto delle caratteristiche di permeabilità dei suoli facenti parte il bacino di studio	[-]
i	Intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno TR	[mm/h]
A	Superficie del bacino idrografico	[ha]
a	Parametri della curva di possibilità pluviometrica strettamente dipendenti dai dati della stazione pluviometrica di riferimento	[mm/h ⁿ]
n		[-]
t_c	Tempo di corrivazione	[h]
360	Fattore numerico di conversione delle unità di misura per ottenere la portata in m ³ /s	

Il dimensionamento delle opere che costituiscono i sistemi di drenaggio di ciascun sito è stato effettuato considerando come dimensionanti gli eventi meteorici, e quindi le portate, caratterizzati da un tempo di ritorno pari a 200 anni.

I manufatti di smaltimento sono sollecitati da eventi di pioggia di durata $t < 1$ h e, pertanto, ai parametri della curva di probabilità pluviometrica sono stati assegnati i valori seguenti:

Tabella 4-2: Parametri della CPP utilizzati per le verifiche delle opere di drenaggio per TR = 200 anni

		TR = 200 anni
t < 1 h	a [mm·h ⁻ⁿ]	73.914
	n [-]	0.4697

4.1.1. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO φ

Nei modelli di trasformazione dell'afflusso meteorico in deflusso, la determinazione della pioggia netta avviene attraverso la depurazione della frazione lorda caduta sul terreno considerando che una parte di questa si perde per effetto di infiltrazione e detenzione superficiale. Il coefficiente di deflusso φ rappresenta cioè il rapporto tra il volume totale dei deflussi superficiali ed il volume totale degli afflussi meteorici ed è definito in funzione delle caratteristiche morfologiche, tessiturali e di copertura vegetale del suolo costituente un bacino idrografico.

Nel presente studio si è fatto riferimento al fatto che numerosi studi hanno evidenziato che, per eventi con elevato tempo di ritorno, i coefficienti di deflusso tendono ad assumere valori molto elevati in modo quasi indipendente dal tipo di suolo e dalla loro copertura e tanto maggiori quanto minore è la superficie dei bacini studiati. Dato dunque che i bacini oggetto di studio sono in media piccoli, si è assunto un coefficiente di deflusso $\varphi = 0.75$.

4.1.2. TEMPO DI CORRIVAZIONE t_c

Il tempo di corrivazione t_c di un bacino imbrifero, riferito ad una sua certa sezione di calcolo, rappresenta il tempo caratteristico di formazione degli scorrimenti superficiali. Esso rappresenta cioè la rapidità con cui i deflussi netti si concentrano nelle sezioni di chiusura del bacino in esame ed è quindi fondamentale per la determinazione dell'idrogramma di piena, ovvero della portata massima transitabile in una data sezione.

È stato calcolato il tempo di corrivazione, ovvero il tempo che impiega una goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano di un bacino a raggiungere la sezione di chiusura dello stesso, di ciascun bacino appartenente a ciascuno dei tre siti oggetto di studio.

4.2. VERIFICA DEGLI ELEMENTI CONTINUI: FOSSI E COLLETTORI CHIUSI

La verifica di un idoneo dimensionamento delle opere atte al drenaggio complessivo delle acque che si raccolgono nei bacini oggetto di studio è stata effettuata facendo riferimento alle condizioni di moto uniforme mediante la relazione di Gauckler-Strickler:

$$Q = A_b \cdot \left(k_s \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2} \right)$$

dove:

A_b	Area della sezione bagnata del collettore	[m ²]
k_s	Coefficiente di scabrezza del materiale del collettore di Gauckler-Strickler	[m ^{1/3} /s]
R_H	Raggio idraulico della sezione del collettore (Area bagnata / Perimetro bagnato)	[m]
i	Pendenza longitudinale del collettore	[-]

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento è stato fatto confrontando la portata transitante e quella massima ammissibile dall'elemento in questione. Mediante l'equazione del metodo razionale (capitolo 4.1) è stata calcolata la portata massima di progetto uscente da ciascun bacino oggetto di studio. Mediante la relazione di Gauckler-Strickler invece è stata calcolata la portata sostenuta da ciascun elemento di convogliamento, ovvero, fissata la pendenza longitudinale i di ciascun collettore, si è determinata la loro dimensione interna in maniera tale da consentirgli di convogliare una portata Q inferiore a quella massima di progetto, così da avere un grado di riempimento < 66% o comunque un franco minimo di 0.50m ([4]).

I valori del coefficiente di scabrezza k_s utilizzati sono elencati di seguito:

$k_s = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per fossi scavati nel terreno esistente con fondo e scarpate rivestiti con pietre naturali posate a secco e per fossi ottenuti risezionando quelli esistenti o scavando nel terreno esistente;

$k_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per collettori in calcestruzzo.

I risultati e le tabelle di verifica degli elementi continui di convogliamento delle acque sono riportati al capitolo 7.

5. SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI VERSANTE

Per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque di versante si è considerato un tempo di ritorno dell'evento meteorico di progetto pari a 200 anni. La stima delle portate di progetto per ogni bacino e le verifiche idrauliche delle opere di drenaggio sono state eseguite mediante la metodologia illustrata nel capitolo 4.

Per il calcolo del tempo di corrivazione t_c dei bacini idrografici, ovvero 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:

$$t_c = \max\left(5 \text{ min}; \text{media}(t_{c,Kir}; t_{c,Pas}; t_{c,Pez}; t_{c,Ven})\right)$$

ovvero si assume il valore medio di quelli calcolati mediante le formule empiriche specifiche per piccoli bacini collinari e montani tipicamente utilizzate in letteratura:

$$t_c = 0.95 \cdot \frac{L^{1.155}}{(H_{max} - H_{min})^{0.385}} \quad \text{Kirpich}$$

$$t_c = 0.0045 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i}} \quad \text{Pasini}$$

$$t_c = 0.055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}} \quad \text{Pezzoli}$$

$$t_c = 0.0053 \cdot \sqrt{\frac{A}{i}} \quad \text{Ventura}$$

e comunque non inferiore a 5 minuti (0.083 ore), poiché tale valore costituisce di fatto un limite alle portate di progetto. Tale assunzione è giustificata dalle piccole dimensioni e dalla forte acclività dei bacini in esame, nonché dalla comune prassi progettuale.

Nelle formule precedenti:

L	Lunghezza dell'asta idraulica principale	[km]
H_{max}	Altezza massima riscontrabile sulla superficie del bacino	[m s.l.m.]
H_{min}	Altezza della sezione di chiusura del bacino	[m s.l.m.]
A	Superficie del bacino	[km ²]
i	Pendenza media dell'asta principale	[m/m]

Le caratteristiche geometriche dei bacini idrografici che costituiscono i tre siti oggetto di studio e i tempi di corrivazione necessari per l'applicazione delle formule suddette sono riassunte nelle tabelle seguenti, presentate anche negli elaborati di progetto:

- ID-1001-A_Sito di Allocco - Planimetria dei bacini - inquadramento;
- ID-2001-A_Sito di Vado (1) - Planimetria dei bacini;
- ID-3001-A_Sito di Vado (2) - Planimetria dei bacini.

Tabella 5-1: Caratteristiche dei bacini idrografici del sito di Allocco e relativi tempi di corrivazione

ID Bacino	Area drenata	H _{max}	H _{min}	ΔH	L _{asta}	t _c
	[ha]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m]	[h]
1	4.72	240	144	96	300	0.083
2	9.66	386	144	242	700	0.083
3	8.06	401	144	257	635	0.083
4	0.37	239	145	94	160	0.083
5	0.32	207	145	62	90	0.083
6	35.39	521	144	377	1630	0.179
7	1.68	240	146	94	200	0.083
8	43.06	512	146	366	1856	0.222

Tabella 5-2: Caratteristiche dei bacini idrografici del sito di Vado (1) e relativi tempi di corrivazione

ID Bacino	Area drenata	H _{max}	H _{min}	ΔH	L _{asta}	t _c
	[ha]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m]	[h]
1	2.81	355	164	191	329	0.083
2	1.83	360	165	195	279	0.083
3	1.69	345	166	179	257	0.083
4	0.70	311	167	144	180	0.083
5	0.40	256	166	90	420	0.083
6	0.17	231	167	64	85	0.083
7	0.47	231	167	64	65	0.083

Tabella 5-3: Caratteristiche dei bacini idrografici del sito di Vado (2) e relativi tempi di corrivazione

ID Bacino	Area drenata	H _{max}	H _{min}	ΔH	L _{asta}	t _c
	[ha]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m]	[h]
1	1.18	314	190	124	122	0.083
2	0.80	334	190	144	215	0.083

5.1. SITO DI ALLOCCO

Per il Rio Ancini, ovvero l'asta idraulica principale del bacino n°6, è prevista la sostituzione dell'attuale opera di attraversamento della SP325 con un nuovo collettore. Tale collettore, lungo complessivamente 18.00m, sarà costituito da elementi prefabbricati modulari in calcestruzzo di sezione interna pari a 1.60m di base e 1.75m di altezza e avrà una pendenza longitudinale del 4%.

La tavola progettuale di riferimento è la SZ-1001_Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici.

5.2. SITO DI VADO (1)

I fossi F1, F2, F3 ed F6, previsti come i tratti terminali delle aste idrauliche principali dei bacini n°1, n°2, n°3 e n°4, hanno tutti la caratteristica sezione trapezoidale con:

- larghezza della base inferiore pari a 2.50m;
- altezza delle scarpate pari a 1.00m;
- pendenza delle scarpate di 1/1;
- rivestimento in pietra naturale posata a secco (anche noto come scogliera a specchio) per uno spessore di 0.30m.

Le loro pendenze longitudinali sono state stabilite seguendo l'andamento morfologico dei versanti, prendendo come massimo il 30%. Un valore così alto genera velocità di deflusso tali da provocare

fenomeni di erosione localizzati lungo essi in caso essi fossero semplicemente scavati nel terreno esistente, ma il rivestimento in pietra viene pensato proprio per prevenirli.

DETTAGLIO FOSSI F1, F2, F3, F6 SCOGLIERA A SPECCHIO

SCALA 1:50

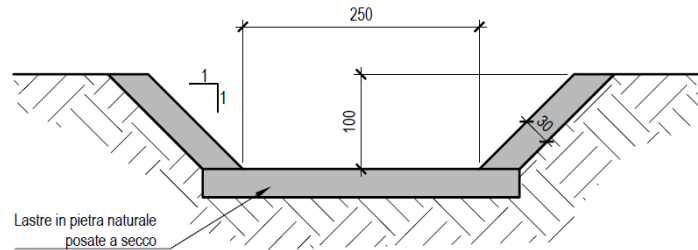


Figura 5-1: Sezione tipica fosso trapezoidale

Ai piedi del versante destro della SP325, i fossi F1 ed F2 vengono fatti confluire nel pozzetto P1, il fosso F3 nel pozzetto P3 e il fosso F6 nel pozzetto P5. Avendo tutti e quattro i fossi la stessa dimensione, anche i relativi pozzetti hanno la stessa dimensione interna della pianta, ovvero 2.50m x 2.50m, come la base inferiore dei fossi.

Dal pozzetto P1 parte il collettore di attraversamento della SP325 costituito da elementi prefabbricati modulari in calcestruzzo di sezione interna pari a 1.25m di base e 1.00m di altezza e di pendenza del 3%. Attraversata la piattaforma stradale, in corrispondenza del punto P2, tale scatolare diventa un canale (Fosso F5 o Recapito A) costituito:

- nel primo tratto da elementi prefabbricati modulari in calcestruzzo armato di 1.25m di base e 2.00m di altezza in modo tale che la sommità delle sue pareti laterali sia maggiore della quota del piano campagna del terreno circostante;

DETTAGLIO FOSSO F5 (RECAPITO A) - Primo tratto C.A. PREFABBRICATO

SCALA 1:50

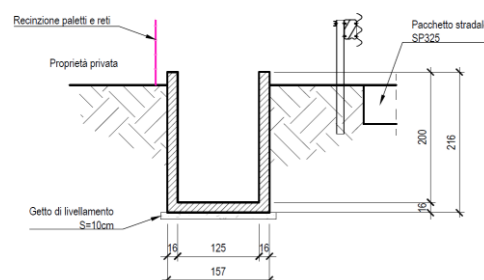


Figura 5-2: Dettaglio Fosso F5 - Primo tratto

- nel secondo tratto esso coincide con il fosso in terra esistente da riprofilare con base inferiore di 1.25m, altezza di 1.00m e pendenza delle scarpate di 1/1.

DETTAGLIO FOSSO F5 (RECAPITO A) - Secondo tratto RIPROFILATURA DELL'ESISTENTE IN TERRA

SCALA 1:50

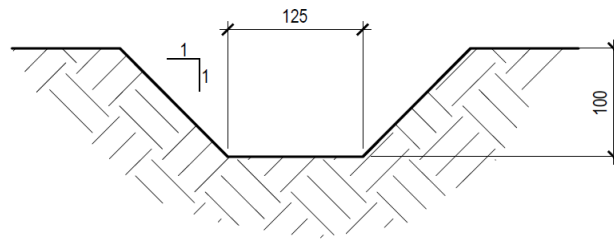


Figura 5-3: Dettaglio Fosso F5 - Secondo tratto

La pendenza longitudinale dell'intero fosso F5 fino al torrente Setta è del 4%.

Dal pozzetto P3 parte il collettore di attraversamento della SP325 costituito da un tubo prefabbricato modulare in calcestruzzo di $\varnothing_{int}1000$ e di pendenza del 1%. Lungo tale collettore, in corrispondenza del ciglio destro della SP325, è posto il pozzetto P3b che raccoglie le acque di piattaforma raccolte dalla cunetta che si sviluppa dal civico 91 al civico 95, parallelamente al muro di sostegno esistente. Il pozzetto P3b ha dimensioni della pianta interna di 1.50m x 1.50m. Attraversata la piattaforma stradale tale tubo sbocca nel fosso esistente lungo il lato sinistro della cabina elettrica n°466986 attraverso una chiavica prefabbricata (Recapito B). Il fosso deve essere riprofilato con base inferiore di 1.50m, altezza di 1.00m e pendenza delle scarpate di 1/1.

DETTAGLIO FOSSI IN TERRA RECAPITO B - RIPROFILATURA DELL'ESISTENTE RECAPITO C - SCAVATO

SCALA 1:50

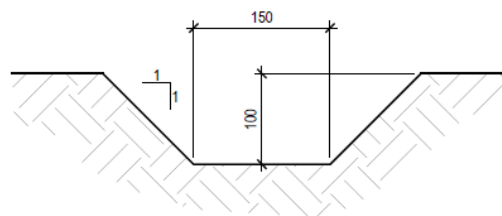


Figura 5-4: Dettaglio fosso Recapito B e C

La pendenza longitudinale dell'intero fosso fino al torrente Setta è del 4%.

Dal pozzetto P5 parte il collettore di attraversamento della SP325 costituito da un tubo prefabbricato modulare in calcestruzzo di $\varnothing_{int}1000$ e di pendenza del 1%. Dovendo tale collettore fare un cambio di direzione, in corrispondenza del ciglio destro della SP325, è posto il pozzetto P5b che glielo consente. Parallelamente alla scogliera a sud del civico n°95, la cunetta raccoglie le acque di piattaforma e le fa confluire nel pozzetto P5c, da cui parte un tubo in PEAD di DN315 che fa confluire tali acque nel collettore circolare di uscita dal P5b. Il pozzetto P5c ha dimensioni della pianta interna di 0.80m x 0.80m. Attraversata la piattaforma stradale tale tubo sbocca in un nuovo fosso attraverso una chiavica prefabbricata (Recapito C). Il fosso deve essere profilato con base inferiore di 1.50m, altezza di 1.00m e pendenza delle scarpate di 1/1 (Figura 5-4).

La pendenza longitudinale dell'intero nuovo fosso fino al torrente Setta è del 4%.

La tavola progettuale di riferimento è la *PL-2004_Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici*.

6. SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

6.1. SITO DI ALLOCCO

Con riferimento alla tavola progettuale di *SZ-1001_Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici*, il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma stradale della SP325 è costituito da:

- un sistema di canalette alla francese esistenti da pulire;
- un sistema di canalette alla francese da prevedere;
- lo spurgo della tubazione esistente davanti alla proprietà privata del civico n°33;
- la posa di una condotta di collegamento tra una nuova canaletta e il rio Ancini attraverso l'ingresso al viadotto di RFI in PEAD e DN315;
- la posa di una canaletta grigliata carrabile di larghezza 0.30m per convogliare le acque raccolte a tergo di un argine contenitivo per caduta massi e colate detritiche nel rio Ancini;
- lo spurgo di due attraversamenti esistenti.

Le canalette esistenti, così come è emerso dal rilievo hanno una larghezza di 1.20m, pertanto anche quelle che si prevedono dovranno avere la stessa larghezza. La loro pendenza deve seguire quella della strada.

6.2. SITO DI VADO (1)

Con riferimento alla tavola progettuale di *PL-2004_Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici*, il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma stradale della SP325 è costituito da una due canalette lungo il ciglio destro della strada in direzione Bologna:

- la prima, attuale, si sviluppa dal punto di inizio intervento (km 10+382) al futuro pozzetto P5c dove, attraverso una condotta in PEAD di DN315, convoglia le acque raccolte nel tombino circolare Ø1000 di attraversamento della SP325 per le acque raccolte dal fosso F6;
- la seconda, attuale, si sviluppa dal futuro pozzetto P5b al futuro pozzetto P3b dove convoglierà le acque il fosso F3.

6.3. SITO DI VADO (2)

Le acque della piattaforma stradale vengono convogliate nel pozzetto esistente a valle del muro esistente in massi ciclopici attraverso cunette costruite appositamente.



Figura 6-1: Cunette di scolo nel pozzetto esistente nel sito di Vado (2)

7. VERIFICHE IDRAULICHE

In questo capitolo sono riportati i fogli di calcolo contenenti i risultati delle verifiche idrauliche effettuate:

- sul collettore di attraversamento idraulico della SP325 del Rio Ancini nel sito di Allocco;
- sui fossi F1, F2, F3 ed F6, sui collettori di attraversamento idraulico della SP325, sul canale F5 (entrambi i tratti), sul fosso riprofilato (Recapito B) e sul fosso scavato (Recapito C) nel sito di Vado (1);

applicando il metodo precedentemente descritto.

Le verifiche attestano l' idoneità del dimensionamento dei fossi rivestiti in lastre di pietra, dei collettori in calcestruzzo e dei fossi in terra di progetto, poiché le portate relative ad un tempo di ritorno TR = 200 anni sono convogliate con un grado di riempimento massimo inferiore al 66% o un franco libero massimo di 0.50 m dato che sono tutti dimensionati per avere un deflusso a superficie libera.

Di seguito sono riassunte le informazioni contenute nelle tabelle di verifica dei fossi e dei collettori previsti per lo smaltimento delle acque di versante.

Tabella 7-1: Informazioni delle tabelle di verifica idraulica

NOME RAMO	Nome identificativo del fosso/collettore	[-]
I_i	Pendenza media del fosso/collettore	[m/m]
TIPOLOGIA COLLETTORE	Tipologia del deflusso nel fosso/collettore (se aperto o chiuso) e codice identificativo	[-]
MATERIALE	Materiale di costruzione/rivestimento del fosso/collettore	[-]
SEZIONE	Forma della sezione del fosso/collettore	[-]
k_s	Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler del materiale del fosso/collettore	[m ^{1/3} /s]
B (D)	Larghezza della base del fosso/collettore (o diametro)	[m]
H (D)	Altezza del fosso/collettore (o diametro)	[m]
h	Altezza del tirante idrico nel fosso/collettore	[m]
A_b	Area bagnata del fosso/collettore	[m ²]
C_b	Perimetro bagnato del fosso/collettore	[m]
R_H	Raggio idraulico del fosso/collettore	[m]
Q_{200}	Portata di progetto con TR = 200 anni	[m ³ /s]
G.R.	Grado di riempimento della sezione del fosso/collettore	[%]
v	Velocità di deflusso nel fosso/collettore	[m/s]
H-h	Franco libero della sezione del fosso/collettore	[m]

7.1. VERIFICHE IDRAULICHE – SITO DI ALLOCCO

Tabella 7-2: Verifica idraulica del collettore di attraversamento della SP325 del Rio Ancini

NOME RAMO	i_i	TIPOLOGIA COLLETTORE	MATERIALE	SEZIONE	k_s	B (D)	H (D)	h	A_b	C_b	R_H	Q_{200}	R.O.	G.R.	v	H-h	
	[m/m]				[m ^{1/3} /s]	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[l/s]			[m/s]	[m]	
RIO ANCINI	0.040	CHIUSO	R_160	r_cis	sezione rettangolare	70	1.600	1.750	1.032	1.651	3.664	0.451	13590	0	59%	8.2	0.72

7.2. VERIFICHE IDRAULICHE – SITO DI VADO (1)

Tabella 7-3: Verifiche idrauliche dei fossi dei versanti del sito di Vado (1)

NOME RAMO	i_i	TIPOLOGIA COLLETORE	MATERIALE	SEZIONE	k_s	B (D)	H (D)	h	A_b	C_s	R_{H1}	Q_{300}	R.O.	G.R.	v	H-h	
	[m/m]				[$m^{1/3}/s$]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[l/s]			[m/s]	[m]	
FOSSO F1	0.300	CIELO APERTO	T_2.5x1	t_pietra	sezione trapezia	35	2.500	1.000	0.132	0.346	2.872	0.121	1620	0	13%	4.7	0.87
FOSSO F2	0.300	CIELO APERTO	T_2.5x1	t_pietra	sezione trapezia	35	2.500	1.000	0.102	0.285	2.788	0.095	1055	0	10%	4.0	0.90
FOSSO F3	0.300	CIELO APERTO	T_2.5x1	t_pietra	sezione trapezia	35	2.500	1.000	0.097	0.252	2.774	0.091	975	0	10%	3.9	0.90
FOSSO F6	0.300	CIELO APERTO	T_2.5x1	t_pietra	sezione trapezia	35	2.500	1.000	0.057	0.146	2.662	0.055	405	0	6%	2.8	0.94

Tabella 7-4: Verifiche idrauliche dei collettori di attraversamento della SP325 del sito di Vado (1)

NOME RAMO	i_i	TIPOLOGIA COLLETORE	MATERIALE	SEZIONE	k_s	B (D)	H (D)	h	A_b	C_s	R_{H1}	Q_{300}	R.O.	G.R.	v	H-h	
	[m/m]				[$m^{1/3}/s$]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[l/s]			[m/s]	[m]	
TOMBINO RETT.	0.030	CHIUSO	R_125x100	r_cls	sezione rettangolare	70	1.250	1.000	0.437	0.546	2.123	0.257	2675	0	44%	4.9	0.56
TOMBINO CIRC. 1	0.010	CHIUSO	CLS_1000	c_cls	sezione circolare	70	1.000	1.000	0.468	0.361	1.508	0.240	975	0	47%	2.7	0.53
TOMBINO CIRC. 2	0.010	CHIUSO	CLS_1000	c_cls	sezione circolare	70	1.000	1.000	0.292	0.191	1.141	0.167	405	0	29%	2.1	0.71

Tabella 7-5: Verifiche idrauliche dei fossi di scolo nel torrente Setta del sito di Vado (1)

NOME RAMO	i_i	TIPOLOGIA COLLETORE	MATERIALE	SEZIONE	k_s	B (D)	H (D)	h	A_b	C_s	R_{H1}	Q_{300}	R.O.	G.R.	v	H-h	
	[m/m]				[$m^{1/3}/s$]	[m]	[m]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[l/s]			[m/s]	[m]	
FOSSO F5 - I tratto	0.040	APERTO	R_125x200	r_cls	sezione rettangolare	70	1.250	2.000	0.394	0.492	2.038	0.242	2675	0	20%	5.4	1.61
FOSSO F5 - II tratto	0.040	APERTO	T_125x100	t_terra	sezione trapezia	35	1.250	1.000	0.476	0.823	2.598	0.317	2675	0	48%	3.3	0.52
RECAPITO B	0.040	APERTO	T_150x100	t_terra	sezione trapezia	35	1.500	1.000	0.295	0.530	2.335	0.227	1380	0	30%	2.6	0.70
RECAPITO C	0.040	APERTO	T_150x100	t_terra	sezione trapezia	35	1.500	1.000	0.142	0.234	1.903	0.123	405	0	14%	1.7	0.86