



# TANGENZIALE NORD-OVEST- BRETELLA DI FOSSOLI TRA VIA GUASTALLA E SP413 ROMANA NORD

Città di Carpi



CITTA' DI CARPI - Settore A/3 Lavori Pubblici Infrastrutture Patrimonio  
Servizio Progettazione, Direzione Lavori e Manutenzione Infrastrutture - Unità Operativa Nuove Opere Infrastrutturali  
IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Antonio MORINI  
ATTIVITA' DI SUPPORTO AL RUP: Ing. Calogero FILIPPELLO

## PROGETTAZIONE:



RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  
Ing. Marcello Mancone

OPERE A VERDE, ASPETTI PAESAGGISTICI E  
URBANISTICI  
Arch. Maria Cristina Fregni

PROGETTAZIONE OPERE STRADALI  
Ing. Alessio Gori

PROGETTAZIONE OPERE IDRAULICHE  
Ing. Alessandro Cecchelli

PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI  
Ing. Luciano Viscanti

GEOLOGIA  
Dott. Pietro Accolti Gil

CANTIERIZZAZIONE E FASI  
ESPROPRI ED INTERFERENZE  
Ing. Stefano Simonini

PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI  
Ing. Francesco Frassinetti

COORD. SICUREZZA IN PROGETTAZIONE  
Geom. Stefano Caccianiga

TEAM DI PROGETTO  
Ing. Alessandro Nesci  
Ing. Stefano Tronconi  
Ing. Lorenzo Faeti  
Arch. Daniela Corsini  
Ing. Mattia De Caro  
Ing. Giulio Melosi  
Ing. Simone Passerini

ELABORATO

## IDROLOGIA E IDRAULICA

### Relazione idrologico-idraulica

PROGETTO FATTIBILITA'  
TECNICO-ECONOMICA

PARTE D'OPERA	DISCIPLINA	DOC. E PROG.	FASE	REV.
BR	ID	RT01	1	0

Cartella	File name	Prot.	Scala	Formato
04	BRIDRT01_10_5016	5016	-	A4

5					
4					
3					
2					
1					
0	EMISSIONE	MAG 2021	S.Passerini	A.Cecchelli	M.Mancone
REV.	DESCRIZIONE	Data	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Il presente progetto è il frutto del lavoro dei professionisti associati in Politecnica. A termine di legge tutti i diritti sono riservati.  
E' vietata la riproduzione in qualsiasi forma senza autorizzazione di POLITECNICA Soc. Coop.



## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>IL PROGETTO – INQUADRAMENTO DELL'AREA.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>LA PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA.....</b>	<b>6</b>
3.1	II PGRA – PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI.....	7
3.2	IL PAI DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO E IL PTCP DELLA PROVINCIA DI MODENA....	11
<b>4</b>	<b>PROGETTO IDRAULICO.....</b>	<b>15</b>
4.1	OBIETTIVI E CRITERI DELLA PROGETTAZIONE.....	15
4.2	ANALISI IDROLOGICA.....	16
4.2.1	Analisi statistica: curve di possibilità pluviometrica.....	16
4.3	OPERE PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA.....	22
4.3.1	Determinazione dell'interasse delle caditoie.....	22
4.3.2	Dimensionamento dei collettori.....	23
4.3.3	Dimensionamento impianti per il trattamento delle acque di prima pioggia.....	25
4.3.4	Laminazione delle acque di drenaggio della piattaforma.....	28
4.4	OPERE PER LA RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE COL RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE	33
4.5	ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DELLA DEVIAZIONE FOSSA NUOVA - CAVATA.....	35
4.5.1	Stima della portata massima.....	35
4.5.2	Modellazione idraulica.....	36
4.6	ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DEL CANALE GUSMEA OVEST.....	41
<b>5</b>	<b>ANALISI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA.....</b>	<b>42</b>
5.1	CONDIZIONI DI SICUREZZA DELL'INFRASTRUTTURA STRADALE.....	42
5.2	INVARIANZA IDRAULICA DELL'INTERVENTO.....	43

## **1 PREMESSA**

---

Il presente studio tratta gli aspetti di compatibilità idraulica inerenti all'intervento per la realizzazione del completamento della rete infrastrutturale tangenziale esistente del comune di Carpi, attraverso la realizzazione di una nuova strada extraurbana secondaria categoria C1 nella porzione nord-ovest del territorio comunale.

Lo studio si rende necessario poiché l'area oggetto di intervento ricade nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'Ambito territoriale "Reticolo Secondario di Pianura (RSP)", ai sensi del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico Padano, introdotto dalla Direttiva europea 2007/60/CE recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010. Le mappe della pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni, sono state adottate dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 23/12/2013, per poi essere definitivamente approvati in data 03/03/2016.

Nello specifico si intende eseguire una valutazione che consenta di definire gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità, al livello di esposizione e alle prescrizioni delle vigenti norme in materia di mitigazione del rischio idraulico.

## 2 IL PROGETTO – INQUADRAMENTO DELL'AREA

Partendo da Nord il nuovo tracciato viario si sviluppa dalla rotatoria esistente sulla TANGENZIALE B. LOSI ed il collegamento alla zona industriale denominata AUTOTRASPORTATORI, prosegue in direzione Sud-Ovest, attraversando due canali consortili denominati CANALE GUSMEA OVEST e la DEVIAZIONE FOSSA NUOVA - CAVATA, si allinea in parallelismo alla linea aerea di elettrodotto alta tensione TERNA esistente per poi incrociare la strada comunale VIA QUATTRO PILASTRI. Il tracciato dopo l'incrocio con la suddetta via prosegue fino a riconnettersi alla rotatoria esistente tra VIA GUASTALLA e VIA DELL'INDUSTRIA. Il nuovo tracciato stradale si sviluppa per circa 2110m totali. L'intervento prevede anche la realizzazione di una pista ciclabile di circa 650m di lunghezza che si sviluppa a partire da nord del centro abitato e costeggia la direttrice ferroviaria per poi connettersi con la zona AUTOTRASPORTATORI; ed infine la realizzazione di una nuova rotatoria, in luogo dell'incrocio esistente a raso con regolazione semaforica tra la VIA GUASTALLA e la TANGENZIALE B. LOSI.

L'area di progetto è una zona pianeggiante, destinata ad uso agricolo, con pendenza media del 1% e quote variabili tra valori massimi di circa 26 m s.l.m. nella parte meridionale e minimi di 24 m s.l.m. in quella settentrionale del tracciato. (Figura 2.1).

Figura 2.1 – Corografia generale della nuova viabilità e del reticolo idrografico presente nell'area di intervento



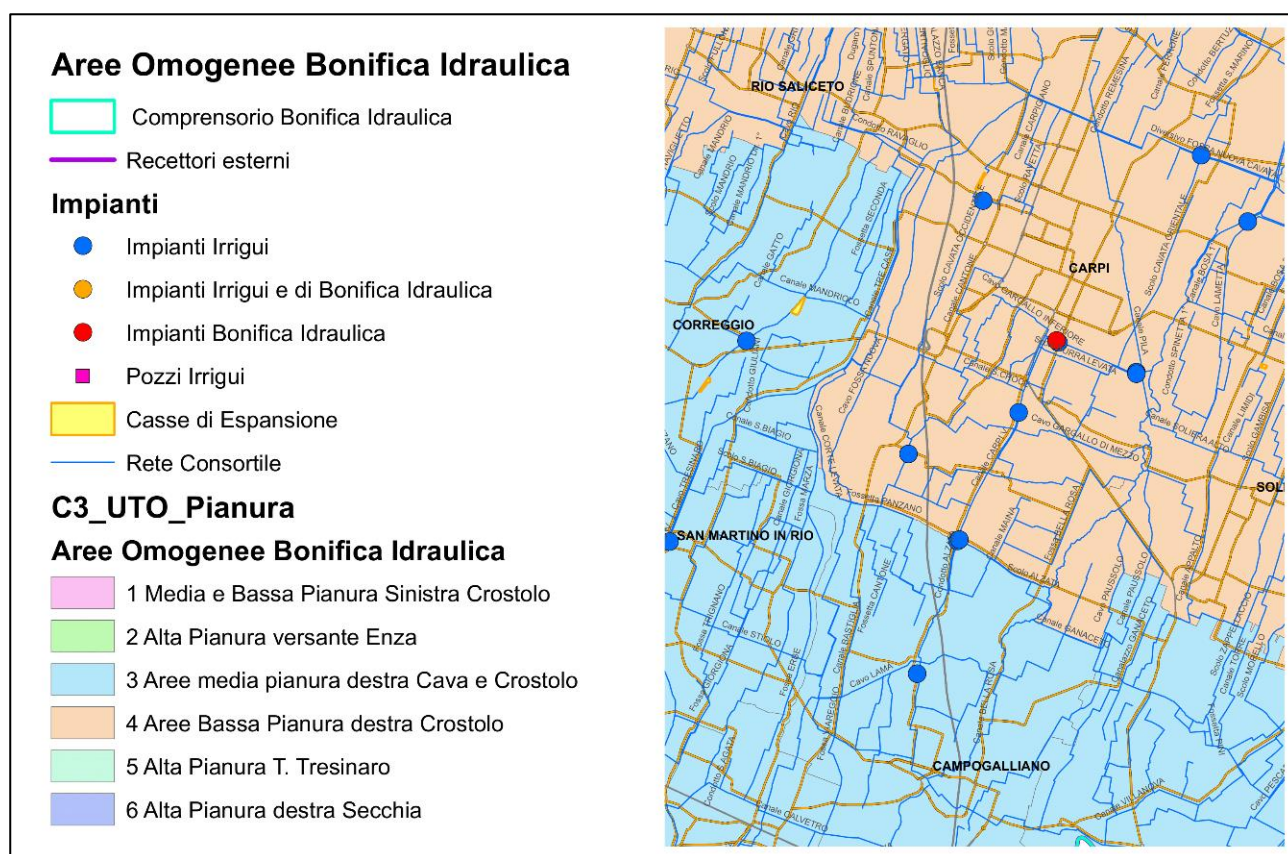


Dal punto di vista idrografico, in riferimento al reticolo di bonifica gestito dal Consorzio della Bonifica dell'Emilia Centrale (BPMS), il tracciato in progetto ricade nelle "Aree Bassa Pianura destra Crostolo". Le acque che non si infiltrano nel sottosuolo, sono raccolte tramite un sistema di corsi d'acqua, tra i quali:

- la Deviazione Fossa Nuova - Cavata;
- lo Scolo Cavata Occidentale;
- il Canale Carpigiano;
- lo Scolo Ravetta.

Su tali corsi d'acqua è vigente la tutela relativa agli "Invasi ed alvei dei corsi d'acqua" di cui all'art. 2.5 del PSC.

Figura 2.2 – Estratto "Aree omogenee di bonifica idraulica" – PdC del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale



### 3 LA PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

Nell'UoM del fiume Po la rilevante estensione superficiale e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, di seguito definiti:

- Reticolo principale: costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondivalle montani e collinari (lunghezza complessiva pari a circa 5.000 km).
- Reticolo secondario collinare e montano: costituito dai corsi d'acqua secondari nei bacini collinari e montani e dai tratti montani dei fiumi principali.
- Reticolo secondario di pianura: costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana.
- Aree costiere marine: sono le aree costiere del mare Adriatico in prossimità del delta del fiume Po.
- Aree costiere lacuali: sono le aree costiere dei grandi laghi alpini (Maggiore, Como, Garda, ecc.).

Il modello organizzativo messo a punto ed utilizzato per le attività di mappatura, ha previsto una ripartizione delle attività sui diversi ambiti, secondo un principio di sussidiarietà che ha coinvolto sia le Regioni che gli enti proprietari e gestori di tali reticoli. Di seguito si riportano i diversi soggetti attuatori dell'attività di mappatura.

AMBITO TERRITORIALE	SOGGETTO ATTUATORE
Reticolo idrografico principale (RP)	Autorità di bacino distrettuale
Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)	Regioni
Reticolo secondario di pianura (RSP)	Regioni con il supporto dei Consorzi di bonifica
Aree costiere lacuali (ACL)	Regioni con il supporto di ARPA e dei Consorzi di regolazione dei laghi
Aree costiere marine (ACM)	Regioni (primo ciclo) – Autorità di bacino distrettuale e Regioni (secondo ciclo)

### 3.1 IL PGRA – PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

Il **PGRA** (Piano gestione Rischio Alluvioni), introdotto dalla Direttiva per ogni distretto idrografico, si configura come strumento di pianificazione previsto nella legislazione comunitaria dalla Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione del rischio di alluvioni, recepita nell'ordinamento italiano con il D.Lgs. 49/2010.

Il PGRA del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale è stato definitivamente approvato il 3 marzo 2016, con deliberazione n.2/2016; le Mappe della pericolosità degli elementi esposti e del rischio di alluvioni, predisposte, come quadro conoscitivo a scala di bacino, erano state adottate dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 23/12/2013, per poi essere definitivamente approvate in data 03/03/2016.

Nella seduta di Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2019 è stato esaminato il primo aggiornamento delle mappe della pericolosità e del rischio del PGRA, che ha riguardato le mappe di pericolosità (aree allagabili) complessive che costituiscono quadro conoscitivo dei PAI, le mappe di rischio (R1, R2, R3, R4) complessive, ai sensi del D. Lgs n. 49/2010 e le mappe di pericolosità e rischio (aree allagabili, tiranti, velocità, elementi esposti). La revisione in fase di completamento. Dalle verifiche effettuate, non sono state introdotte modifiche alle perimetrazioni previgenti della pericolosità e del rischio.

Tra gli elementi costitutivi dei PGRA, le mappe di pericolosità individuano le aree potenzialmente interessate da inondazioni in relazione a tre scenari:

- 1) Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (P1, probabilità bassa);
- 2) Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno di riferimento fra 100 e 200 anni (P2, media probabilità);
- 3) Alluvioni frequenti: tempo di ritorno di riferimento fra 20 e 50 anni (P3, elevata probabilità).

Con riferimento alle mappe predisposte dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, "*Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti*", l'area in esame si colloca entro i seguenti scenari:

- Ambito di riferimento: ➡ Reticolo naturale principale e secondario
  - P1 – "Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi – bassa probabilità; a tale scenario, è associata una pericolosità bassa.
- Ambito di riferimento: ➡ Reticolo secondario di pianura
  - P2 – "Alluvioni poco frequenti – tempo di ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità; a tale scenario, è associata una pericolosità media.
  - P3 – "Alluvioni frequenti – tempo di ritorno tra 20 e 50 anni – elevata probabilità; a tale scenario, è associata una pericolosità elevata.

Di seguito si riportano le mappe di pericolosità per i differenti ambiti di riferimento relative alla zona di realizzazione



dell'intervento. Tali mappe sono state ricavate in ambiente gis scaricando gli strati informativi della pericolosità idraulica, in formato shape, dal sito dell'AdB Po. (<https://pianoalluvioni.adbpo.it/mappe-della-pericolosita-e-del-rischio-di-alluvione/>).

Figura 3.1 – PGRA - Mappa della pericolosità - Reticolo naturale principale

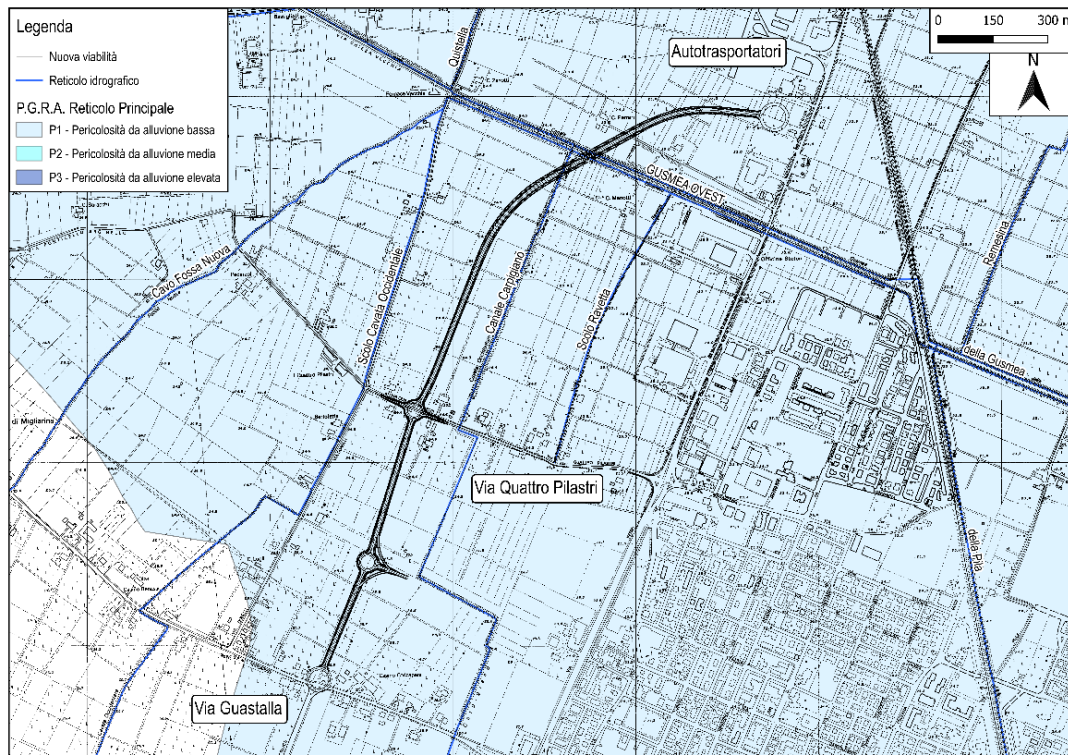
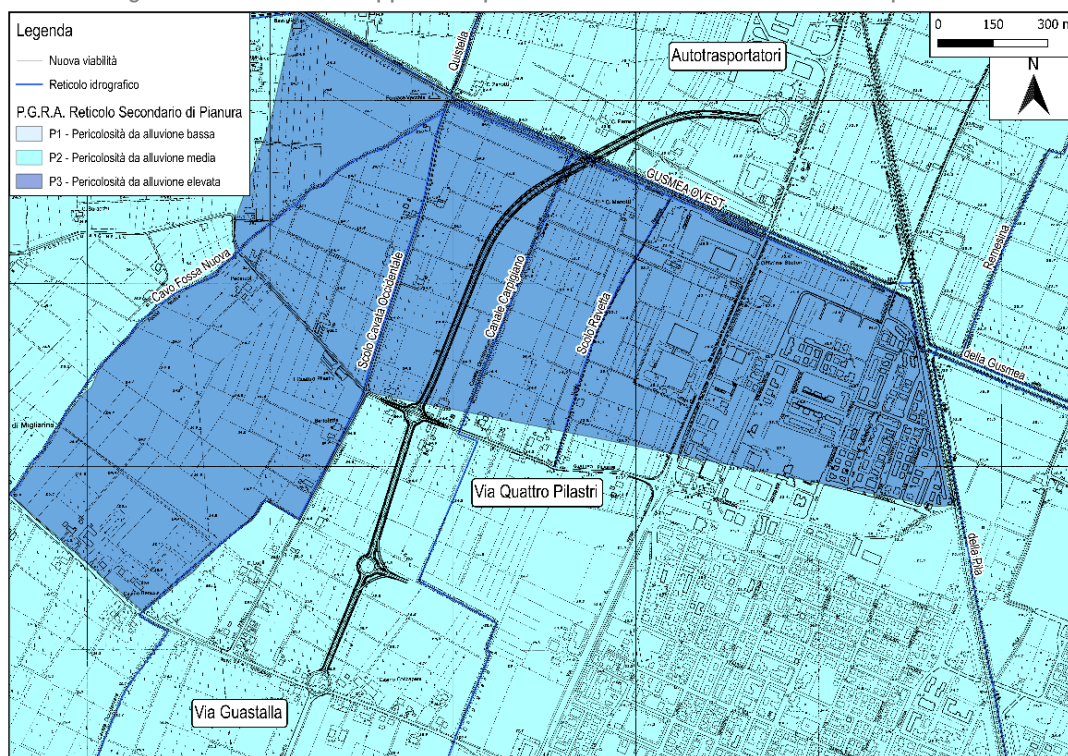


Figura 3.2 – PGRA - Mappa della pericolosità - Reticolo secondario di pianura



Le mappe del rischio rappresentano le potenziali conseguenze negative delle alluvioni, espresse in relazione agli elementi potenzialmente coinvolti: popolazione, tipo di attività economiche, patrimonio culturale e naturale, impianti che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di evento, ecc.

Con riferimento alle cartografie del rischio predisposte dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, “Mappa del rischio potenziale” (Figura 8), l'area in esame si colloca entro i seguenti scenari:

- Ambito di riferimento:     ➡     Reticolo naturale principale e secondario
  - R1 – Rischio idraulico moderato o nullo;
  - R2 – Rischio idraulico medio.
- Ambito di riferimento:     ➡     Reticolo secondario di pianura
  - R1 – Rischio idraulico moderato o nullo;
  - R2 – Rischio idraulico medio.

Di seguito si riportano le mappe di pericolosità per i differenti ambiti di riferimento relative alla zona di realizzazione dell'intervento. Tali mappe sono state ricavate in ambiente gis scaricando gli strati informativi del rischio idraulico, in formato shape, dal sito dell'AdB Po. (<https://pianoalluvioni.adbpo.it/mappe-della-pericolosita-e-del-rischio-di-alluvione/>).



Figura 3.3 – PGRA - Mappa della pericolosità - Reticolo naturale principale

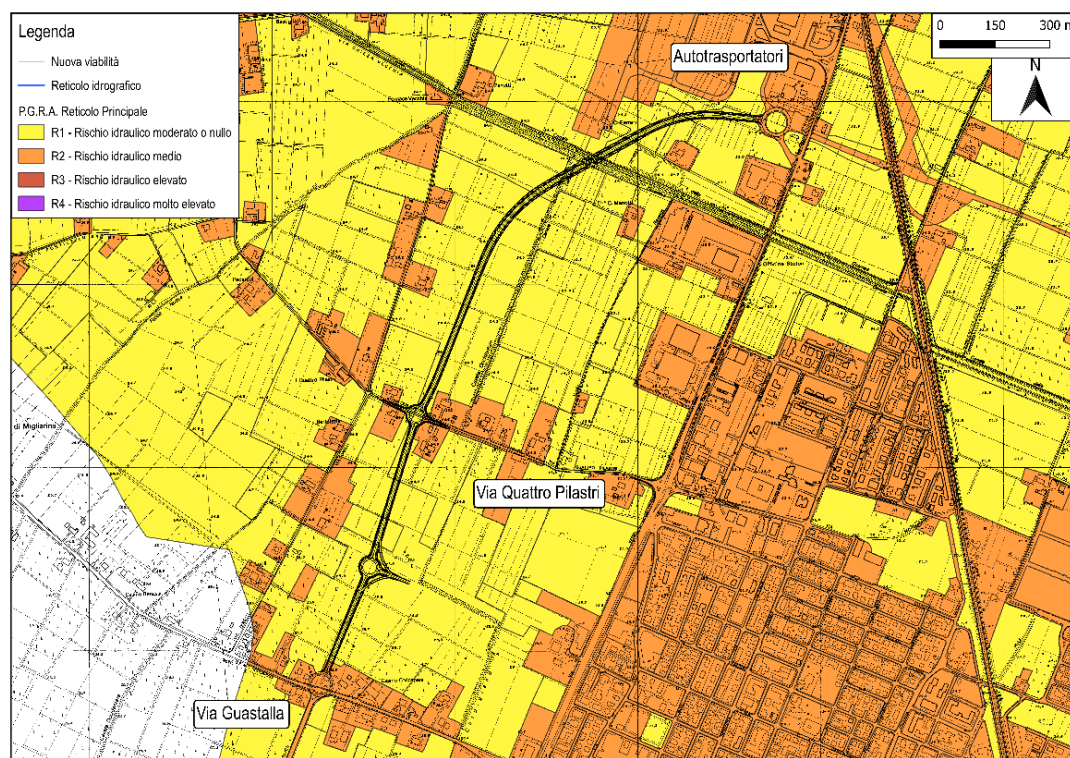
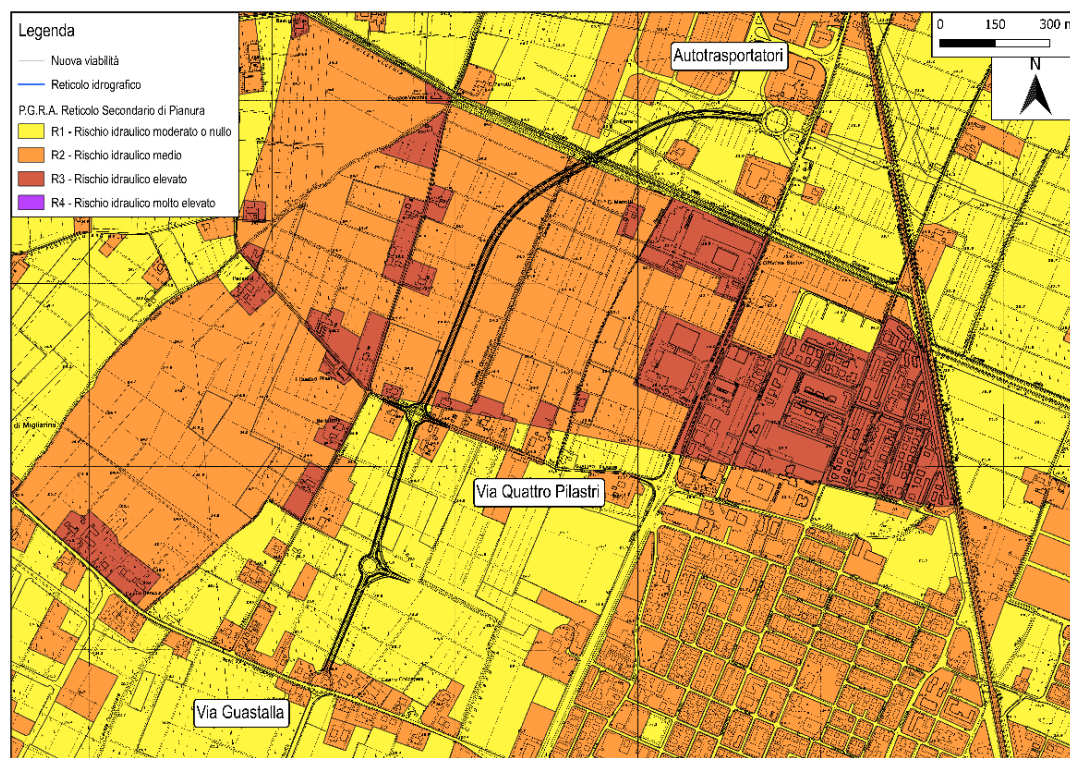


Figura 3.4 – PGRA - Mappa della pericolosità - Reticolo secondario di pianura



### 3.2 IL PAI DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO E IL PTCP DELLA PROVINCIA DI MODENA

Come descritto nei precedenti paragrafi, costituisce oggi riferimento nella conoscenza e nella gestione del rischio idraulico il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (PGR), approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione del Comitato Istituzionale n.2/2016, inoltre costituisce riferimento anche la Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) – Integrazioni all'Elaborato 7 (Norme di Attuazione) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta) – Integrazioni all'Elaborato 5 (Norme di Attuazione), approvata con deliberazione n. 5/2016 e finalizzata al coordinamento tra tali Piani ed il PGR.

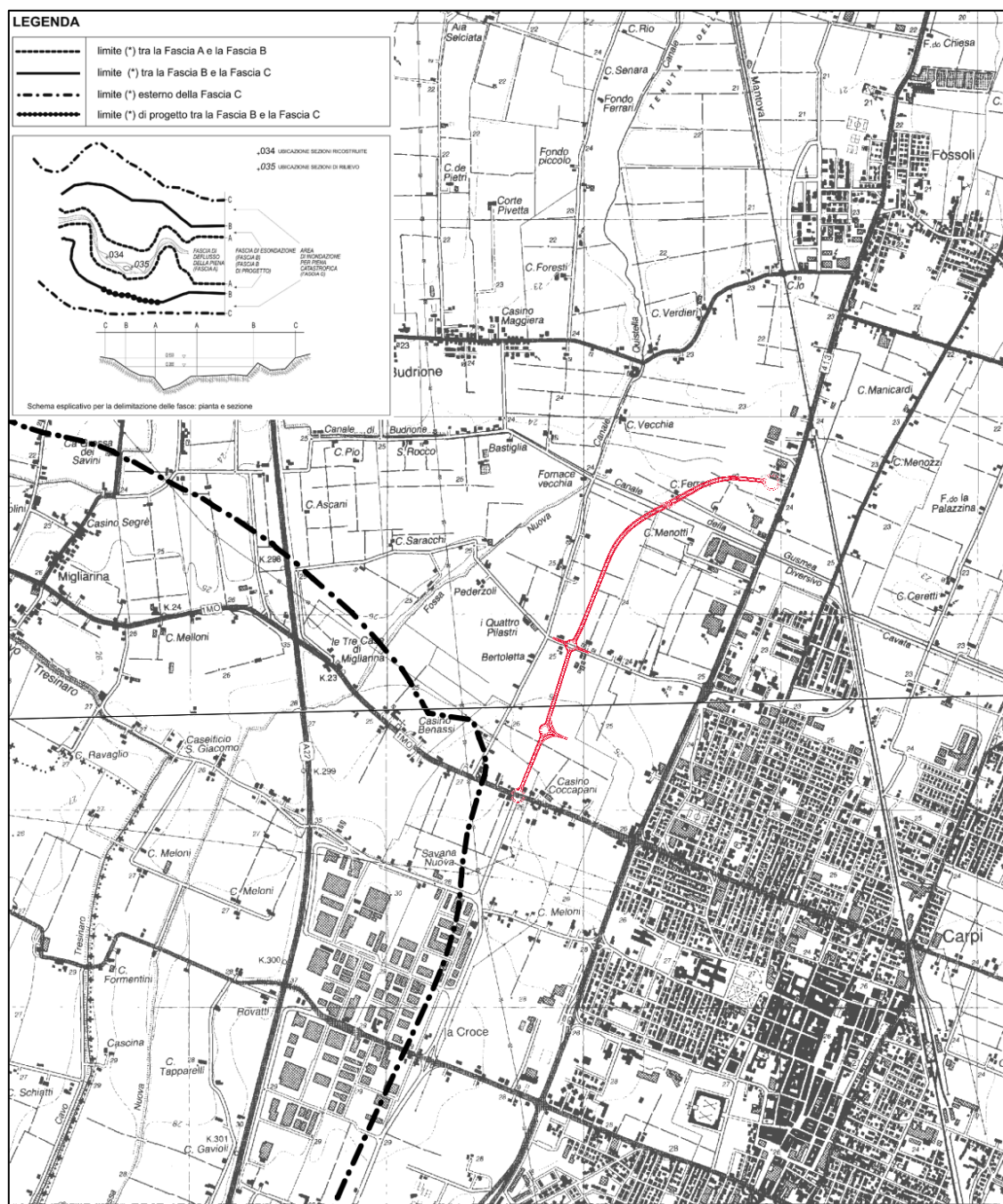
Ai fini attuativi, la Giunta della Regione Emilia Romagna con DGR 1300/2016 ha approvato il documento tecnico "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell'art. 58 Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) – Integrazioni all'Elaborato 7 (Norme di Attuazione) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta) – Integrazioni all'Elaborato 5 (Norme di Attuazione) adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n. 5 del 17/12/2015". Nelle more dell'emanazione da parte della Regione di ulteriori disposizioni complete e definitive, costituiscono dunque riferimento per l'attuazione nel settore urbanistico le disposizioni della suddetta DGR 1300/2016, confermate nei contenuti con DGR 1002/2017, che trova applicazione nelle aree soggette ad alluvioni frequenti, alluvioni poco frequenti ed alluvioni rare, così come identificate dal PGR nelle Mappe di pericolosità e del rischio di alluvione.

Le disposizioni attuative di cui sopra rimandano, per quanto di competenza, alle limitazioni e prescrizioni del PAI vigente e dunque al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Modena, che, in virtù dell'Intesa stipulata dall'Autorità di Bacino del fiume Po, dalla Regione e dalla Provincia di Modena per la definizione delle disposizioni del PTCP relative all'attuazione del "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po" (PAI), assume il valore e gli effetti di piano settoriale di tutela e uso del territorio di propria competenza e trova applicazione in luogo del PAI vigente.

Con riferimento alle perimetrazioni del **PAI vigente**, l'area in oggetto è interessata dalle perimetrazioni delle fasce fluviali di cui all'art. 28 delle NA del PAI vigente relative al fiume Secchia. In particolare, la realizzazione della nuova viabilità si trova all'interno della fascia di esondazione (fascia B), come si evince dal seguente estratto delle "Tavole di delimitazione delle fasce fluviali" (il fiume Secchia si trova ad Est della carta). (<https://pai.adbpo.it/index.php/documentazione-pai/>).



Figura 3.5 – PAI – Estratto Fogli 183-II Novi di Modena e 201-I Carpi – SECCHIA 04 e 07 - (Scala 1: 25.000)



All'interno delle fasce "B" si applica la seguente disciplina:

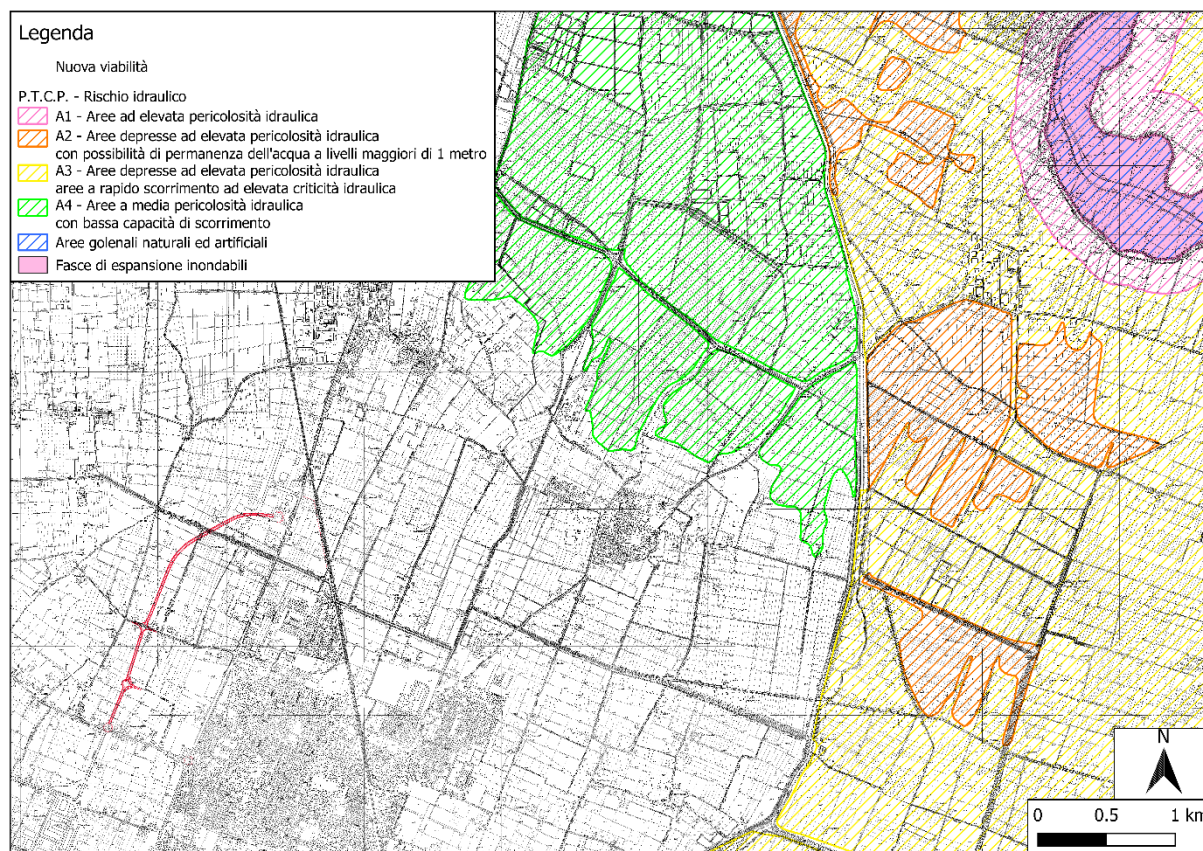
- sono vietati:
  - gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;



- la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatti salvi quelli già autorizzati, con le limitazioni di cui all'art. 29, comma 3, lett. l) del PAI;
- in presenza di argini, interventi e strutture che tendano ad orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine;
- b. sono consentite, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa:
- le trasformazioni edilizie di nuova edificazione, ristrutturazione, anche con ampliamento, riqualificazione e ricomposizione tipologica, restauro e risanamento conservativo, adeguamento igienico funzionale ai fini della sicurezza sul lavoro, per le sole attività agricole e per le residenze rurali connesse alla conduzione dell'azienda agricola. Le destinazioni abitative non dovranno essere collocate al di sotto della quota potenziale di esondazione;
- le trasformazioni edilizie di ristrutturazione, anche con ampliamento, riqualificazione e ricomposizione tipologica e restauro e risanamento conservativo di altre tipologie di edifici. Gli eventuali ampliamenti connessi alle trasformazioni edilizie ammesse non potranno essere superiori alle superfici e ai volumi residenziali potenzialmente allagabili e dovranno altresì prevedere la contestuale dismissione dell'uso di questi ultimi. Sono altresì condizionati a che non venga aumentato il livello di rischio o sia posto ostacolo o sia apportata riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree interessate agli interventi. Le destinazioni abitative non dovranno essere collocate al di sotto della quota potenziale di esondazione;
- c. i progetti di realizzazione di infrastrutture stradali e ferroviarie e di altri interventi di cui all'art. 21.3 devono essere corredati da apposito studio di compatibilità idraulica, redatto secondo gli indirizzi dell'Autorità di bacino e subordinati al parere da parte della stessa autorità.

Con riferimento alle perimetrazioni del **PCTP vigente**, l'area in oggetto non è interessata dalla perimetrazione delle fasce di espansione inondabili, con le portate di piena ridefinite per il fiume Secchia rispetto al PTCP 1998 a partire, secondo quanto disposto dall'art. 11 comma 1 delle Norme di attuazione PAI, dalle portate del PAI dell'Autorità di Bacino del Po con tempo di ritorno 200-ennale di cui alla "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" (adottata con deliberazione del Comitato Istituzionale 18 del 26.04.01). (<http://www.sistemonet.it/sistemonet/viewSections-action.do?sectionId=6670>).

Figura 3.6 – PCTP - Mappa del rischio idraulico: pericolosità idraulica



## 4 PROGETTO IDRAULICO

---

Il presente capitolo espone inizialmente gli obiettivi ed i criteri della progettazione delle opere idrauliche. Successivamente verrà trattata l'analisi idrologica sviluppata per la definizione degli input idraulici che ha portato al dimensionamento delle opere idrauliche, nel dettaglio:

- Opere per il drenaggio e trattamento delle acque di piattaforma;
- Opere di laminazione dei volumi drenati dalla piattaforma stradale;
- Opere idrauliche per la gestione delle interferenze col reticolo idrografico superficiale

### 4.1 OBIETTIVI E CRITERI DELLA PROGETTAZIONE

Il presente progetto idraulico prevede il dimensionamento di opere adeguate al drenaggio, la raccolta, il trattamento la laminazione delle acque di piattaforma attraverso la realizzazione di appositi sistemi ed infine il convogliamento delle portate uscenti in un opportuno recapito. È previsto inoltre il dimensionamento delle opere di attraversamento del reticolo idrografico superficiale con cui interferisce il tracciato del nuovo asse stradale in progetto, al fine di rispettare le condizioni di sicurezza idraulica.

Verrà rispettato la direttiva del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale che limita la portata rilasciata dal nuovo sistema di drenaggio nel reticolo idrografico consortile al valore di 20 l/s per ogni ettaro di superficie scolante.

Il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche sono stati sviluppati con riferimento ai seguenti tempi di ritorno:

- Collettori di drenaggio della piattaforma e interasse caditoie:  $TR = 25$  anni;
- Impianti di trattamento per le acque di prima pioggia: pioggia di riferimento pari a 5mm in 15 min per le vasche di trattamento e  $TR = 25$  anni per le tubazioni di adduzione, di scarico e per il sistema di by-pass della portata;
- Fossi per la laminazione:  $TR = 100$  anni;
- Attraversamenti idraulici:  $TR = 200$  anni.

I criteri per la verifica idraulica dei manufatti sono i seguenti:

- Collettori: verifica in condizioni di moto uniforme, effettuata confrontando la portata di progetto con la portata massima smaltibile, calcolata con il metodo cinematico. Ai fini di una buona progettazione è stato considerato un grado di riempimento massimo del 50% per collettori di diametro inferiore a 400mm e pari al 70% per diametri maggiori o uguali a 400mm;
- Caditoie: interasse determinato imponendo che a fronte di uno scroscio di pioggia, la vena liquida defluente sulla piattaforma sia contenuta all'interno della sola banchina (larghezza = 1.50m) in modo tale che non si crei un velo d'acqua sulle corsie di scorrimento e sia mitigato il fenomeno di acquaplaning;

- Fossi per la laminazione: verifica del volume massimo necessario a laminare le portate in arrivo dal sistema di drenaggio delle acque meteoriche di piattaforma a fronte di una portata massima uscente verso i recapiti finali pari a 20 l/s per ogni ettaro di superficie drenata (salvo casi specifici per i quali può rendersi necessario un limite di scarico inferiore);
- Attraversamenti idraulici principali: verifica in condizioni di moto vario considerando un franco idraulico superiore al 33% dell'altezza utile dell'opera, e comunque non inferiore a 50cm (Rif. normativo punto C5.1.2.3 della Circolare 2019 *"nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m"*);
- Tombini secondari: a causa della incerta definizione delle aree tributarie e degli apporti provenienti dai canali irrigui di adduzione, sono stati dimensionati in questa fase considerando condizioni di moto uniforme e portata di progetto pari a quella massima smaltibile a sezione piena dal fosso interferito dall'infrastruttura, garantendo un grado di riempimento inferiore al 70% della sezione del tombino. Analisi più accurate potranno essere sviluppate nelle fasi di progettazioni successive, in parallelo con la definizione di miglior dettaglio del quadro conoscitivo.

## 4.2 ANALISI IDROLOGICA

In questo capitolo si espone la metodologia che ha portato allo sviluppo delle curve di possibilità pluviometrica per la determinazione degli input idrologici nella modellazione cinematica per il dimensionamento dei collettori della rete di drenaggio della piattaforma stradale e dei fossi per la laminazione.

### 4.2.1 Analisi statistica: curve di possibilità pluviometrica

Innanzitutto è necessario fare una distinzione tra le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica che saranno utilizzate per il dimensionamento di:

- Rete di drenaggio della piattaforma stradale: LSPP caratterizzate da durate brevi ed intense, riferite ad eventi pluviometrici di durata nettamente inferiore ai 60 minuti, che tendono a massimizzare le portate di picco degli idrogrammi utilizzati come input idrologici;
- Fosso per la laminazione delle acque della piattaforma stradale: LSPP caratterizzate da lunghe durate che massimizzano i volumi di pioggia precipitata.

In linea generale, le LSPP a cui fare riferimento per la modellazione idraulica in queste aree sono quelle:

- pubblicate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, desumibili dalla Tabella 1 allegata alla *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* del *"Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico"* (Tabella 1);

- suggerite dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, relative allo studio del 2009 del Prof. A.Marinelli condotto sui canali consortili (Tabella 2);
- utilizzate dalla Provincia di Modena per la redazione del Piano Territoriale Coordinamento Provinciale (PTCP) (Tabella 3).

Di seguito sono riportate le rispettive tabelle:

Tabella 1 – Curve di possibilità pluviometrica – AdB Po

Stazione di misura		T = 20 anni		T = 100 anni		T = 200 anni		T = 500 anni	
Cod.	Denominazione	a	n	a	n	a	n	a	n
1890	Carpi	47.02	0.216	62.58	0.201	69.24	0.197	78.04	0.192

Tabella 2 – Curve di possibilità pluviometrica – Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale

Tempo di ritorno T	Alta pianura		Media pianura		Bassa pianura	
	a	n	a	n	a	n
25	51.44	0.21	58.93	0.23	69.09	0.17
50	57.50	0.21	66.21	0.23	78.16	0.16
100	63.50	0.21	73.44	0.23	87.16	0.16

Tabella 3 – Curve di possibilità pluviometrica – Provincia di Modena

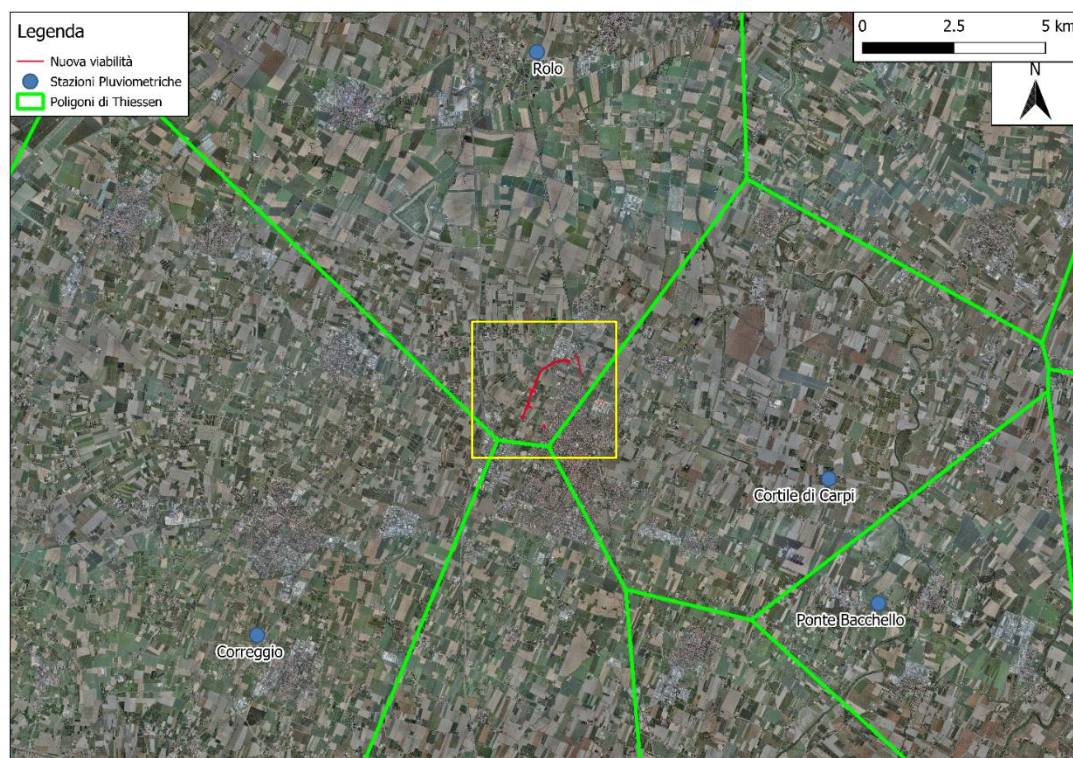
Tempo Ritorno	a1 (mm/h)	n1	a2 (mm/h)	n2
[anni]	[t<1 h]	[t<1 h]	[t>1 h]	[t>1 h]
2	23.54	0.355	22.20	0.300
5	33.15	0.345	31.05	0.263
10	39.50	0.342	36.90	0.245
20	45.60	0.340	42.50	0.235
50	53.50	0.339	49.80	0.245
100	59.44	0.338	55.25	0.216

I parametri delle curve di possibilità pluviometrica appena mostrati risultano essere ben predisposti per il dimensionamento dei fossi per la laminazione, in quanto sviluppati per durate di pioggia superiore ai 60 minuti.

Tuttavia, queste curve di probabilità pluviometrica sopra riportate fanno riferimento a dati storici non aggiornati, si è ritenuto pertanto, per verifica e completezza di trattazione, accompagnarle ad un'analisi statistica attualizzata ai dati pluviometrici ad oggi disponibili. Sono state pertanto acquisite le precipitazioni orarie registrate presso il pluviometro di Rolo nel periodo 2001 - 2020. Infatti, come si evince dall'esame dei topoi, o poligoni di Thiessen, il pluviometro più indicato per l'analisi risulta quello di Rolo, come mostrato seguente immagine (nell'analisi non è stata considerata la stazione pluviometrica di Carpi in quanto le serie storiche registrate da essa risultano brevi per un'analisi idrologica volta alla progettazione delle opere idrauliche).

Figura 4.1 – Topoi delle stazioni pluviometriche





Di seguito si riportano i valori massimi annuali delle altezze di pioggia registrate nel periodo di riferimento dal pluviometro.

Tabella 4 – Valori massimi annuali altezze di pioggia

Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2001	25.2	41.6	55.4	70.8	71.6
2002	46.8	51.2	51.2	51.2	52.2
2003	35.8	55.8	57.4	57.4	57.4
2004	40.8	56.2	67.6	75.2	81.4
2005	16.8	20.8	35.4	39.4	56.4
2006	6.8	13.6	16.2	22.4	24.6
2007	21.4	41.8	58.2	68.0	69.0
2008	20.4	37.0	37.0	37.0	37.4
2009	17.4	33.2	33.6	33.6	33.8
2010	19.6	22.2	25.2	33.8	44.6
2011	28.2	38.8	42.8	43.6	47.8
2012	21.2	26.0	30.2	52.0	53.6
2013	17.0	27.0	43.4	44.0	44.0
2014	19.4	27.6	29.4	43.8	45.0
2015	34.0	63.0	68.0	71.2	71.8
2016	17.6	18.4	28.4	36.4	47.6
2017	25.4	38.0	42.4	42.4	48.0
2018	20.4	31.0	37.4	38.2	39.8
2019	28.6	32.8	33.4	59.8	63.4
2020	28.2	28.2	36.2	42.0	45.0

I dati appena mostrati sono stati utilizzati per l'applicazione di analisi di frequenza statistica, basata sulla metodologia di Weibull per il calcolo dei parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP. Infine è stata applicata la formulazione empirica di Bell al fine di individuare le altezze di pioggia per durate inferiori ai 60 minuti.

Di seguito si riportano le procedure appena introdotte.

### **Metodologia di Weibull**

Il primo passo dell'analisi di frequenza di Weibull è la classificazione dei dati sulle precipitazioni. In questo caso, i dati devono essere ordinati in ordine crescente. Successivamente viene assegnato un numero di serie ( $r$ ) che va da 1 a  $n$  (numero di osservazioni) e deve essere determinata la probabilità cumulata di non superamento di ciascuna delle altezze di pioggia, ossia elaborate sommando le probabilità di accadimento di tutti gli eventi inferiori ad un determinato valore. Poiché queste probabilità sono sconosciute, le probabilità di non superamento devono essere stimate: in questo studio è stato utilizzato a questo scopo il metodo della Plotting Position. Le probabilità saranno le posizioni di tracciamento dei dati di pioggia classificati nel diagramma delle probabilità, come mostrato ad esempio nella tabella seguente.

	1h			3h			6h			12h			24h		
Number	20			20			20			20			20		
n+1	PP	G	Data	PP	G	Data	PP	G	Data	PP	G	Data	PP	G	Data
1	0.048	-1.113	6.8	0.048	-1.113	13.6	0.048	-1.113	16.2	0.048	-1.113	22.4	0.048	-1.113	24.6
2	0.095	-0.855	16.8	0.095	-0.855	18.4	0.095	-0.855	25.2	0.095	-0.855	33.6	0.095	-0.855	33.8
3	0.143	-0.666	17.0	0.143	-0.666	20.8	0.143	-0.666	28.4	0.143	-0.666	33.8	0.143	-0.666	37.4
4	0.190	-0.506	17.4	0.190	-0.506	22.2	0.190	-0.506	29.4	0.190	-0.506	36.4	0.190	-0.506	39.8
5	0.238	-0.361	17.6	0.238	-0.361	26.0	0.238	-0.361	30.2	0.238	-0.361	37.0	0.238	-0.361	44.0
6	0.286	-0.225	19.4	0.286	-0.225	27.0	0.286	-0.225	33.4	0.286	-0.225	38.2	0.286	-0.225	44.6
7	0.333	-0.094	19.6	0.333	-0.094	27.6	0.333	-0.094	33.6	0.333	-0.094	39.4	0.333	-0.094	45.0
8	0.381	0.036	20.4	0.381	0.036	28.2	0.381	0.036	35.4	0.381	0.036	42.0	0.381	0.036	45.0
9	0.429	0.166	20.4	0.429	0.166	31.0	0.429	0.166	36.2	0.429	0.166	42.4	0.429	0.166	47.6
10	0.476	0.298	21.2	0.476	0.298	32.8	0.476	0.298	37.0	0.476	0.298	43.6	0.476	0.298	47.8
11	0.524	0.436	21.4	0.524	0.436	33.2	0.524	0.436	37.4	0.524	0.436	43.8	0.524	0.436	48.0
12	0.571	0.581	25.2	0.571	0.581	37.0	0.571	0.581	42.4	0.571	0.581	44.0	0.571	0.581	52.2
13	0.619	0.735	25.4	0.619	0.735	38.0	0.619	0.735	42.8	0.619	0.735	51.2	0.619	0.735	53.6
14	0.667	0.903	28.2	0.667	0.903	38.8	0.667	0.903	43.4	0.667	0.903	52.0	0.667	0.903	56.4
15	0.714	1.089	28.2	0.714	1.089	41.6	0.714	1.089	51.2	0.714	1.089	57.4	0.714	1.089	57.4
16	0.762	1.302	28.6	0.762	1.302	41.8	0.762	1.302	55.4	0.762	1.302	59.8	0.762	1.302	63.4
17	0.810	1.554	34.0	0.810	1.554	51.2	0.810	1.554	57.4	0.810	1.554	68.0	0.810	1.554	69.0
18	0.857	1.870	35.8	0.857	1.870	55.8	0.857	1.870	58.2	0.857	1.870	70.8	0.857	1.870	71.6
19	0.905	2.302	40.8	0.905	2.302	56.2	0.905	2.302	67.6	0.905	2.302	71.2	0.905	2.302	71.8
20	0.952	3.020	46.8	0.952	3.020	63.0	0.952	3.020	68.0	0.952	3.020	75.2	0.952	3.020	81.4

Applicando una regressione lineare ai valori tabellati si ottengono i parametri della distribuzione di Weibull:

Duration	A = $\beta$	B	$\gamma$
1h	0.115	-2.288	19.979

---

<b>3h</b>	0.081	-2.317	28.721
<b>6h</b>	0.076	-2.624	34.547
<b>12h</b>	0.073	-2.985	40.931
<b>24h</b>	0.076	-3.394	44.808

Utilizzando la formula:

$$h = \gamma - \left(\frac{1}{\beta}\right) \ln \left[ -\ln \left(1 - \frac{1}{T_r}\right) \right]$$

si ottengono le altezze di pioggia per ciascuna durata e tempo di ritorno. Con un'ulteriore regressione e interpolazione logaritmica sui valori delle altezze di pioggia si individuano i valori di  $a$  e  $n$ . Nel caso in esame sono stati utilizzati i dati relativi a registrazioni di 1 ora per l'individuazione dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ai 60 minuti.

I valori di  $a$  ed  $n$  determinati per la pioggia di durata superiore a 1 ora e tempo di ritorno pari a 25 anni sono:

$$a = 51.757$$

$$n = 0.188$$

I valori di  $a$  ed  $n$  determinati per la pioggia di durata superiore a 1 ora e tempo di ritorno pari a 100 anni sono:

$$a = 65.328$$

$$n = 0.176$$

### **Formula di Bell**

La formula empirica di Bell (Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship" – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969) permette di individuare l'altezza di pioggia per durate inferiori ai 60 minuti utilizzando come input l'altezza di pioggia oraria. Bell ha osservato che i rapporti tra le altezze di durata  $\tau$  molto breve ed inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano, difatti tale formula viene utilizzata a livello globale.

La formula risulta essere:

$$\frac{h_{\tau,TR}}{h_{60,TR}} = 0.54 \tau^{0.25} - 0.50$$

Considerando la pioggia oraria di riferimento con tempo di ritorno pari a 25 anni risultante dall'analisi di frequenza statistica di Weibull, ossia **51.757 mm** e applicando la formula di Bell sono state quindi calcolate le altezze di pioggia per durate da 5 a 60 minuti, riportate in seguito in forma tabellare:

<b>durata</b>	<b>h</b>
<b>[min]</b>	<b>[mm]</b>
5	15.92
10	23.82
15	29.13
20	33.23
25	36.62
30	39.53
35	42.10
40	44.41
45	46.51
50	48.44
55	50.24
60	51.91

Di questi valori è stata eseguita una regressione lineare su una scala logaritmica, al fine di individuare i parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP per durate inferiori all'ora per un tempo di ritorno di 25 anni, che risultano essere:

$$a = 53.563$$

$$n = 0.464$$

Considerando la pioggia oraria di riferimento con tempo di ritorno pari a 10 anni risultante dall'analisi di frequenza statistica di Weibull, ossia **65.328 mm** e applicando la formula di Bell sono state quindi calcolate le altezze di pioggia per durate da 5 a 60 minuti, riportate in seguito in forma tabellare:

<b>durata</b>	<b>h</b>
<b>[min]</b>	<b>[mm]</b>
5	20.09
10	30.07
15	36.76
20	41.94
25	46.22
30	49.90
35	53.14
40	56.05
45	58.70
50	61.14
55	63.41
60	65.52

Di questi valori è stata eseguita una regressione lineare su una scala logaritmica, al fine di individuare i parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP per durate inferiori all'ora per un tempo di ritorno di 100 anni, che risultano essere:

$$a = 67.603$$

**n = 0.464**

In conclusione, dalle suddette valutazioni è chiaro che i valori risultanti dalla formula di Bell sono i più cautelativi e di conseguenza verranno presi a riferimento per il dimensionamento delle opere in progetto.

### **4.3 OPERE PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

Lo smaltimento delle acque di piattaforma avviene secondo un sistema di drenaggio di tipo “chiuso” mediante il collettamento e trattamento delle acque meteoriche in collettori ed impianti dedicati.

Il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma è composto da:

- Caditoie di raccolta delle acque di piattaforma collocate ad interasse compreso tra 10 m e 30 m;
- Collettori che raccolgono l'acqua intercettata dalle caditoie e la convogliano alle vasche di trattamento. I collettori corrono sotto la piattaforma stradale, parallelamente ad essa. In corrispondenza dell'impianto, i collettori escono dalla piattaforma al piede del rilevato, ad una quota idraulicamente compatibile con il corretto funzionamento a gravità dell'impianto e del rilascio al recapito;
- Impianti di trattamento per acque di prima pioggia che prevedono i trattamenti di dissabbiatura e disoleatura.

Gli impianti di trattamento sono composti da vasche monoblocco all'interno delle quali si susseguono:

- Camera di ripartizione dotata di due sfioratori, che separa l'acqua di prima pioggia dall'acqua di seconda pioggia;
- Vasca di sedimentazione per la dissabbiatura a gravità delle acque di prima pioggia;
- Vasca di disoleazione primaria a flottazione statica;
- Pozzetto di confluenza e prelievo campioni.

#### **4.3.1 Determinazione dell'interasse delle caditoie**

Il dimensionamento dell'interasse da assegnare alle caditoie, viene determinato imponendo che a fronte di uno scroscio di pioggia con tempo di ritorno di 25 anni, la vena liquida sia contenuta in ogni caso entro la sola banchina, di larghezza 1,50 m, in modo che non si crei sulla corsia di scorrimento un velo idrico che potrebbe indurre a fenomeni di acquaplaning.

L'interasse B [m] degli imbocchi delle caditoie è valutato con la seguente formula:

$$B = \frac{Q_{\max}}{q_0}$$



dove  $q_0$  [l/s] è la massima portata convogliabile dal margine della pavimentazione, calcolata col metodo razionale, assumendo un tempo di corrivazione di 5 minuti e un coefficiente di deflusso pari a 0.9, mentre  $Q_{\max}$  [l/s] è la massima portata convogliabile dal margine della pavimentazione. La portata smaltita al margine della pavimentazione può essere calcolata nell'ipotesi di moto uniforme con la formula di Chézy:

$$Q = K_s A R^{2/3} s_L^{1/2}$$

dove:

- $K_s$  [ $m^{1/3}/s$ ] è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, assunto pari a 70,
- $A$  [ $m^2$ ] è l'area bagnata della sezione liquida,
- $R$  [ $m$ ] è il raggio idraulico corrispondente,
- $s_L$  [ $m/m$ ] è la pendenza longitudinale della strada.

I valori di interasse B calcolati sono stati discretizzati in 10 e 30 m con un interasse minimo di 10 m nei tratti a bassissima pendenza. L'interasse massimo è fissato pari a 30 m per tutto il tracciato.

Ogni caditoia è provvista di un pozzetto di raccolta e di ispezione dei collettori.

I risultati dei calcoli delle tubazioni sono riportati nell'Allegato A alla presente relazione.

### 4.3.2 Dimensionamento dei collettori

I collettori sono stati dimensionati confrontando la portata di progetto con la portata massima smaltibile dalle tubazioni. Le tubazioni previste sono di tipo in polietilene ad alta densità, corrugate esternamente e lisce all'interno, di categoria SN 8 kg/mq.

TIPOLOGICO RETE DI DRENAGGIO - SEZ. ASSE PRINCIPALE  
scala 1:50

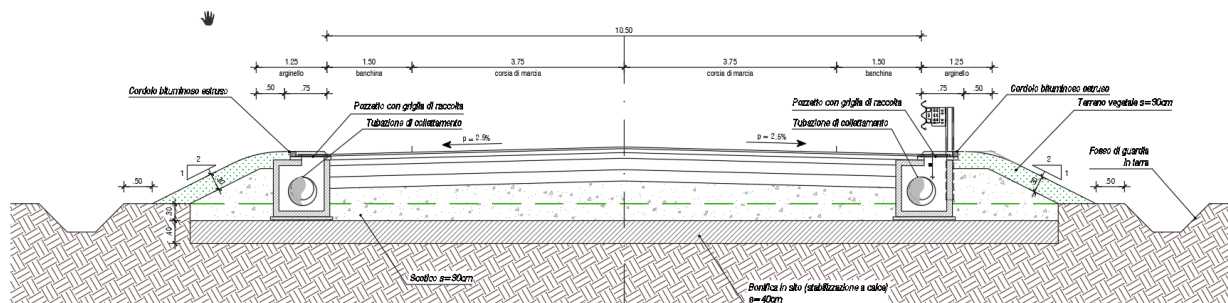


Figura 4.2 – Sezione tipo – idraulica di piattaforma

La carreggiata di progetto ha una superficie pavimentata di 10.50 m, con pendenza longitudinale e trasversale variabile. La portata per unità di lunghezza scolante dalla carreggiata è stata calcolata in ogni sezione stradale e ne è

stata calcolata la cumulata per ogni tratto elementare in cui si mantengono costanti le caratteristiche geometriche (pendenza longitudinale, trasversale).

La portata di deflusso della piattaforma stradale è stata calcolata con il metodo cinematico, ad ogni intervallo tra due sezioni stradali, con la seguente formula:

$$Q = \frac{C A h}{t}$$

dove:

- C = coefficiente di deflusso, assunto pari a 0.9 per la piattaforma stradale e 0.3 per le scarpate in terra
- A = superficie drenante
- h = altezza di pioggia, calcolata come  $at^n$
- t = tempo di corrivazione

Secondo il metodo cinematico, le condizioni critiche si verificano quando il tempo di pioggia t risulta pari al tempo di corrivazione  $T_c$ . La durata di pioggia critica per il generico bacino è stata determinata con la seguente formula:

$$T_c = T_e + T_p$$

Dove  $T_c$  è la durata critica di pioggia;  $T_e$  è il “tempo di afflusso o di entrata” in rete, ossia il tempo massimo necessario alle gocce di pioggia per raggiungere la rete di drenaggio dal punto di caduta (il “tempo di entrata” è funzione generalmente della densità della rete di drenaggio e della natura delle superfici scolanti); infine  $T_p$  è il “tempo di traslazione” lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo (“asta principale”). Il tempo di traslazione  $T_p$  alla generica sezione può essere valutato con la seguente relazione:

$$T_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}$$

dove:

- N = numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;
- $l_i$  = lunghezza del tronco i-esimo;
- $v_i$  = velocità del tronco i-esimo.

Il valore del tempo di afflusso  $T_e$  valutato con le formule generalmente proposte in letteratura risulta molto piccolo (2-3 minuti). Per tale motivo, in questo caso, al fine di non giungere ad un dimensionamento eccessivamente cautelativo della rete di drenaggio, verrà considerato un tempo di afflusso pari a 5 minuti. Dipendentemente dal tratto interessato alla progettazione, la superficie drenante è pari alla distanza tra due sezioni stradali per la larghezza dell'intera piattaforma nei tratti in rettilineo o per la larghezza di metà piattaforma nei tratti in curva.

$$Q = k_s A R^{\frac{2}{3}} S_L^{\frac{1}{2}}$$

- $k_s$  [ $m^{1/3}/s$ ] è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, assunto pari a 90,
- $A$  [ $m^2$ ] è l'area bagnata della sezione della tubazione,
- $R$  [ $m$ ] è il raggio idraulico corrispondente,
- $s_L$  [ $m/m$ ] è la pendenza longitudinale della livelletta stradale.

#### 4.3.3 Dimensionamento impianti per il trattamento delle acque di prima pioggia

Le principali sostanze inquinanti legate al traffico derivano dall'abrasione del manto stradale, del consumo delle gomme, dei ferodi dei freni, da perdite di liquidi, da emissioni di combustioni, da perdite di merci trasportate, da immondizie e materiali di varia natura gettati sul manto stradale e trasportate, in occasione degli eventi meteorici, in sospensione o soluzione direttamente al recapito finale. Studi scientifici sulla qualità delle acque di prima pioggia hanno chiaramente mostrato l'elevato carico inquinante che tali acque contengono e che trasferiscono ai corpi idrici superficiali se non opportunamente trattate.

- *DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE 14 febbraio 2005, n. 286 (Direttiva concernente indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne (art. 39, DLgs 11 maggio 1999, n. 152)*
- *DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE 18 dicembre 2006, n. 1860 (Linee guida di indirizzo per la gestione acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione della deliberazione G.R. n. 286 del 14/2/2005)*

Il progetto prevede il trattamento delle acque di prima pioggia lungo tutto il tracciato della nuova viabilità in progetto. L'acqua raccolta dai collettori che corrono sotto la piattaforma stradale è convogliata agli impianti di trattamento collocati in adiacenza alla strada e in prossimità di un ricettore finale adeguato.

Sono previsti 3 impianti di prima pioggia con pozzetto by-pass, ciascuno di essi preposto al trattamento dell'acqua proveniente da un tratto di piattaforma stradale, come mostrato nelle tavole delle planimetrie idrauliche. Il sistema funziona in continuo senza la necessità di opere elettromeccaniche per tutto il tempo necessario fino all'esaurimento dell'evento meteorico.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato grafico relativo ai particolari delle opere idrauliche.

La distanza tra due impianti deve essere sufficientemente grande da limitare il numero di impianti e sufficientemente ridotta da consentire il trattamento di tutta l'acqua di prima pioggia. Per soddisfare questo secondo requisito, occorre verificare che il tempo di invaso di una particella di acqua meteorica che cade sulla sezione stradale più lontana tra quelle di competenza dell'impianto, raggiunga lo stesso entro 15 min, che rappresenta la durata convenzionale dell'evento meteorico che definisce l'acqua di prima pioggia.

Secondo la Delibera della Giunta Regionale 18 dicembre 2006, n. 1860 "Linee guida di indirizzo per la gestione acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione della deliberazione G.R. n. 286 del 14/2/2005" le acque di prima pioggia sono definite come la precipitazione di **cinque millimetri** uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Ai fini del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in **quindici minuti**. I coefficienti di deflusso si assumono pari ad 1 per le superficie coperte, lastricate od impermeabilizzate ed a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici agricole e coltivate. Si considerano eventi meteorici distinti quelli che si succedono a distanza di 72 ore.

Tale definizione di prima pioggia si traduce nella necessità di trattamento in continuo di 20 mm/h di pioggia che risulta essere inferiore alla portata meteorica relativa ad un evento con tempo di ritorno 25 anni, adottata per il dimensionamento dei collettori di raccolta delle acque di piattaforma.

La portata Qsed affluente alla vasca da trattare è data da:

$$Q_{sed} = i \cdot S / 1000 \quad [\text{mc/s}]$$

dove:

- i: intensità di pioggia espressa in l/s, pari a 0.0056 l/s (corrispondente a 20mm/h);
- S: area drenata afferente alla vasca espressa in mq;

La dimensione della vasca (Vtot) si ottiene sommando il volume di prima pioggia (Vpp) al volume di sedimentazione (Vsed) come segue:

$$V_{pp} = S \times H_{pp} / 1000$$

dove:

- Hpp: altezza di prima pioggia espressa in mm, pari a 5 mm.

$$V_{sed} = Q_{sed} \cdot C_f$$

dove Cf è il coefficiente della quantità di fango, che nel caso in esame si assume pari a 100, desumibile dalla tabella:

Tabella 5 – Coefficiente della quantità di fango

Tipologia della lavorazione		Coefficiente $C_f$
Ridotta	Tutte le aree di raccolta dell'acqua piovana in cui sono presenti piccole quantità di limo prodotto dal traffico o similari, vale a dire bacini di raccolta in aree di stoccaggio carburante e stazioni di rifornimento coperte.	100
Media	Stazioni di rifornimento, autolavaggi manuali, lavaggio di componenti, aree di lavaggio bus.	200
Elevata	Impianti di lavaggio per veicoli da cantiere, macchine da cantiere, aree di lavaggio autocarri, autolavaggi self-service.	300

Dunque il dimensionamento del volume di progetto (Vtot) delle 3 vasche e le rispettive portate nominali di progetto vengono riportate nella seguente tabella:

	i [mm/h]	S [m]	Cf [-]	Hpp [mm]	Vpp [mc]	Vsed [mc]	Vtot [mc]	Qpp di calcolo [l/s]	Qpp impianto [l/s]
lpp01	20	5680.5	100	5	28.4	3.2	31.6	31.6	50
lpp02	20	16705.5	100	5	83.5	9.3	92.8	92.8	100
lpp03	20	1806	100	5	9.0	1.0	10.0	10.0	20

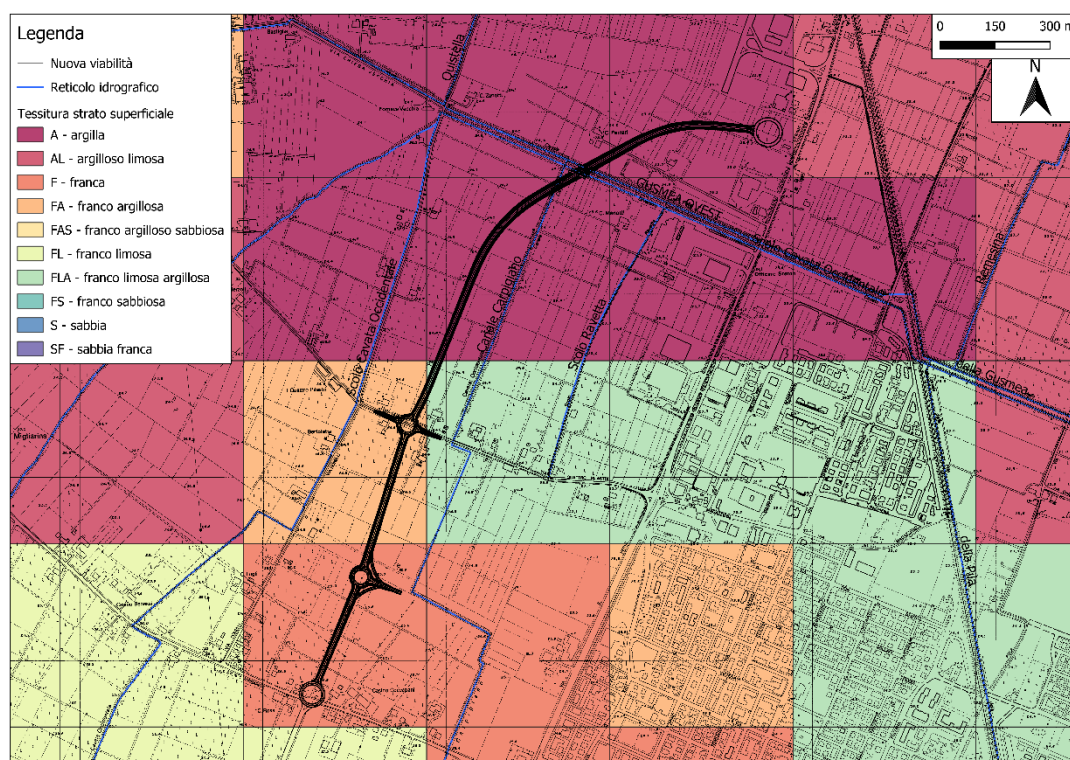


#### 4.3.4 Laminazione delle acque di drenaggio della piattaforma

Il progetto prevede la realizzazione di fossi trapezoidali per la laminazione. La scelta è dettata dalle seguenti condizioni:

1. la mancanza di un corpo idrico recettore con dimensioni adeguate a drenare in maniera diretta le portate in arrivo dalla rete di drenaggio delle acque meteoriche di piattaforma;
2. l'orografia del territorio, sostanzialmente pianeggiante, che impone limiti stringenti alle dimensioni dei sistemi di laminazione per poter convogliare a gravità le acque di piattaforma;
3. la litologia del territorio circostante che, come si può osservare dalla seguente mappa (estratto della "Carta della tessitura dei suoli della pianura emiliano-romagnola strato 0-30 cm"), non permette, in questa fase progettuale, di considerare la possibilità di utilizzare sistemi di laminazione del tipo a dispersione dato che il territorio per la realizzazione della nuova viabilità è prevalentemente caratterizzato dalla presenza di uno strato argilloso con una bassa capacità di filtrazione.

Figura 4.4 – Tessitura dello strato superficiale del territorio



Come precedentemente detto, il fosso sarà realizzato in modo tale da contenere un volume necessario a laminare le portate in arrivo dal sistema di drenaggio delle acque meteoriche di piattaforma, con un tempo di ritorno di 100 anni, con la possibilità di scaricare una portata massima uscente verso i recapiti finali fino a 20 l/s per ogni ettaro di superficie drenata (salvo casi specifici per i quali può rendersi necessario un limite di scarico inferiore o nullo).

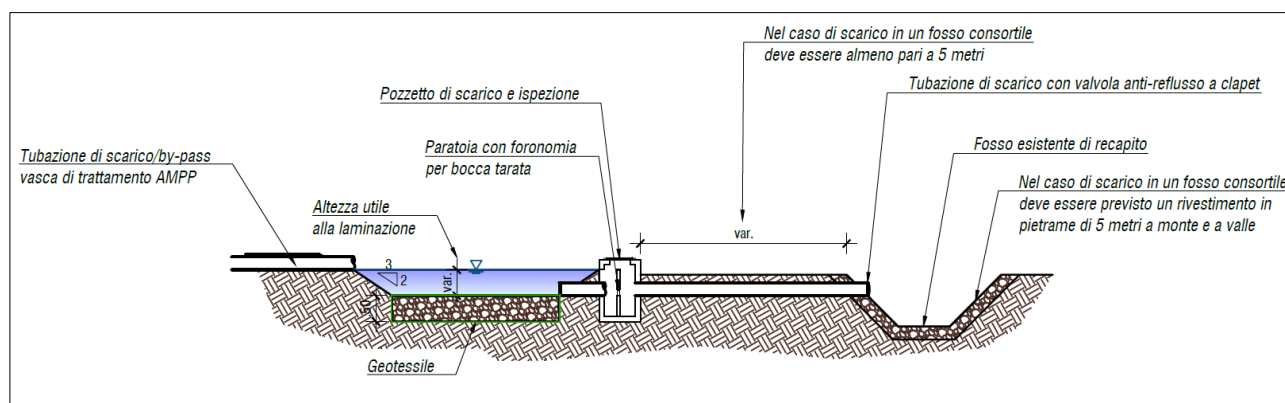


Figura 4.5 – Sezione tipo fosso di laminazione

Da un punto di vista esclusivamente ambientale, si prevede comunque la realizzazione di un pacchetto drenante al di sotto della base minore del fosso, al fine di far filtrare al suo interno le acque di piattaforma generate da eventi di pioggia modesti in modo tale da non avere zone di ristagno di acqua per tali eventi. Si precisa che tale volume non contribuirà alla capacità laminante del sistema.

Per il calcolo della bocca tarata necessaria a garantire il rilascio di una portata prefissata in uscita dal sistema di laminazione si è fatto ricorso alla formulazione fornita dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale.

I paragrafi seguenti mostrano i dimensionamenti dei fossi per la laminazione e delle rispettive tubazioni di scarico.

## **DIMENSIONAMENTO DEL FOSSO**

Il progetto del fosso per la laminazione è legato alla determinazione della capacità d'invaso  $W_m$ , in funzione della portata massima accettabile all'uscita  $Q_{u,max}$ , atta a contenere il più critico evento meteorico di assegnato tempo di ritorno.

Le equazioni che permettono di descrivere il fenomeno della laminazione e quindi il funzionamento idraulico del sistema di laminazione sono le seguenti.

Equazione differenziale di continuità della vasca:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = dW(t) / dt$$

in cui:

- $Q_e(t)$  è la portata, nota o predeterminata, in ingresso al sistema all'istante generico (t); essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalla rete di drenaggio a monte della vasca stessa;

- $Q_u(t)$  è la portata in uscita dal fosso; essa è, in generale, variabile nel tempo e dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dalla vasca (bocche a battente fisse o regolabili, sfioratori a stramazzo fissi o regolabili, sollevamento meccanico);
- $W(t)$  è il volume invasato nel fosso all'istante  $t$ ;

La relazione funzionale tra il volume invasato e il livello idrico  $h$  nell'invaso;

$$W(t) = W(h(t))$$

dipende esclusivamente dalla geometria del fosso.

La legge d'efflusso che governa l'uscita dal sistema:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

dipende dal dispositivo idraulico che si utilizza per regolare la portata in uscita.

Nel caso in esame il volume di acqua entrante nel fosso per effetto di una pioggia di durata  $t$  risulta:

$$W_e = S \cdot \phi \cdot a \cdot t^n$$

dove  $\phi$  è il coefficiente di afflusso della piattaforma drenata, assunto pari a 0.9.

Nello stesso tempo il volume in uscita sarà:

$$W_u = Q_u \cdot t$$

Il volume invasato sarà dunque:

$$W = W_e - W_u = S \cdot \phi \cdot a \cdot t^n - Q_u \cdot t$$

Il volume da assegnare al fosso è il valore massimo  $W_m$  di questo volume che si ottiene per una precipitazione di durata critica  $t_{cr}$  per il sistema di laminazione. Per la determinazione della durata  $t_{cr}$ , è stato calcolato il valore del volume  $W$ , per varie durate di pioggia affinché sia massimizzato tale volume.

Per tale stima sono state assunte le curve di possibilità pluviometrica, riferite come detto ad un tempo di ritorno 100 anni e facendo riferimento ai parametri delle LSPP calcolati con la metodologia di Weibull, come descritto nel precedente capitolo.

Il progetto prevede la realizzazione di 3 fossi trapezoidali per la laminazione a valle delle altrettante vasche di trattamento delle acque di prima pioggia.

	Area drenata	Portata limite di scarico	Volume da laminare	Profondità fosso per laminazione	Volume laminato	Ulteriore pacchetto filtrante	Portata in uscita	Diametro bocca tarata
	[mq]	[l/s]	[mc]	[m]	[mc]	[m]	[l/s]	[mm]
F01	5649	20	303	0.55 ÷ 1	591	0.5	11.7	90
F02	16706	20	890	0.5 ÷ 0.8	996	0.5	33.4	160
F03	1806	20	96	0.8	154	0.5	3.6	70

Nel paragrafo successivo è riportato il calcolo degli scarichi a bocca tarata, parametro indispensabile al dimensionamento volumetrico del sistema di laminazione.

### **DIMENSIONAMENTO DEGLI SCARICHI A BOCCA TARATA**

Per il calcolo della bocca tarata in uscita dal fosso per la laminazione, al fine di garantire la portata imposta dalle prescrizioni del Consorzio di Bonifica, si fa riferimento alla formulazione desumibile dal Modulo\_cbec 10-bis dello stesso Ente.

La formula risulta essere:

$$D = \sqrt{\frac{4 Q}{\alpha \pi \sqrt{2 g \Delta h}}}$$

dove:

Q = portata in uscita

$\alpha$  = coefficiente di perdita, posto pari a 0.6

$\Delta h$  = carico idraulico disponibile calcolato come differenza tra il livello massimo della vasca in progetto e il tirante idrico sul fosso in uscita (ipotizzato pari a 2/3 della sua altezza utile da fondo a ciglio).

Le portate in uscita dai fossi per la laminazione sono state scelte in funzione delle dimensioni e delle caratteristiche del recapito.

- Fosso F01: il recapito è previsto all'interno della Deviazione Fossa Nuova, sottoattraversando il Canale Gusmea Ovest. Si è scelto di dimensionare la bocca tarata considerando il limite allo scarico di 20 l/s/ha (corrispondenti a 11.46 l/s di area drenata afferente);
- Fosso F02: il recapito è previsto all'interno della Deviazione Fossa Nuova. Si è scelto di dimensionare la bocca tarata considerando il limite allo scarico di 20 l/s/ha (corrispondenti a 33.4 l/s di area drenata afferente);

- Fosso F03: il recapito è previsto all'interno della fognatura pubblica meteorica presente in Via Guastalla. Si è scelto di dimensionare la bocca tarata considerando il limite allo scarico di 20 l/s/ha (corrispondenti a 3.6 l/s di area drenata afferente);

Di seguito si riporta in forma tabellare i risultati del dimensionamento delle tubazioni di scarico.

	<b>Portata limite di scarico</b>	<b><math>\Delta h</math></b>	<b>D calcolato</b>	<b>D progetto</b>
	<b>[l/s*ha]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[mm]</b>
F01	20 (11.4 l/s)	0.67	0.08	90
F02	20 (33.4 l/s)	0.53	0.15	160
F03	20 (3.6 l/s)	0.53	0.05	70

Per ulteriori approfondimenti si rimanda agli elaborati grafici.

#### 4.4 OPERE PER LA RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE COL RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE

L'area interessata dall'opera in progetto è pianeggiante caratterizzata dalla presenza di alcune intersezioni col reticolo di bonifica. L'uso del suolo in questa area è prevalentemente agricolo, con la presenza molto estesa di campi coltivati. Il consorzio di bonifica cui fa capo il reticolo idrografico interessato dal nuovo asse stradale è il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (CBEC).

Si riporta di seguito un'immagine che rappresenta i canali gestiti dal consorzio presenti nell'area interessata dal progetto del nuovo asse stradale.

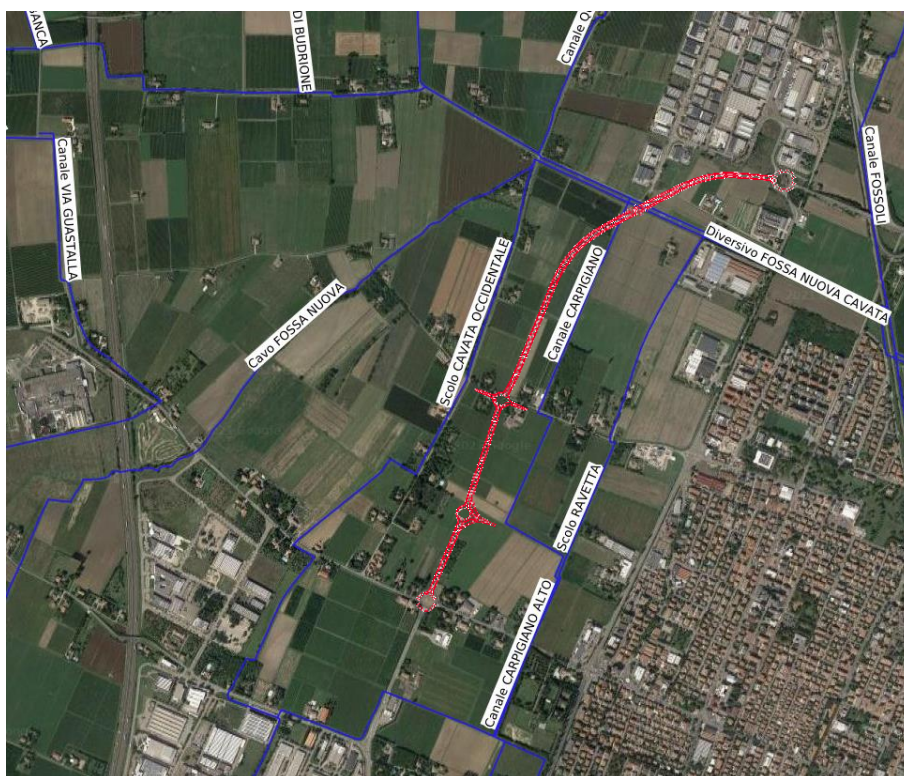


Figura 4.6 – Stralcio del reticolo idrografico in capo al CdB dell'Emilia Centrale interessato dal nuovo asse stradale

Come si può osservare, le principali interferenze idrauliche con i corsi d'acqua codificati e in capo al Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, sono 3:

- 1) corso d'acqua primario - Deviazione Fossa Nuova-Cavata;
- 2) corso d'acqua irriguo - Canale Gusmea Ovest;
- 3) linea d'acqua secondaria - Canale Carpigiano.

A queste 3 interferenze si aggiungono ulteriori 9 interferenze con altre linee d'acqua minori, ossia fossi e scoline non censite ma presenti e interferenti con l'asse stradale, delle quali occorre assicurare la continuità idraulica nella



condizione post operam; per ciascuna interferenza riscontrata è stata definita una misura di gestione/risoluzione della stessa.

È stata inoltre prestata cura a dare continuità anche a tutta la rete capillare di scolo, comprensiva di fossi stradali e interpoderali, la cui funzionalità contribuisce al mantenimento della corretta regimazione dei canali consortili.

A tal scopo si riportano due tabelle riassuntive delle interferenze con il reticolo idrografico secondario di pertinenza del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale e le linee d'acqua minori (la risoluzione delle interferenze con la Deviazione Fossa Nuova–Cavata ed il Canale Gusmea saranno trattate con maggior dettaglio nei successivi paragrafi).

La prima tabella descrive la geometria e la portata smaltita dalla specifica sezione dei fossi allo stato attuale, mentre la seconda tabella descrive la soluzione adottata e la portata smaltibile dalla sezione di progetto per la risoluzione dell'interferenza.

<b>Id</b>	<b>Asse stradale</b>	<b>Progressiva</b>	<b>Note</b>	<b>A [mq]</b>	<b>P [m]</b>	<b>ks [mm<sup>1/3</sup>/s]</b>	<b>i [m/m]</b>	<b>Q [m<sup>3</sup>/s]</b>
TS01	Tang. t1	0+25		0.62	2.41	35	0.001	0.28
TS02	Tang. t1	0+570	Allaccio a tubo esistente DN400					
TS03	Tang. t1	0+581	Allaccio a condotta irrigua DN300				0.003	0.22
TS04	Tang. t1	0+593	Allaccio a tubo esistente DN400					
TS05	Tang. t1	0+1050						
TS06	Tang. t2	0		0.62	2.29	35	0.001	0.29
TS07	Tang. t3	0		1.42	3.55	35	0.001	0.85
TS08	Tang. t3	0+120		0.10	1.07	35	0.001	0.02
TS09	Ciclabile	0+370		0.75	3.00	35	0.001	0.33
TS10	Ciclabile	0+526		0.75	2.41	35	0.001	0.38

<b>Id</b>	<b>Forma</b>	<b>Materiale</b>	<b>DN/BxH [mm]</b>	<b>ks [mm<sup>1/3</sup>/s]</b>	<b>i [m/m]</b>	<b>V [m/s]</b>	<b>Qp [mc/s]</b>	<b>Note</b>
TS01	scatolare	cls	1000x1000	75	0.001	0.87	0.28	Fosso minore (passaggio fauna)
TS02	circolare	cls	600					Fosso secondario
TS03	circolare	cls	800	75	0.003	1.24	0.22	Fosso irriguo
TS04	circolare	cls	600					Fosso secondario
TS05	scatolare	cls	1000x1000					Fosso minore (passaggio fauna)
TS06	circolare	cls	800	75	0.001	0.88	0.29	Fosso minore
TS07	scatolare	cls	1000x1000	75	0.001	1.08	0.85	Fosso minore (passaggio fauna)
TS08	circolare	cls	800	75	0.001	0.44	0.02	Fosso minore
TS09	circolare	cls	800	75	0.001	0.90	0.33	Fosso minore
TS10	circolare	cls	800	75	0.001	0.92	0.38	Fosso minore

Le sezioni di progetto scelte sono tubazioni circolari in cls tali da garantire lo smaltimento della portata che transita nei fossi (o tubazioni) allo stato attuale, considerando una condizione di moto uniforme e una portata di progetto  $Q_p$  pari a quella massima smaltibile a sezione piena dal fosso interessato  $Q$ . Si precisa che:

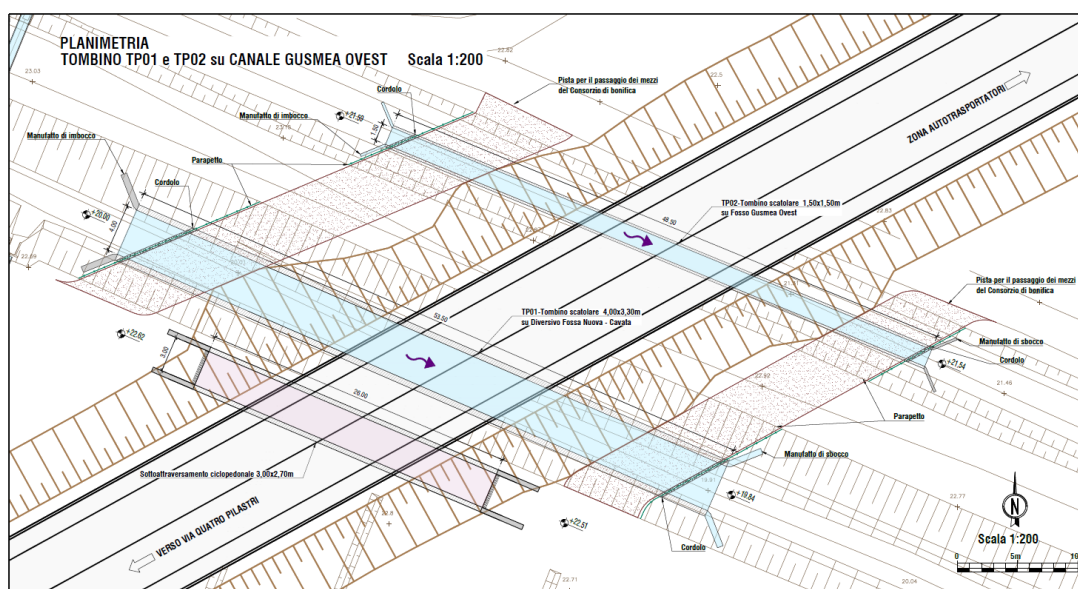
- i tombini TS02 e TS04, sono tubazioni di raccordo agli attuali tombini esistenti;
- il tombino TS03, essendo esclusivamente a scopo irriguo, è una tubazione dimensionata considerando un valore della portata di progetto pari a 0.22 mc/s, valore fornito dal Consorzio di Bonifica necessario a garantire la dotazione idrica desiderata dall'Ente;
- i tombini TS01 e TS07, assolvono anche alla funzione di attraversamento faunistico;
- il tombino TS05, è una tubazione a scopo esclusivamente di attraversamento faunistico.

## 4.5 ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DELLA DEVIAZIONE FOSSA NUOVA - CAVATA

### 4.5.1 Stima della portata massima

La Deviazione Fossa Nuova - Cavata transita all'interno dell'area di progetto, come mostrato nella seguente figura, interferendo con il nuovo asse stradale (Tangenziale tratto 1) in corrispondenza della sezione numero 1-21 alla progressiva 0+510.

Figura 4.7 – Estratto della tavola “Scatolari su Deviazione Fossa Nuova e Canale Gusmea Ovest”



Al fine di garantire il transito delle acque e la sicurezza idraulica del manufatto, si prevede l'inserimento di un tombino idraulico (culvert) composto da uno scatolare in cls di sezione 4.00 m x 3.20 m (luce di calcolo 4.00 m x 3.00 m), lungo 53.5 m e con pendenza pari a 0.1%, corrispondente alla pendenza del fosso nel tratto di interesse.

L'analisi idrologica per la stima della portata affluente alla base della scelta progettuale suddetta è stata condotta considerando i seguenti parametri morfologici (concordati con il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale):

- $A$ : area del bacino a monte del manufatto, pari a 21.35 kmq;
- $L$ : massima distanza da cui provengono le acque, pari a 14.449 km;
- $i$ : pendenza media del bacino, pari a 0.001156 m/m;
- $t_c$ : tempo di corrivazione, stimato con la formula di Pasini,

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i}} = 21.46 \text{ ore}$$

- $t_p$ : tempo di pioggia assunto, pari al tempo di corrivazione  $t_c$ ;
- $K_I$ : coefficiente di afflusso (stimato per il mese di Novembre), pari a 0.49;
- $C$ : coefficiente di piena, pari a 1.

Definita l'altezza di pioggia totale  $h$  caduta nel tempo  $t_p$ , stimata con la formula di Gumbel, pari a:

$$h = a \cdot t_p^n = 126.67 \text{ mm}$$

con i parametri  $a$  e  $n$  presi della curva di possibilità pluviometria del AdB Po (Tabella 1), la portata massima che deve essere smaltita dalla generica sezione, stimata con la formula di Turazza ed in riferimento ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, risulta essere pari a:

$$Q_{max} = \frac{A \cdot h \cdot K_I \cdot C}{t_p + t_c} = 8.58 \text{ mc/s}$$

#### 4.5.2 Modellazione idraulica

La modellazione idraulica per la verifica del tombino idraulico in progetto è stata condotta mediante il software HEC-RAS 5.0.5 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE) utilizzando uno schema di calcolo a moto vario monodimensionale.

A seguire si riporta una breve descrizione del modello matematico di HEC-RAS per il moto vario monodimensionale, rimandando direttamente ai manuali del software per maggiori dettagli.

##### **Modello matematico a moto vario monodimensionale**

La forma delle equazioni del moto vario (o equazioni di De Saint Venant) utilizzate in HEC-RAS è la seguente:

Equazione di continuità:

$$\frac{(\partial A)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi \cdot Q))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial[(1 - \Phi) \cdot Q])}{(\partial x_f)} = 0$$

Equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{(\partial Q)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial((1 - \Phi)^2 Q^2 / A_f))}{(\partial x_f)} + g A_c \left[ \frac{(\partial Z)}{(\partial x_c)} + S_{fc} \right] + g A_f \left[ \frac{(\partial Z)}{(\partial x_f)} + S_{ff} \right] = 0$$

con:

$$Q_c = \Phi \cdot Q; \quad \Phi = (K_c) / (K_c + K_f)$$

I pedici *c* ed *f* si riferiscono rispettivamente al *main channel* (alveo centrale) ed alle *floodplain* (aree golenali), *Q* rappresenta la portata, *g* l'accelerazione di gravità, *x* l'ascissa, *t* il tempo, *K* la *conveyance* (o fattore di trasporto) della sezione, *Z* la quota del pelo libero (somma della quota di fondo *z* e dell'altezza liquida *y*), *A* l'area liquida, *S<sub>f</sub>* la pendenza della linea dell'energia.

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come *box scheme*. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di *N* equazioni in *N* incognite, con *N* pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo *skyline*, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

Nel caso di corrente mista lenta o veloce HEC-RAS utilizza la tecnica LPI "*Local Partial Inertia*", mediante la quale si passa gradualmente dalla soluzione delle equazioni complete del moto alla soluzione del modello parabolico delle equazioni del moto vario. Il modello parabolico viene applicato dal programma soltanto nei tratti di corso d'acqua in cui si ha un numero di Froude maggiore di un valore soglia definibile dall'utente (generalmente si assume *Fr*=1, corrispondente al passaggio della corrente attraverso lo stato critico). Il modello matematico riesce così a garantire una buona stabilità di calcolo anche nei tratti interessati da corrente veloce o mista, pur mantenendo un'adeguata accuratezza di calcolo.

Per ulteriori dettagli sulle equazioni e gli algoritmi di calcolo si rimanda alla manualistica di HEC-RAS ed in particolare all'*Hydraulic Reference Manual*.

### **Caratteristiche geometriche del modello idraulico**

La geometria per la definizione del modello monodimensionale è stata sviluppata come segue:

- Sezioni idrauliche del canale di bonifica, ricavate da un apposito rilievo topografico, modellati mediante elementi *Cross Section*;
- Inserimento del tombino idraulico (culvert) di progetto modellato mediante l'elemento *Bridge e Culvert*.

### **Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata**

I coefficienti di scabrezza  $n$  di Manning adottati nel presente studio sono stati così impostati:

- Superficie posta tra le teste di sponda del canale di bonifica nell'elemento *Cross Section* pari a 0.03;
- Tratto tombato (culvert) pari a 0.014.

I valori dei coefficienti di perdita concentrata per il tratto tombato sono stati impostati pari a 0.5 (entrance loss coefficient) e 1 (exit loss coefficient).

### **Condizioni al contorno**

Le condizioni al contorno sono state impostate così come segue:

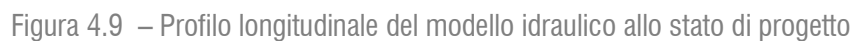
- Condizioni al contorno di monte: idrogramma (costante) di valore pari a 8.58 mc/s, come ricavato in precedenza, relativo allo scenario con tempo di ritorno pari a 200 anni per la durata critica del bacino a monte della sezione di chiusura considerata in corrispondenza dell'inizio del culvert.
- Condizione al contorno di valle: pendenza pari a 0.1% impostata come condizione *Normal Depth*, ossia la pendenza media del fosso di bonifica nel tratto modellato.

### **Verifica del tombino idraulico**

Ai sensi della circolare applicativa della NTC 2018, la verifica è stata condotta rispettando il criterio che il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione (66%), garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m.

Di seguito si riportano il profilo longitudinale allo stato attuale ed il profilo e la sezione idraulica allo stato di progetto con l'inserimento dell'elemento *Bridge e Culvert*, corrispondente al tombino idraulico da realizzare.





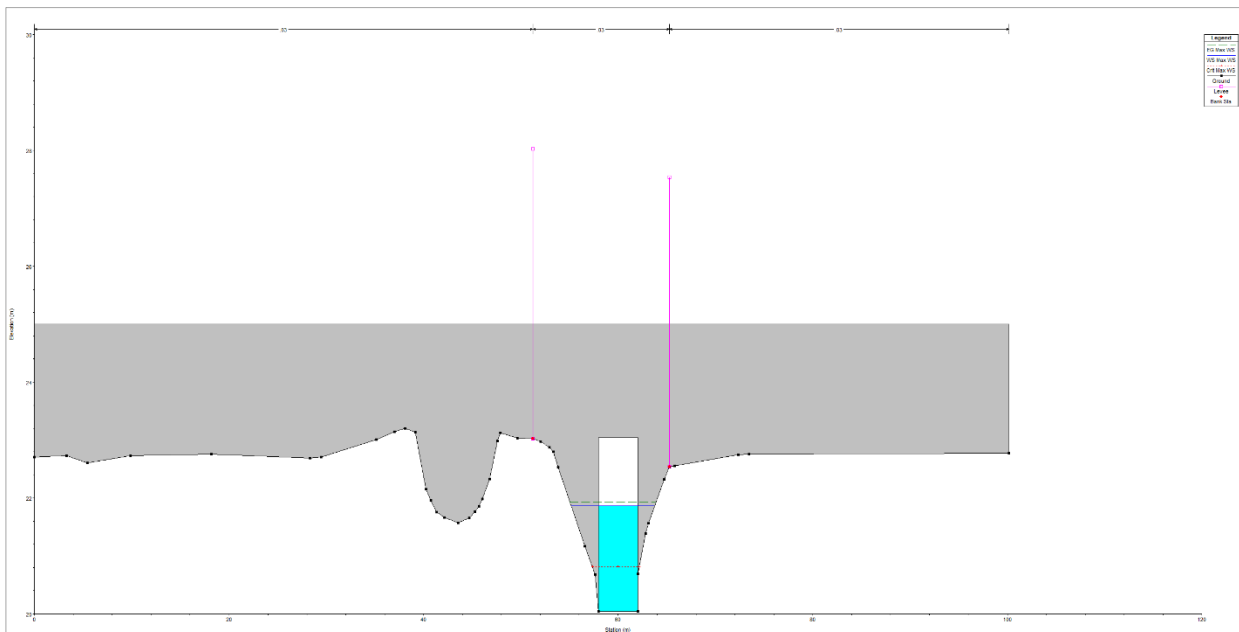


Figura 4.10 – Sezione idraulica di progetto in corrispondenza del tombino idraulico

La quota di scorrimento nella sezione d'ingresso del tombino è pari a 20.04 m slm. La quota del pelo libero per il tempo di ritorno duecentennale è pari a 21.94 m slm, mentre la quota dell'intradosso del tombino idraulico è 23.04 m slm. La compatibilità idraulica dell'opera in esame è verificata, essendo il grado di riempimento  $GR$  pari a:

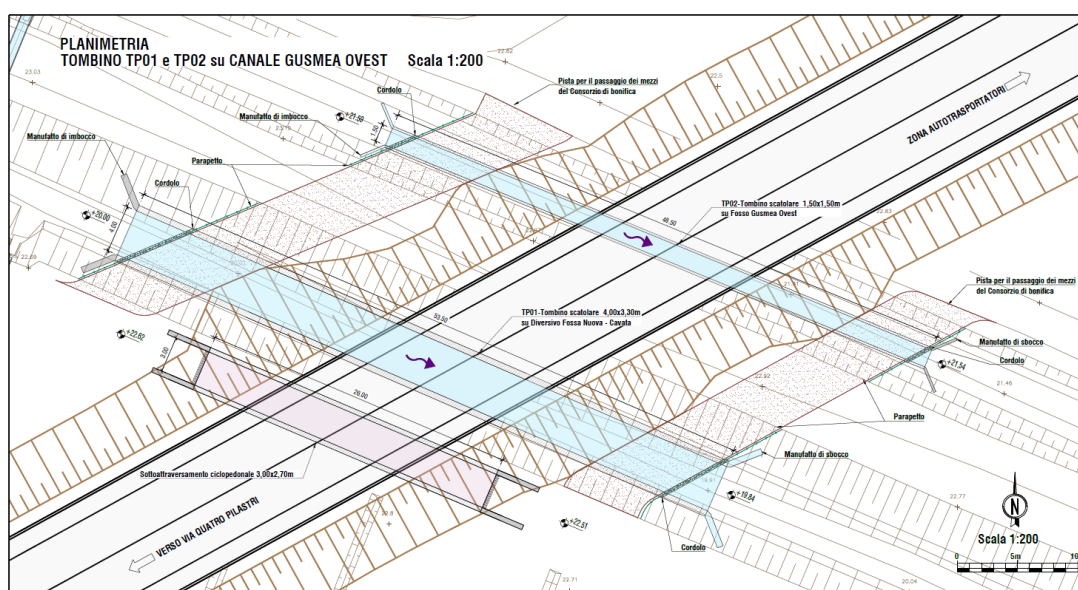
$$GR = \frac{1.9}{3.0} = 0.63 = 63\%$$

con un franco idraulico di 1.1m, superiore ad almeno un franco di 0.50m richiesto dalla NTC 2018.

## 4.6 ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO DEL CANALE GUSMEA OVEST

Il Canale Gusmea Ovest transita all'interno dell'area di progetto, come mostrato nella seguente figura, interferendo con il nuovo asse stradale (Tangenziale tratto 1) in corrispondenza della sezione numero 1-21 alla progressiva 0+490.

Figura 4.11 – Estratto della tavola “Scatolari su Deviazione Fossa Nuova e Canale Gusmea Ovest”



Essendo un corso d'acqua esclusivamente di tipo irriguo, il suo dimensionamento si è basato su una specifica richiesta da parte del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale che ne è il gestore. Al fine di garantire il transito delle acque tali da soddisfare la dotazione idrica richiesta, ovvero una portata idrica pari ad almeno 0.8 mc/s e la sicurezza idraulica del manufatto, si prevede l'inserimento di un tombino idraulico composto da uno scatolare in cls di sezione 1.50 m x 1.50 m (luce di calcolo 1.50 m x 1.20 m), lungo 48.5 m e con pendenza pari a 0.1%.

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva del criterio di dimensionamento effettuato considerando un grado di riempimento inferiore al 70% della sezione del tombino e stimando la portata in condizioni di moto uniforme.

L [cm]	H [cm]	Y [cm]	ks [m <sup>1/3</sup> /s]	i (%)	V [m/s]	G.R. [%]	Qp [mc/s]
150	150	80	59.88	0.1	1.18	0.62	1.41

## 5 ANALISI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

---

Le valutazioni di compatibilità idraulica dell'intervento sono state condotte in riferimento specifico al punto 5.2 "Disposizioni specifiche" del DGR1300/2016 che tratta le prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. Si ricorda che la posizione dell'area dell'intervento in progetto ricade all'interno di un'area a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura (RSP). Le disposizioni di cui al punto 5.2 stabiliscono che:

*"nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti, si deve garantire l'applicazione:*

- di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;*
- di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.*

Il progetto idraulico è stato quindi sviluppato mirando a soddisfare i due seguenti obiettivi principali:

- assicurare la sicurezza idraulica dell'infrastruttura a fronte di eventi meteorici riferiti ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, mediante la definizione di un profilo altimetrico al di sopra dei battenti idrici attesi;
- assicurare l'invarianza idraulica delle macro-aree interessate dalla realizzazione della nuova infrastruttura.

### 5.1 CONDIZIONI DI SICUREZZA DELL'INFRASTRUTTURA STRADALE

Il profilo della piattaforma stradale è stato impostato ad una quota tale da essere sempre superiore al valore convenzionale, fornito dall'ente Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, di 30cm. Tale valore, in mancanza di modellazioni idrauliche specifiche per il reticolo secondario di pianura, è assunto come valore atteso in caso di eventi alluvionali straordinari.

In aggiunta a ciò è stato dimostrato mediante lo sviluppo di un modello idraulico di dettaglio (si rimanda al capitolo 5) che il corso d'acqua Deviazione Fossa Nuova – Cavata ha una sezione idraulica sufficiente a smaltire le portate fino ad uno scenario duecentennale, senza provocare inondazioni delle aree limitrofe.

Infine, tutti gli attraversamenti idraulici sono stati dimensionati con adeguati gradi di riempimento, in modo tale da non indurre a effetti di rigurgito e allagamenti.

Si può quindi attestare la sicurezza in termini idraulici dell'infrastruttura di progetto.

## **5.2 INVARIANZA IDRAULICA DELL'INTERVENTO**

L'invarianza idraulica nel territorio in cui la nuova infrastruttura andrà ad inserirsi viene assicurata mediante l'ottemperanza di due criteri:

- garantire continuità ai corsi d'acqua principali e secondari mediante la realizzazione di attraversamenti idraulici in modo da non rendere il nuovo rilevato stradale un ostacolo al libero deflusso delle acque e da mantenere una corretta regimazione idrografica dell'intera area;
- far fronte all'impermeabilizzazione di nuove aree prevedendo opere di mitigazione del rischio idraulico indotto dal nuovo asse viario mediante realizzazione di fossi per la laminazione che consentono il deflusso controllato nei corsi d'acqua e fossi recettori.

Come mostrato e descritto dettagliatamente nel capitolo 4, entrambi i due criteri sono stati rispettati prevedendo le opere di attraversamento idraulico a servizio del reticolo idrografico superficiale e i fossi di laminazione per garantire l'invarianza idraulica a seguito di nuove impermeabilizzazioni.

L'opera di cui al presente Progetto di Fattibilità Tecnica Economica risulta quindi compatibile ai sensi di tutte le norme vigenti in materia di rischio idraulico.





## **ALLEGATO A**

Risultati del calcolo dell'interasse delle caditoie e del dimensionamento dei collettori della rete di drenaggio delle acque di piattaforma

# CALCOLO DELL'INTERASSE DELLE CADITOIE

Di seguito è riportata la tabella con il dimensionamento dell'interasse delle caditoie di raccolta dell'acqua piovana.

Legenda della tabella:

R	Tratto in rettilo
S	Tratto in curva a sinistra
D	Tratto in curva a destra

CARATTERISTICHE PIATTAFORMA								CIGLIO SINISTRO				CIGLIO DESTRO			
	SZ_iniz	SZ_fin	L_tratto	Sstrada	Stubo		DIREZIONE	q	Qmax	interasse calcolo	interasse progetto	q	Qmax	interasse calcolo	interasse progetto
Tangenziale tratto 1 (verso Zona Autotrasportatori)	2	3	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	3	4	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	4	5	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	5	6	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	6	7	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	6.02	10	10				
	7	8	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	12.50	21	10				
	8	9	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	26.92	45	30				
	9	10	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	32.51	55	30				
	10	11	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	32.51	55	30				
	11	12	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	32.51	55	30				
	12	13	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	28.81	49	30				
	13	14	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	19.75	33	30				
	14	15	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	12.04	20	10				
	15	16	25.00	-0.006	0.006	S	↑	0.59	6.02	10	10				
	16	17	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	17	18	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	18	19	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	19	20	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	20	21	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	21	22	25.00	-0.006	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	22	23	25.00	-0.005	0.006	R	↑	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13	10
	Tangenziale tratto 1 (verso Via Quattro Pilastrì)	23	24	25.00	-0.002	-0.004	R	↓	0.30	3.70	13	10	0.30	3.70	13
24		25	25.00	0.002	-0.004	R	↓	0.30	2.75	9	10	0.30	2.75	9	10
25		26	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	4.48	9	10				
26		27	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	4.82	9	10				
27		28	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	11.69	20	10				
28		29	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	20.64	35	30				
29		30	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	24.20	41	30				
30		31	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	24.20	41	30				
31		32	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	24.20	41	30				
32		33	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	24.20	41	30				
33		34	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	24.20	41	30				
34		35	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	24.20	41	30				
35		36	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	23.95	40	30				
36		37	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	14.41	24	10				
37		38	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	6.81	12	10				
38		39	25.00	0.004	-0.004	S	↓	0.59	4.48	9	10				
39		40	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
40		41	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
41		42	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
42		43	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
43		44	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
44		45	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
45		46	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
46		47	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
47		48	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
48		49	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
49		50	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
50		51	25.00	0.004	-0.004	R	↓	0.30	2.76	9	10	0.30	2.76	9	10
51		52	25.00	0.004	-0.004	D	↓					0.59	2.76	9	10
52		53	25.00	0.004	-0.004	D	↓					0.59	4.92	9	10
53		54	25.00	0.004	-0.004	D	↓					0.59	7.55	13	10

	CARATTERISTICHE PIATTAFORMA						CIGLIO SINISTRO				CIGLIO DESTRO				
	SZ <sub>iniz</sub>	SZ <sub>fin</sub>	L <sub>tratto</sub>	Sstrada	Stubo		DIREZIONE	q	Qmax	interasse calcolo	interasse progetto	q	Qmax	interasse calcolo	interasse progetto
Tangenziale tratto 2 (Nuovo Ospedale verso Via Quattro Pilastrì)	54_1	55_1	25.00	0.004	0.001	R	↑	0.30	7.33	25	10	0.30	7.33	25	10
	55_1	1_2	30.00	0.004	0.001	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	1_2	2_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	2_2	3_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	3_2	4_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	4_2	5_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	5_2	6_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	6_2	7_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	30	0.30	3.28	11	30
	7_2	8_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	30	0.30	3.28	11	30
	8_2	9_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	30	0.30	3.28	11	30
	9_2	10_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	30	0.30	3.28	11	30
	10_2	11_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	30	0.30	3.28	11	30
	11_2	12_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	30	0.30	3.28	11	30
	12_2	13_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	13_2	14_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	14_2	15_2	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	15_2	16_2	9.42	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	16_2	1_3	43.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	1_3	2_3	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	2_3	3_3	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	3_3	4_3	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	4_3	5_3	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	5_3	6_3	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	6_3	7_3	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	7_3	8_3	25.00	-0.005	0.005	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10

	CARATTERISTICHE PIATTAFORMA							CIGLIO SINISTRO				CIGLIO DESTRO			
	SZ <sub>iniz</sub>	SZ <sub>fin</sub>	L <sub>tratto</sub>	Sstrada	Stubo		DIREZIONE	q	Qmax	interasse calcolo	interasse progetto	q	Qmax	interasse calcolo	interasse progetto
Tangenziale tratto 3	8	9	25.00	-0.005	-0.012	R	↓	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	9	10	25.00	-0.005	-0.012	R	↓	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	10	11	25.00	-0.005	-0.012	R	↓	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	11	12	25.00	-0.005	0.001	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	12	13	25.00	-0.005	0.001	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	13	14	25.00	-0.005	0.001	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10
	14	15	18.52	-0.005	0.001	R	↑	0.30	3.28	11	10	0.30	3.28	11	10



# DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI DELLA RETE DI DRENAGGIO

Di seguito è riportata la tabella con il dimensionamento e la verifica dei collettori di raccolta delle acque di piattaforma.

Legenda della tabella:

R	Tratto in rettillo
S	Tratto in curva a sinistra
D	Tratto in curva a destra

	CARATTERISTICHE PIATTAFORMA							COLLETTORE PRINCIPALE				COLLETTORE SECONDARIO			
	SZ <sub>iniz</sub>	SZ <sub>fin</sub>	L <sub>tratto</sub>	Sstrada	Stubo		DIREZIONE	i	Q(T <sub>c</sub> )	DN	y/D <sub>int.</sub>	i	Q(T <sub>c</sub> )	DN	y/D <sub>int.</sub>
								[mm/h]	[l/s]	PRINCIPALE		[mm/h]	[l/s]	SECONDARIO	
Tangenziale tratto 1 (verso Zona Autotrasportatori)	2	3	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1294	166.44	500	54%	0.1400	18.38	315	32%
	3	4	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1309	164.03	500	54%	0.1433	14.11	315	28%
	4	5	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1324	161.59	500	54%	0.1471	9.66	315	23%
	5	6	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1340	159.12	500	53%	0.1517	4.98	315	16%
	6	7	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1356	156.62	500	53%				
	7	8	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1373	149.58	500	51%				
	8	9	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1391	142.39	500	50%				
	9	10	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1410	135.06	500	48%				
	10	11	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1429	127.52	500	47%				
	11	12	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1450	119.68	500	45%				
	12	13	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1473	111.08	500	43%				
	13	14	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1496	101.90	400	68%				
	14	15	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1522	92.47	400	64%				
	15	16	25.00	-0.006	0.0060	S	↑	0.1549	83.13	400	60%				
	16	17	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1579	36.89	400	37%	0.1579	36.89	400	37%
	17	18	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1618	32.08	400	35%	0.1618	32.08	400	35%
	18	19	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1661	27.27	315	39%	0.1661	27.27	315	39%
	19	20	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1709	22.44	315	35%	0.1710	22.44	315	35%
	20	21	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1765	17.38	315	31%	0.1765	17.38	315	31%
	21	22	25.00	-0.006	0.0060	R	↑	0.1831	12.02	315	25%	0.1831	12.02	315	25%
	22	23	25.00	-0.005	0.0060	R	↑	0.1914	6.28	315	18%	0.1914	6.28	315	18%
Tangenziale tratto 1 (verso Via Quattro Pilastri)	23	24	25.00	-0.002	-0.0040	R	↓	0.1897	6.25	315	20%	0.1897	6.25	315	20%
	24	25	25.00	0.002	-0.0040	R	↓	0.1806	12.35	315	29%	0.1806	12.35	315	29%
	25	26	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1745	36.21	315	51%				
	26	27	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1693	47.61	315	61%				
	27	28	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1647	59.14	315	71%				
	28	29	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1607	71.27	400	61%				
	29	30	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1570	83.65	400	69%				
	30	31	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1538	95.93	500	44%				
	31	32	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1508	107.93	500	48%				
	32	33	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1481	119.79	500	50%				
	33	34	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1455	131.82	500	53%				
	34	35	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1431	143.39	500	56%				
	35	36	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1409	153.69	500	59%				
	36	37	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1388	162.38	500	61%				
	37	38	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1368	170.18	500	63%				
	38	39	25.00	0.004	-0.0040	S	↓	0.1348	177.26	500	65%				
	39	40	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1330	179.21	500	65%	0.1707	5.60	315	19%
	40	41	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1312	181.14	500	66%	0.1636	10.74	315	27%
	41	42	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1296	183.08	630	45%	0.1579	15.54	315	32%
	42	43	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1280	185.00	630	45%	0.1530	20.08	315	37%
	43	44	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1264	186.91	630	45%	0.1488	24.41	400	33%
	44	45	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1249	188.79	630	46%	0.1450	28.54	400	36%
	45	46	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1235	190.66	630	46%	0.1416	32.52	400	39%
	46	47	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1221	192.52	630	46%	0.1385	36.36	400	41%
	47	48	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1207	194.36	630	47%	0.1357	40.07	400	43%
	48	49	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1194	196.19	630	47%	0.1331	43.66	400	46%
	49	50	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1182	198.00	630	47%	0.1306	47.15	400	48%
	50	51	25.00	0.004	-0.0040	R	↓	0.1170	199.79	630	47%	0.1284	50.55	400	50%
	51	52	25.00	0.004	-0.0040	D	↓	0.1158	205.38	630	48%	0.1263	58.02	400	54%
	52	53	25.00	0.004	-0.0040	D	↓	0.1146	210.90	630	49%	0.1244	65.29	400	58%
	53	54	25.00	0.004	-0.0040	D	↓	0.1136	216.33	630	49%	0.1225	72.37	400	62%

	CARATTERISTICHE PIATTAFORMA							COLLETTORE PRINCIPALE				COLLETTORE SECONDARIO			
	SZ <sub>iniz</sub>	SZ <sub>fin</sub>	L <sub>tratto</sub>	Sstrada	Stubo		DIREZIONE	i	Q(Tc)	DN	y/D <sub>int.</sub>	i	Q(Tc)	DN	y/D <sub>int.</sub>
								[mm/h]	[l/s]	PRINCIPALE		[mm/h]	[l/s]	SECONDARIO	
Tangenziale tratto 2 (Nuovo Ospedale verso Via Quattro Pilastri)	54_1	55_1	25.00	0.004	0.0010	R	↑	0.1139	94.55	500	68%	0.1139	94.55	500	68%
	55_1	1_2	30.00	0.004	0.0010	R	↑	0.1163	92.69	500	67%	0.1163	92.69	500	67%
	1_2	2_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1193	90.41	400	67%	0.1193	90.40	400	67%
	2_2	3_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1208	87.55	400	66%	0.1208	87.55	400	66%
	3_2	4_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1223	84.65	400	64%	0.1223	84.65	400	64%
	4_2	5_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1239	81.69	400	62%	0.1239	81.69	400	62%
	5_2	6_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1255	78.67	400	61%	0.1255	78.67	400	61%
	6_2	7_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1273	75.59	400	59%	0.1273	75.59	400	59%
	7_2	8_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1291	72.45	400	58%	0.1291	72.44	400	58%
	8_2	9_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1311	69.23	400	56%	0.1311	69.23	400	56%
	9_2	10_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1331	65.94	400	54%	0.1331	65.94	400	54%
	10_2	11_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1353	62.57	400	53%	0.1353	62.57	400	53%
	11_2	12_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1376	59.12	400	51%	0.1376	59.12	400	51%
	12_2	13_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1400	55.57	400	49%	0.1400	55.57	400	49%
	13_2	14_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1426	51.93	400	47%	0.1426	51.93	400	47%
	14_2	15_2	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1454	48.18	400	45%	0.1454	48.18	400	45%
	15_2	16_2	9.42	-0.005	0.0050	R	↑	0.1484	44.31	400	43%	0.1484	44.31	400	43%
	16_2	1_3	43.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1497	42.82	400	42%	0.1497	42.82	400	42%
	1_3	2_3	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1556	35.75	400	38%	0.1556	35.75	400	38%
	2_3	3_3	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1597	31.43	400	36%	0.1597	31.43	400	36%
	3_3	4_3	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1641	26.93	400	33%	0.1641	26.93	400	33%
	4_3	5_3	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1692	22.21	315	37%	0.1692	22.21	315	37%
	5_3	6_3	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1751	17.23	315	32%	0.1751	17.23	315	32%
	6_3	7_3	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1820	11.94	315	27%	0.1820	11.94	315	27%
	7_3	8_3	25.00	-0.005	0.0050	R	↑	0.1907	6.26	315	19%	0.1907	6.26	315	19%

	CARATTERISTICHE PIATTAFORMA							COLLETTORE PRINCIPALE				COLLETTORE SECONDARIO			
	SZ <sub>iniz</sub>	SZ <sub>fin</sub>	L <sub>tratto</sub>	Sstrada	Stubo		DIREZIONE	i	Q(Tc)	DN	y/D <sub>int.</sub>	i	Q(Tc)	DN	y/D <sub>int.</sub>
								[mm/h]	[l/s]	PRINCIPALE		[mm/h]	[l/s]	SECONDARIO	
Tangenziale tratto 3	8	9	25.00	-0.005	-0.0120	R	↓	0.1938	6.36	315	16%	0.1938	6.36	315	16%
	9	10	25.00	-0.005	-0.0120	R	↓	0.1870	12.27	315	22%	0.1870	12.27	315	22%
	10	11	25.00	-0.005	-0.0120	R	↓	0.1815	17.87	315	26%	0.1815	17.87	315	26%
	11	12	25.00	-0.005	0.0010	R	↑	0.1523	18.69	400	42%	0.1523	18.69	400	42%
	12	13	25.00	-0.005	0.0010	R	↑	0.1607	14.45	400	36%	0.1607	14.45	400	36%
	13	14	25.00	-0.005	0.0010	R	↑	0.1714	9.79	315	36%	0.1714	9.79	315	36%
	14	15	18.52	-0.005	0.0010	R	↑	0.1859	4.52	315	24%	0.1859	4.52	315	24%