

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA

TRATTA PIADENA - MANTOVA

FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659

AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NM25 03 D 26 RI FV14B0 011 A


| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|---------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|------------------|
| A | Emissione esecutiva | F. Serran | Aprile 2020 | S. Santopietro | Aprile 2020 | M. Berlingieri | Aprile 2020 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File: NM2503D26RIFV14B0011A

n. Elab.:

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE..... | 3 |
| 2 | RIFERIMENTI NORMATIVI..... | 5 |
| 3 | ELABORATI DI RIFERIMENTO | 6 |
| 4 | INQUADRAMENTO TERRITORIALE | 7 |
| 4.1 | PAI - ADB Po..... | 7 |
| 4.2 | PGRA – DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO..... | 9 |
| 4.3 | COMPATIBILITÀ IDRAULICA | 10 |
| 5 | ANALISI IDROLOGICA | 11 |
| 5.1 | RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI..... | 12 |
| 6 | STANDARD PROGETTUALI..... | 13 |
| 6.1 | TEMPO DI CORRIVAZIONE | 13 |
| 6.2 | COEFFICIENTE DI DEFLUSSO..... | 14 |
| 6.3 | DIMENSIONAMENTO IDRAULICO | 14 |
| 6.4 | INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE | 15 |
| 7 | OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO | 18 |
| 7.1 | DRENAGGIO DELL’AREA DI PARCHEGGIO..... | 18 |
| 8 | DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI RACCOLTA..... | 19 |
| 8.1 | SISTEMA DI CONVOGLIAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE..... | 19 |
| 9 | TABULATI DI DIMENSIONAMENTO..... | 21 |
| 9.1 | SIMBOLOGIA UTILIZZATA..... | 21 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

1 INTRODUZIONE

Nel Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia è riportata la pianificazione di “Riqualificazione Milano – Codogno – Cremona - Mantova”. Tale voce, oltre a citare gli interventi di raddoppio conclusi nel 2015 tra la località Cavatigozzi e Cremona, riporta anche l’intervento di raddoppio, proposto in maniera selettiva, sull’intera relazione.

Recentemente sulla linea sono stati firmati impegni e convenzioni attuative che hanno interessato la Regione Lombardia e Rete Ferroviaria Italiana. L’obiettivo commerciale, alla base di questi interventi, è creare le condizioni per l’incremento della regolarità sulla relazione regionale Milano – Mantova ed un suo successivo potenziamento, nonché raggiungere la frequenza di un treno/h per direzione.

Successivi approfondimenti svolti dalle strutture territoriali di RFI congiuntamente alla Regione Lombardia, hanno messo in evidenza la necessità di approfondire la tratta prioritaria di raddoppio, anche alla luce del modello di esercizio che sarà adottato dalla Regione stessa.

La linea ha inoltre un notevole interesse merci legato, non solo alla presenza degli impianti industriali raccordati, ma anche al fatto che tale linea fa parte del corridoio alternativo al Mediterraneo.

In quest’ottica, il presente Progetto Definitivo, compendia gli interventi necessari, nell’ambito della linea Codogno – Cremona – Mantova, all’attivazione prioritaria della tratta Piadena – Mantova, 1^a fase funzionale del raddoppio della linea in oggetto.

L’opera si sviluppa nella bassa pianura lombarda, ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34km tra le località di Piadena (km 55+286 LS) e Mantova (km 89+557 LS).

La 1^a fase del progetto prevede i seguenti interventi:

- Raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall’attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;
- Raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario.

Il progetto prevede, nell’ambito della realizzazione nuova della sede ferroviaria a doppio binario, dei relativi impianti ed apparati tecnologici e di trazione elettrica, inoltre la riqualificazione delle Stazioni e dei PRG di Piadena, Bozzolo e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova. È prevista, ancora, la soppressione di tutti i PL di linea tramite realizzazione di opportune nuove opere sostitutive.

L’intervento, nel suo complesso, grazie all’incremento delle prestazioni della linea, si caratterizza come un potenziamento dei collegamenti regionali e merci attualmente programmati.

Nella Figura 1.1 è segnata la zona oggetto di intervento per il progetto in essere.

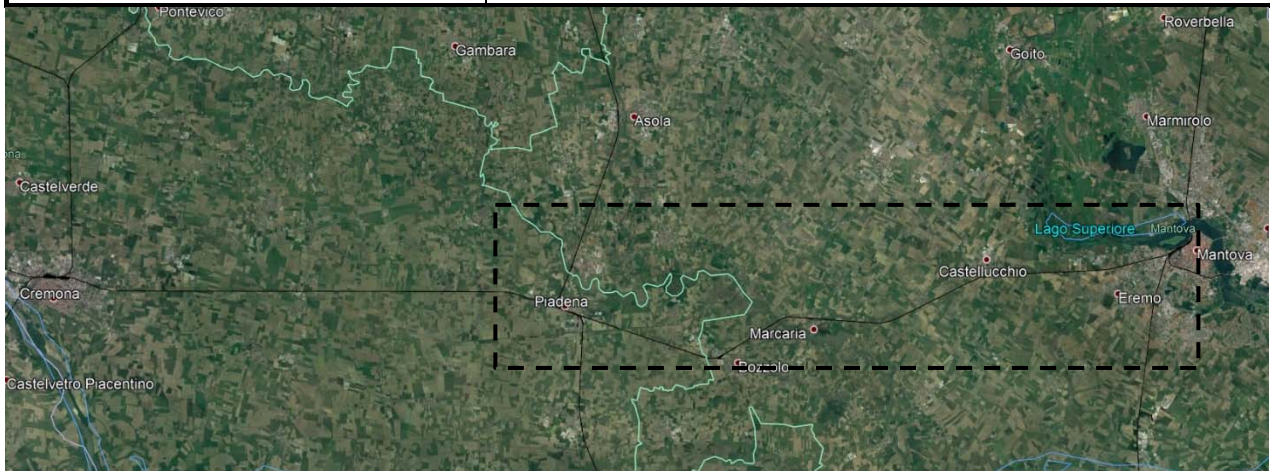


Figura 1.1 - Individuazione dell'area d'intervento.

Lo scopo del presente documento è quello di descrivere il sistema di drenaggio ed il relativo dimensionamento a servizio della stazione di Castellucchio (FV14).



Figura 1.2 - Localizzazione della stazione di Castellucchio.


Il sistema di drenaggio oggetto della presente relazione sarà costituito da una rete di raccolta e smaltimento delle acque provenienti dalla sola area adibita a parcheggio.

Scopo della presente relazione è la descrizione ed il dimensionamento del sistema di smaltimento idraulico del parcheggio a servizio della stazione di Castellucchio.

Il parcheggio della stazione di Castellucchio necessita di una rete idraulica da dimensionare e verificare adeguatamente, la procedura da seguire si può riepilogare con i seguenti passi:

- Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica (Analisi idrologica);
- Calcolo delle portate generate dalla precipitazione meteorica (Metodo cinematico o della corrivazione);
- Dimensionamento e verifica degli elementi di raccolta delle acque.

Nel corso della relazione verranno trattati tutti i punti di qui sopra.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |


2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale;
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato;
- PAI - 1. Relazione Generale;
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni;
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Alpi Orientali (P.G.R.A. 03/03/2016).
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 6 novembre 2003, n. 367. Dlgs 152/1999 - Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- Dpr 24 maggio 1988, n. 236. Qualità delle acque destinate al consumo umano.

Il progetto in essere considera inoltre:


- Regolamento Regionale 19 aprile 2019 , n. 8 Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 'Legge per il governo del territorio').

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

3 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Si riportano di seguito gli elaborati di riferimento per il presente progetto:

- Rif. [1] Italferr, documento n.° NM2500D26RHID0000001A, intitolato “Relazione idrologica”, datato Aprile 2020;
- Rif. [2] Italferr, documento n.° NM2503D26C5ID0000003A, intitolato “Inquadramento aree di esondazione secondo il PGRA 1/2”, datato Aprile 2020;
- Rif. [3] Italferr, documento n.° NM2503D26C5ID0000004A, intitolato “Inquadramento aree di esondazione secondo il PGRA 2/2”, datato Aprile 2020;
- Rif. [4] Italferr, documento n.° NM2503D26P8FV14B0014A, intitolato “AREA PARCHEGGIO - Planimetria di drenaggio”, datato Aprile 2020;
- Rif. [5] Italferr, documento n.° NM2503D26BZFV00B0011A, intitolato “AREA DI PARCHEGGIO - DRENAGGIO particolari e dettagli 1/2”, datato Aprile 2020;
- Rif. [6] Italferr, documento n.° NM2503D26BZFV00B0012A, intitolato “AREA DI PARCHEGGIO - DRENAGGIO particolari e dettagli 2/2”, datato Aprile 2020;

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 8 distretti idrografici, Figura 3.1, in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.



Figura 4.1 - Suddivisione territoriale in distretti.

Gli interventi in progetto appartengono al bacino idrografico “Oglio” ricadente nell'area di giurisdizione del Distretto idrografico Padano.

Le competenze in materia di pianificazione idraulica per gli interventi che ricadono nel Distretto idrografico Padano sono demandate all'Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po con il PGRA in vigore.

L'analisi idraulica deve considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare i piani di settore di riferimento della zona in esame. Gli strumenti legislativi sono:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
- Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA).

4.1 PAI - ADB PO

I vincoli d'uso del territorio e le direttive in materia di progettazione di opere idrauliche, sono contenute nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dalla stessa Autorità di Bacino e approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001.

Il “Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico” rappresenta l'atto di pianificazione, per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico, conclusivo e unificante di due strumenti di pianificazione precedentemente approvati, ovvero:

- il “Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione”, realizzato a seguito della piena del novembre 1994;
- il “Piano Stralcio delle Fasce Fluviali” (PSFF), relativo alla rete idrografica principale del sottobacino del Po sotteso alla confluenza del Tanaro (territorio della Regione Piemonte e Valle d'Aosta) e, per la

restante parte del bacino, all'asta del Po e agli affluenti emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati.

Il "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali" (PSFF) è stato approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 24 luglio 1998. Esso contiene la definizione e la delimitazione cartografica delle fasce fluviali dei corsi d'acqua principali piemontesi, del fiume Po e dei corsi d'acqua emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati a monte della confluenza in Po.

Il PAI estende la delimitazione delle fasce fluviali ai rimanenti corsi d'acqua principali del bacino, per i quali assume la normativa relativa alla regolamentazione degli usi del suolo e degli interventi nei territori fluviali delimitati già approvata nell'ambito del PSFF.

Sulla base del PAI, l'alveo fluviale e la parte di territorio limitrofo, costituente nel complesso la regione fluviale, sono oggetto della seguente articolazione in fasce:

- Fascia di deflusso della piena (**Fascia A**), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (**Fascia B**), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.
- Area di inondazione per piena catastrofica (**Fascia C**), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Uno schema esplicativo della definizione delle fasce fluviali è riportato in Figura 3.2.

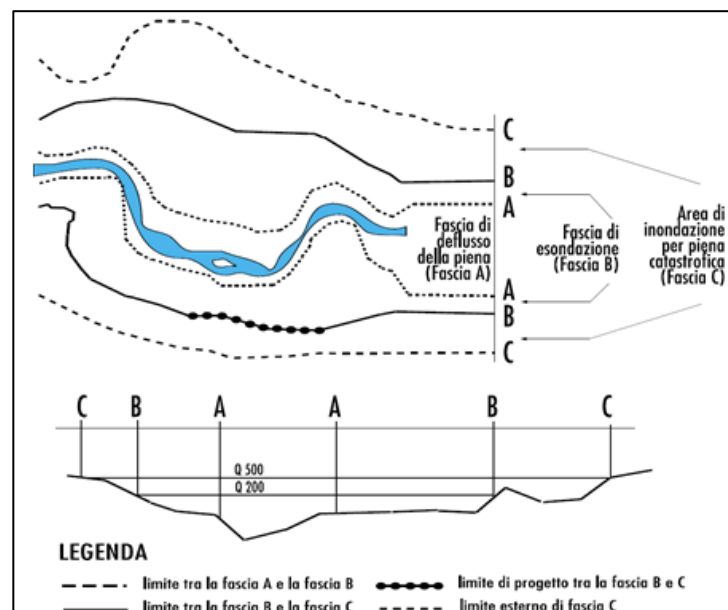



Figura 4.2 - Schema per la delimitazione delle fasce fluviali.

Le fasce fluviali sono state delimitate in funzione dei principali elementi dell'alveo che ne determinano la connotazione fisica: caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali e ambientali.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

L'individuazione delle fasce rappresenta l'assetto di progetto di ciascuno dei corsi d'acqua, determinando i caratteri idraulici dell'alveo in condizioni di piena e le modalità di uso della regione fluviale dalle stesse perimetrata.

4.2 PGRA – DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO

Le norme comunitarie prevedono l'obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni definito con l'attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D.Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti, della salute umana, del territorio, dei beni, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. In particolare, il PGRA dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

La rilevante estensione del bacino del fiume Po 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 (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura (RSP);
- Aree costiere marine (ACM);
- Aree costiere lacuali (ACL).


Le mappe delle aree allagabili rappresentano l'estensione massima degli allagamenti conseguenti al verificarsi degli scenari di evento riconducibili ad eventi di elevata, media e scarsa probabilità di accadimento.

Gli scenari di inondazione sono:

| Direttiva Alluvioni | | Pericolosità | Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni) | | | | |
|---|---|---------------|---|--|----------------|----------------------------|-------------|
| Scenario | TR (anni) | | RP | RSCM (legenda PAI) | RSP | ACL | ACM |
| Elevata probabilità di alluvioni (H = high) | 20-50 (frequente) | P3 elevata | 10-20 | Ee, Ca RME per conoide ed esondazione | Fino a 50 anni | 15 anni | 10 anni |
| Media probabilità di alluvioni (M = medium) | 100-200 (poco frequente) | P2 media | 100-200 | Eb, Cp | 50-200 anni | 100 anni | 100 anni |
| Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low) | Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro) | P1 bassa | 500 | Em, Cn | | Massimo storico registrato | >> 100 anni |

Tabella 4.1 - Scenari di inondazione PGRA.

Si rimanda ai Rif. [1], Rif. [2], Rif. [3] per un maggior approfondimento.

| | | | | | | |
|---|---|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|--------------------|
|  | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A | FOGLIO 10 di 25 |

4.3 COMPATIBILITÀ IDRAULICA


Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione si evidenzia che l'area interessata dalla realizzazione delle opere di progetto non ricade nelle fasce fluviali ai sensi del PAI e nelle aree di esondazione delimitate dal PGRA.

L'intervento, inoltre, è un intervento di interesse pubblico, si rimanda quindi alle indicazioni fornite dall'art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Po.

Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.
3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino.

Le opere in progetto sono opere di interesse pubblico che non comportano una riduzione della capacità di invaso e soprattutto sono opere non delocalizzabili.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

5 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è finalizzata alla definizione dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno), indispensabili per il dimensionamento dei diversi manufatti idraulici in particolare per la valutazione dei tiranti idrici.

Per la stima delle portate di piena defluenti nei corsi d'acqua sono stati utilizzati modelli di trasformazione afflussi-deflussi che a partire dalle curve di possibilità pluviometrica dell'ARPA Lombardia forniscono il corrispondente andamento nel tempo delle portate.

L'applicazione di tali modelli necessita quindi della conoscenza del regime delle precipitazioni di forte intensità nel territorio di interesse, sintetizzato nelle cosiddette Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) che legano l'altezza h , la durata d della pioggia e il tempo di ritorno T tramite l'espressione:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

Per il calcolo del regime pluviometrico sono state considerati i parametri a ed n delle LSPP più gravosi in termini di intensità di pioggia. Tali valori sono stati individuati analizzando l'intera area oggetto di studio (Da Mantova a Cremona) scegliendo quelli in prossimità di Cremona in quanto massimizzavano i valori delle altezze di pioggia.

Per il progetto in essere esistono differenti analisi validate e autorevoli, nella relazione idrologica sono state confrontate le curve di possibilità climatiche ottenute a partire dai dati disponibili dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e le medesime ottenute utilizzando i dati derivanti da Arpa Lombardia. È emerso che le curve orarie fornite dal Progetto STRADA (Arpa Lombardia) sono le più gravose, per tale motivo sono state scelte come base progettuale.

Le leggi di probabilità pluviometrica sono state determinate sulla base dei dati disponibili sul sito web del servizio idrografico dell'ARPA Lombardia il quale fornisce i parametri necessari per il calcolo dell'altezza di pioggia con riferimento ad una precipitazione di durata maggiore o uguale all'ora e per un assegnato tempo di ritorno. Il calcolo viene eseguito tramite la relazione seguente:

$$h_T = a_1 \cdot w_T \cdot t^n$$


in cui w_t è il fattore di crescita in funzione del tempo di ritorno calcolato con la seguente espressione:

$$w_T = \epsilon + \frac{\alpha}{k} \cdot \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

I tempi di ritorno (Tr) prescritti dal Manuale di Progettazione ferroviaria variano infatti a seconda del tipo di manufatto idraulico:

- Drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni, ..):

| | Tr [anni] |
|---------------------|-----------|
| Linea ferroviaria | 100 |
| Deviazione stradali | 25 |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

- Fossi di guardia:

| | Tr [anni] |
|---------------------|-----------|
| Linea ferroviaria | 100 |
| Deviazione stradali | 25 |

5.1 RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI


In bacini imbriferi di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma. L'utilizzo della legge valida per durate maggiori dell'ora risulta spesso troppo cautelativa.

Nel caso oggetto della presente relazione il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori ad un'ora è stata utilizzata la formula di Bell (si rimanda alla relazione idrologica Rif. [1] per lo studio completo).

Per l'area oggetto d'intervento, con riferimento a tempi di ritorno di 25, 50, 100 anni, secondo lo studio di Arpa Lombardia e con l'applicazione del metodo di Bell, si ottengono i valori riportati in Tabella 4.1.

| Tr | t ≤ 1 ora | | t > 1ora | |
|-----|-----------|-------|----------|-------|
| | a | n | a | n |
| 25 | 51.69 | 0.518 | 45.392 | 0.266 |
| 50 | 61.50 | | 55.212 | |
| 100 | 69.29 | | 62.238 | |

Tabella 5.1 - Parametri delle curve di possibilità pluviometrica.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

6 STANDARD PROGETTUALI

Le portate afferenti al sistema di drenaggio sono state valutate con il metodo Razionale, che tiene conto dei fattori morfologici, pluviometrici e del tempo di corrivazione del bacino (T_c), tramite la seguente formula:

$$Q = i \cdot S \cdot \bar{\varphi}$$

nella quale:

- Q = portata di massima piena [l/s].
- i = intensità di pioggia [mm/h] calcolata per $T_r = 25$ anni in funzione del tempo di corrivazione caratteristico del tratto.
- S = superficie afferente.

Di seguito si descrive il metodo assunto per la definizione del coefficiente di deflusso φ e del tempo di corrivazione (T_c).

6.1 TEMPO DI CORRIVAZIONE


Il tempo minimo di accesso alla rete drenante viene assunto pari a 5 minuti (0.083 ore); ad esso si aggiunge il tempo di percorrenza del flusso d'acqua di tutto il tratto a monte della zona considerata, in funzione della lunghezza (L) e della velocità media del flusso d'acqua (v) all'interno dell'opera di smaltimento in esame.

Il tempo totale di corrivazione è stato stimato mediante la seguente formulazione:

$$T_c = t_a + t_r = t_a + \frac{L}{v}$$

dove:

- T_c = tempo di corrivazione.
- t_a = tempo di accesso posto pari a 0.0833 ore (5')
- L = la lunghezza del tratto in esame in (m) e v è la velocità (m/s) di percorrenza all'interno dell'elemento di smaltimento preso in esame.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

6.2 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Per le opere di drenaggio (collettori e canalette) sono stati assunti cautelativamente i seguenti coefficienti di deflusso:

- Superfici impermeabili (strade asfaltate, copertura edificio): $\varphi = 1$.
- Superfici semipermeabili (superfici scoperte piazzali e parcheggi): $\varphi = 0.70$.

Il coefficiente di deflusso medio è stato definito con media pesata sulle aree coinvolte nel calcolo, secondo la seguente relazione:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum_i \varphi_i \cdot S_i}{S_{tot}}$$

6.3 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

Definiti i parametri pluviometrici e il metodo di trasformazione afflussi/deflussi si effettua il dimensionamento delle opere idrauliche in progetto. La verifica idraulica degli specchi viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k * \sqrt{R * i}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

dove K, coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Gaukler-Strickler:

$$K = K_s R^{1/6}$$


ottenendo:

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

dove: Q indica la portata (m^3/s), i la pendenza media (m/m), A la sezione idrica (m^2), R il raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m) e K_s il coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler, assunto pari a $K_s=80 m^{1/3} s^{-1}$ per le tubazioni in PVC e $K_s=67 m^{1/3} s^{-1}$ per gli elementi in calcestruzzo.

In base alle relazioni di cui sopra, è possibile verificare le differenti opere idrauliche, tenendo conto dei seguenti vincoli di progetto:

- la velocità minima di moto uniforme non deve essere inferiore a $0,5 \div 0,6$ m/s, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;
- la velocità massima non deve essere maggiore di 5 m/s, al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- il grado di riempimento, per le opere idrauliche connesse alla piattaforma ferroviaria, deve essere non superiore al 70% per elementi chiusi per evitare che la condotta possa andare in pressione; il grado di riempimento per le opere idrauliche deve essere non superiore al 50% per le condotte con DN minore di 500 mm.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

6.4 INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE

Il regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12”, aggiornato con modifiche e integrazioni n.7/2018 e n.8/2019, tratta il tema dell’invarianza idraulica e idrologica all’interno della regione Lombardia.

In tale regolamento si specifica che le misure di compensazione per la salvaguardia dell’invarianza idraulica devono essere applicate anche per:

e.3) la realizzazione di infrastrutture e di impianti, anche per pubblici servizi, che comporti la trasformazione in via permanente di suolo inedificato;

L’articolo 3 – lettera a specifica tuttavia che:

3. Nell’ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, assoggettati ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica, sono esclusi dall’applicazione del presente regolamento:

a) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria della rete ciclopedonale, stradale e autostradale;

All’articolo 4.3 inoltre viene precisato quanto segue:


L’infiltrazione rappresenta, se la situazione idrogeologica locale lo consente (v. art. 5.2.2), un’utile e opportuna modalità di smaltimento delle acque pluviali. Peraltro, poiché nella generalità dei casi la capacità di infiltrazione dei suoli è inferiore, talora in modo significativo, rispetto all’intensità delle piogge più intense, il contenimento delle portate allo scarico richiede necessariamente la trattenuta temporanea delle acque pluviali in eccesso rispetto all’infiltrazione in invasi di laminazione.

La vasta possibilità di configurare tali invasi con differenti tipologie consente di individuare soluzioni tecnicamente fattibili e di costo percentualmente contenuto, rispetto al costo complessivo dell’intervento, qualora tali capacità di invaso siano attentamente previste in fase di progetto (vedi art. 9).

Le modifiche di impermeabilità del suolo considerano lo stato di permeabilità originaria del sito, e non alla condizione urbanistica preesistente all’urbanizzazione. In particolare, il regolamento riporta:

Lo smaltimento dei volumi invasati, nel rispetto dei valori limite ammissibili di portata più oltre indicati (art. 6.2), deve avvenire secondo il seguente ordine di priorità:

- 1. mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità (es. innaffiamento giardini, acque grigie, lavaggio pavimentazioni e auto, ecc.);*
- 2. mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio. L’infiltrazione induce così alla riduzione degli effetti dell’impermeabilizzazione anche in termini di rispetto del principio di invarianza idrologica;*
- 3. scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale o reticolo di bonifica, con i limiti di portata più oltre indicati (art. 6.2) e assoggettati al controllo dell’Autorità idraulica competente;*
- 4. scarico in fognatura, con i limiti di portata più oltre indicati (art. 6.2).*

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

Nella Tabella 6.1 si riportano i limiti di portata scaricabili nei ricettori finali nelle zone di progetto, secondo l'articolo 6.2.

| Comune | Provincia | Criticità idraulica ⁽¹⁾ | Coefficiente di pericolosità | Portata scaricabile [l/s ha imp] |
|---------------|-----------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Castellucchio | MN | B | - | 20 |

Tabella 6.1 Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori (2)

In base all'entità dell'impermeabilizzazione e agli ambiti territoriali si definiscono le modalità di calcolo da applicare all'intervento. L'area di progetto insiste su una superficie attualmente impermeabile per una porzione. La condizione ante operam prevede una superficie impermeabile di 744 m², collocata nella zona antistante il fabbricato viaggiatori e una superficie verde di 1175 m², localizzata in corrispondenza dell'area di parcheggio di progetto. La configurazione ex novo si compone di 1036 m² di superficie impermeabile e di 51.5 m² di area verde e 87.5 m² di superficie semipermeabile costituita dagli stalli in masselli autobloccanti.

Il cambio di destinazione d'uso da superficie a verde a pavimentazione impermeabile o semipermeabile (superficie di intervento ai sensi della Normativa Vigente) e in masselli autobloccanti ammonta a 1175 m², la restante area non vede trasformazioni di tipo urbanistico, di destinazione d'uso o di caratteristiche idrologiche e viene considerata quindi come manutenzione straordinaria.

In questa sede si prevede l'implementazione di un sistema di drenaggio del parcheggio con recapito il terreno. Le verifiche idrauliche e di invarianza idraulica vengono quindi applicate alla totalità delle superfici collettate.

Secondo la normativa regionale si applicano i principi di invarianza idraulica nel caso di:

| CLASSE DI INTERVENTO | SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO | COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE | MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7) | |
|---|---|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| | | | Are A, B | Are C |
| 0 Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi | ≤ 0,03 ha (≤ 300 mq) | qualsiasi | Requisiti minimi articolo 12 comma 1 | |
| 1 Impermeabilizzazione potenziale bassa | da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq) | ≤ 0,4 | Requisiti minimi articolo 12 comma 2 | |
| 2 Impermeabilizzazione potenziale media | da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq) | > 0,4 | Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G) | Requisiti minimi articolo 12 comma 2 |
| | da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq) | qualsiasi | | |
| 3 Impermeabilizzazione potenziale alta | da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq) | ≤ 0,4 | Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G) | |
| | da > 10 ha (> 100.000 mq) | > 0,4 | | |

Tabella 6.2 Metodologia di calcolo in base alla classe d'intervento ⁽³⁾

Il presente parcheggio ricade nella classe di intervento n.º2.


Nella redazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, inoltre, devono essere rispettati i tempi di ritorno di riferimento, il Regolamento definisce quanto segue:

(..omissis..) Le misure strutturali locali di contenimento e controllo delle acque meteoriche interne alle singole aree scolanti sono calcolate in modo da rispettare i

⁽¹⁾Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e ss.mm.ii., Art. 7, comma 3

⁽²⁾Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e ss.mm.ii., Art. 8, comma 1

⁽³⁾Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e ss.mm.ii., Art. 9, comma 1, Tabella 1

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

valori limite di emissione sopra richiamati, assumendo quali tempi di ritorno i valori di seguito riportati:

T = 50 anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di laminazione per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

T = 100 anni: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate e dei provvedimenti protettivi da realizzarsi eventualmente in luogo del franco;

T = 100 anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati (barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi, ecc.).


Per quanto riguarda i tempi di svuotamento, è stato verificato che una volta terminato l'evento di pioggia, il sistema abbia a disposizione dopo 48 un volume tale da poter invasare un secondo evento con tempo di ritorno 50 anni.

La verifica del tempo di svuotamento è stata effettuata attraverso il calcolo indicato al paragrafo 7.6 delle linee guida della Regione Lombardia, risolvendo l'equazione:

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_u + q_{in}}$$

W_{lam} è stato stimato valutando il volume massimo raggiunto nella vasca, corrispondente cioè ad un evento di durata critica. Il valore Q_u è stato considerato costante pari al valore massimo ammissibile, mentre il valore di q_{in} è stato valutato con il prodotto tra la permeabilità k e la superficie drenante del sistema (lati + fondo) considerando l'altezza raggiunta nel dispositivo alla fine dell'evento. In queste ipotesi è stato verificato che dopo 48 sia disponibile nel sistema un volume sufficiente ad accogliere un altro evento di progetto e che dopo 72 ore la vasca sia vuota. Nel caso in cui lunghi tratti siano in corrispondenza di terreni con permeabilità più bassa di quella utilizzata nel calcolo e non si rendesse disponibile tutto il volume richiesto per accogliere un secondo evento, la sicurezza del sistema sarebbe comunque garantita dallo sfioro di emergenza descritto in precedenza.

Nella presente relazione si fa riferimento alla verifica della vasca disperdente.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

8 DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI RACCOLTA

La rete di smaltimento del parcheggio della stazione di Castellucchio è quindi costituita da:

- pozzetti dimensione interna 60x60 cm provvisti di caditoie grigliate 50x50 cm classe D400;
- tubazioni circolari in PVC di diametro pari a 200/250/315/400mm;
- vasca di laminazione e dispersione.

Il dimensionamento dell'intera rete di collettamento è effettuato considerando un tempo di ritorno di 25 anni, mentre il sistema di dispersione con un tempo di ritorno di 50 anni, le superfici stradali sono completamente impermeabili per cui si assume un coefficiente di deflusso pari a $\psi=1$, mentre per gli stalli in masselli si assume un coefficiente di deflusso pari a $\psi=0.7$.

8.1 SISTEMA DI CONVOGLIAMENTO E SMALTIMENTO ACQUE

Collettori

Il sistema di drenaggio dimensionato secondo la logica riportata al capitolo 6.3 prevede l'utilizzo di tubazioni in PVC a diametro e pendenza variabile. La verifica del diametro D delle tubazioni è stata effettuata con la formula di Chezy assumendo un valore $K = 80 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per gli elementi in PVC.

Vasca di laminazione e dispersione

Il calcolo del volume da assegnare all'area di dispersione V , necessario per laminare la portata in arrivo è effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie S , al variare del tempo di pioggia t_p (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$V = V_{IN} - V_{OUT}$$

con:

- V_{IN} , volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere

$$V_{IN} = S \psi h(t) = S \psi a t^n$$

dove ψ è il coefficiente di deflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso, t indica la durata di pioggia e n è un parametro della curva di possibilità pluviometrica.

- V_{OUT} , volume di pioggia in uscita dal sistema nello stesso intervallo di tempo si può esprimere

$$V_{OUT} = S \cdot k \cdot i \cdot t$$

in cui k [m/s] indica il coefficiente di permeabilità caratteristico della zona, i è il gradiente idraulico che per falda profonda si può assumere con valore unitario.

L'area di dispersione è dimensionata per un tempo di ritorno di 50 anni.

La permeabilità del sito è ricavata dagli elaborati geotecnici associati al presente progetto, di seguito si riporta un estratto tabellare con evidenziati i valori di riferimento per Castellucchio:

| Progressiva km | | Falda Alta | K (m/s) |
|----------------|--------|------------|----------|
| da | a | | |
| 55+780 | 58+000 | | 0.000009 |
| 58+000 | 58+100 | x | |
| 58+100 | 59+625 | | 0.000017 |
| 59+625 | 62+875 | x | |
| 62+875 | 63+400 | | 0.000007 |
| 63+400 | 67+700 | x | 0.000006 |
| 67+700 | 68+700 | | 0.000004 |
| 69+158.35 | 70+025 | | 0.000004 |
| 70+025 | 70+300 | x | |
| 70+300 | 71+325 | | 0.000007 |
| 71+325 | 71+757 | x | |
| 71+757 | 74+325 | | 0.000003 |
| 74+325 | 74+650 | x | |
| 74+650 | 75+650 | | 0.000025 |
| 75+650 | 75+850 | x | |
| 75+850 | 75+950 | | Ignorare |
| 75+950 | 78+025 | x | |
| 78+025 | 78+100 | | 0.000014 |
| 78+100 | 78+125 | x | 0.000014 |
| 78+125 | 81+300 | | 0.000014 |
| 81+300 | 81+725 | x | |
| 81+725 | 89+450 | | 0.000028 |

Il volume di laminazione è definito, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione:


$$\Delta V = V_{IN} - V_{OUT}$$

La durata di pioggia t_{cr} che massimizza il volume invasato V_{max} si ottiene derivando l'espressione precedente:

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{out}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$V_{max} = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{out}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{out}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Per la precipitazione di progetto si farà riferimento ad evento con tempo di ritorno di 50 anni da cui si ottengono i parametri pluviometrici riportati al capitolo 4 - Tabella 5.1.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO -Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 26 RI | DOCUMENTO FV 14B0 011 | REV. A |

9 TABULATI DI DIMENSIONAMENTO

9.1 SIMBOLOGIA UTILIZZATA

Il dimensionamento delle canalette e dei collettori è riportato in Tabella 9.1, nella quale sono presenti i seguenti parametri:

- DN: diametro nominale della tubazione;
- L: lunghezza della tubazione;
- i: pendenza della tubazione;
- z monte: quota di scorrimento del nodo di monte del tratto interessato;
- z valle: quota di scorrimento del nodo di valle del tratto interessato;
- S ($\varphi = 0.70$): superficie afferente con coefficiente di deflusso pari a 0.7;
- S ($\varphi = 1$): superficie afferente con coefficiente di deflusso pari ad 1;
- S_{tot} : superficie afferente totale progressiva;
- φ_{medio} : coefficiente di deflusso mediato sulle superfici;
- t_c : tempo di corrivazione progressivo espresso in minuti;
- j: deflusso unitario (mm/ora);
- Q: portata totale di progetto;
- h: tirante idraulico;
- k_s : coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler;
- GR: grado di riempimento della tubazione;
- v: velocità all'interno della tubazione.

| Nodo monte | Nodo valle | DN/BxH | L | i | z monte | z valle | S _(φ=0.70) | S _(φ=1) | S _{tot} | φ medio | t _c | j | Q | h | k _s | GR | v |
|------------|------------|--------|-------|--------|----------|----------|-----------------------|--------------------|------------------|---------|----------------|--------|-------------------|------|----------------------------------|-------|-------------------|
| | | mm | m | m/m | m s.l.m. | m s.l.m. | m ² | m ² | m ² | - | minuti | mm/ora | l s ⁻¹ | m | m ^{1/3} s ⁻¹ | % | m s ⁻¹ |
| P1 | P2 | 200 | 10.00 | 0.004 | -0.99 | -1.03 | 0.00 | 84.50 | 84.5 | 1.00 | 5.32 | 166.21 | 3.9 | 0.06 | 80 | 31.31 | 0.52 |
| P2 | P3 | 250 | 9.30 | 0.003 | -1.08 | -1.12 | 25.00 | 117.00 | 226.5 | 0.97 | 5.69 | 160.83 | 9.8 | 0.09 | 80 | 40.14 | 0.60 |
| P3 | P4 | 250 | 9.30 | 0.003 | -1.12 | -1.13 | 35.00 | 67.00 | 328.5 | 0.95 | 5.81 | 159.30 | 13.7 | 0.11 | 80 | 48.59 | 0.65 |
| P4 | P5 | 315 | 9.30 | 0.003 | -1.19 | -1.23 | 19.05 | 80.00 | 427.55 | 0.94 | 6.10 | 155.61 | 17.5 | 0.12 | 80 | 39.33 | 0.69 |
| P5 | P6 | 315 | 9.30 | 0.003 | -1.23 | -1.26 | 19.05 | 143.00 | 589.6 | 0.95 | 6.37 | 152.38 | 23.7 | 0.14 | 80 | 46.65 | 0.75 |
| P6 | P7 | 315 | 4.80 | 0.004 | -1.26 | -1.30 | 0.00 | 130.00 | 719.6 | 0.96 | 6.55 | 150.30 | 28.8 | 0.14 | 80 | 47.37 | 0.89 |
| P11 | P10 | 200 | 10.10 | 0.004 | -0.99 | -1.03 | 0.00 | 88.70 | 88.7 | 1.00 | 5.32 | 166.23 | 4.1 | 0.06 | 80 | 32.11 | 0.53 |
| P10 | P9 | 200 | 10.10 | 0.0047 | -1.03 | -1.08 | 19.05 | 116.50 | 224.25 | 0.97 | 5.55 | 162.79 | 9.9 | 0.09 | 80 | 49.82 | 0.71 |
| P9 | P8 | 250 | 10.10 | 0.004 | -1.12 | -1.22 | 19.05 | 124.00 | 367.3 | 0.97 | 5.78 | 159.73 | 15.8 | 0.11 | 80 | 48.42 | 0.76 |
| P8 | P7 | 250 | 11.20 | 0.0055 | -1.22 | -1.32 | 0.00 | 93.00 | 460.3 | 0.98 | 5.98 | 157.03 | 19.6 | 0.12 | 80 | 50.07 | 0.90 |
| P7 | RECAPITO | 400 | 5.50 | 0.003 | -1.46 | -1.56 | 0.00 | 0.00 | 1179.9 | 0.97 | 6.66 | 149.17 | 47.2 | 0.18 | 80 | 48.06 | 0.89 |

Tabella 9.1 Dimensionamento dei collettori e delle canalette con il metodo cinematico

DIMENSIONAMENTO VASCA DI DISPERSIONE TR 50ANNI

Si riporta di seguito il dimensionamento della vasca di dispersione e laminazione, effettuata secondo la procedura descritta al capitolo 6.4.

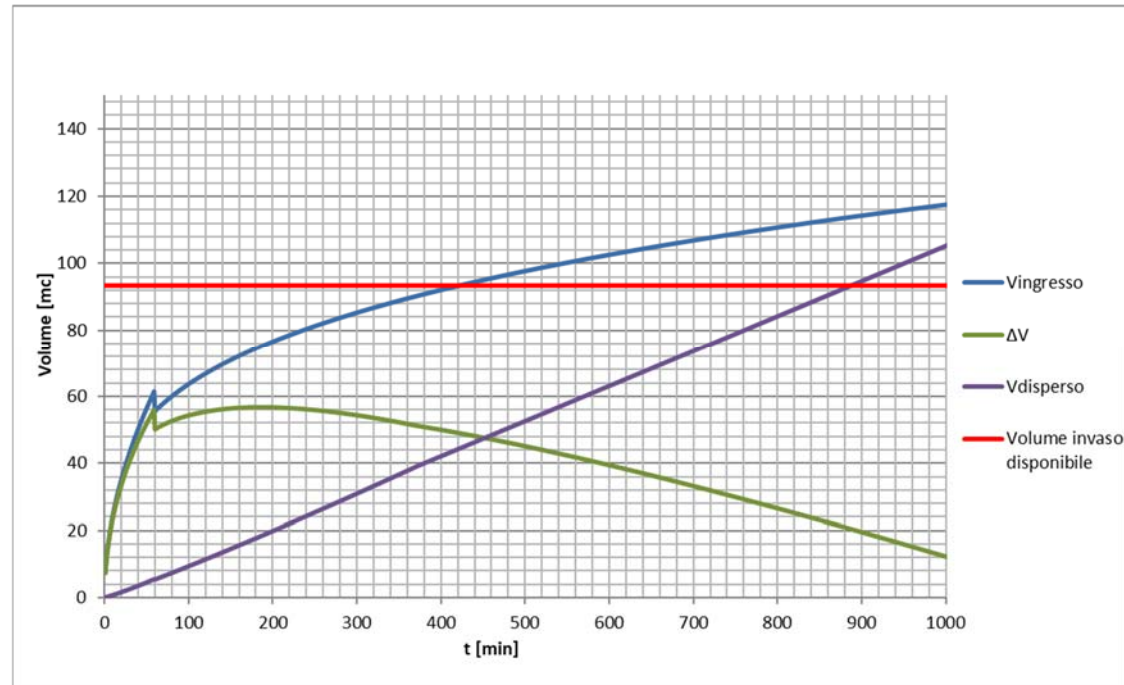
| DATI DI PROGETTO | | | | | | |
|---------------------------------------|---|------------------|--------------------|---------------------------|--|-------------------------------|
| T _{rit} [anni] | a [mm/h] | n | n' (t<1) [-] | a (t<1) [-] | permeabilità K [m/s] | |
| 50 | 55.21 | 0.266 | 0.518 | 61.500 | 0.0000140 | |
| | | | | | | |
| S _{imp} [m ²] | S _{semip} [m ²] | Ψ _{imp} | Ψ _{semip} | Ψ _{medio} [-] | S _{affrente} [m ²] | S _{affrente} [ha] |
| 1043.2 | 136.6 | 1 | 0.7 | 0.97 | 1006.96 | 0.10070 |

| DIMENSIONI VASCA DI PROGETTO | | | |
|------------------------------|-------------------------|---|-------------|
| b [m] | H _{max} [m] | A _{fosso} [m ²] | Lung [m] |
| 6.00 | 1.20 | 7.20 | 13.20 |

| VERIFICA | | | | |
|----------------|-------------------------------|--|----------|------------------|
| TIPO | V invaso [m ³] | Q filtrazione max [m ³ /s] | VERIFICA | Coeff. Sicurezza |
| Vasca drenante | 93.42 | 0.0016 | OK | 1.6460 |

| VERIFICA SECONDO NORMATIVA REGIONALE | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|---|--------------------------|-------------------------|---|
| V max invasato [m ³] | Q _{filt,fosso} [m ³ /s] | ts _{vuot} [h] | Volume disperso a 48h | Acqua in vasca a 48h | Volume disponibile a 48h | Ver. secondo evento (Reg. Lombardia) | Volume disperso a 72h | Acqua in vasca a 72h | Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia) |
| 56.75 | 0.0013737 | 11.48 | 237.37 | 0.00 | 93 | OK | 356 | 0 | OK |

Nella figura sottostante è rappresentato l'andamento del volume teorico accumulato nella vasca a dispersione al variare del tempo di pioggia per un evento con tempo di ritorno di 50 anni; in particolare vengono rappresentati i volumi: in ingresso (V_{IN}), in uscita (V_{OUT}) e la loro differenza (ΔV).



Il massimo volume di laminazione richiesto risulta essere pari a 56.75 m^3 . Mentre il volume della vasca di laminazione $V_{\text{disponibile}} = 93.42 \text{ m}^3$. Il rendimento massimo della vasca drenante $\eta = 64\%$ si raggiunge dopo circa 186 min dall'evento meteorico.

| t [min] | t [h] | h [mm] | $Q_{\text{afferrente}}$ [m^3/s] | V_{ingresso} [m^3] | V_{disperso} [m^3] | ΔV [m^3] | $V_{\text{disponibile}}$ [m^3] | η [-] |
|---------|-------|--------|---|--|--|-----------------------------|---|------------|
| 186.00 | 3.10 | 74.60 | 0.00673 | 75.12 | 18.36 | 56.75 | 93.42 | 0.61 |

VERIFICA SISTEMA A DISPERSIONE TR 100ANNI

Si riporta di seguito la verifica della vasca di dispersione e laminazione, effettuata secondo la procedura descritta al capitolo 6.4.

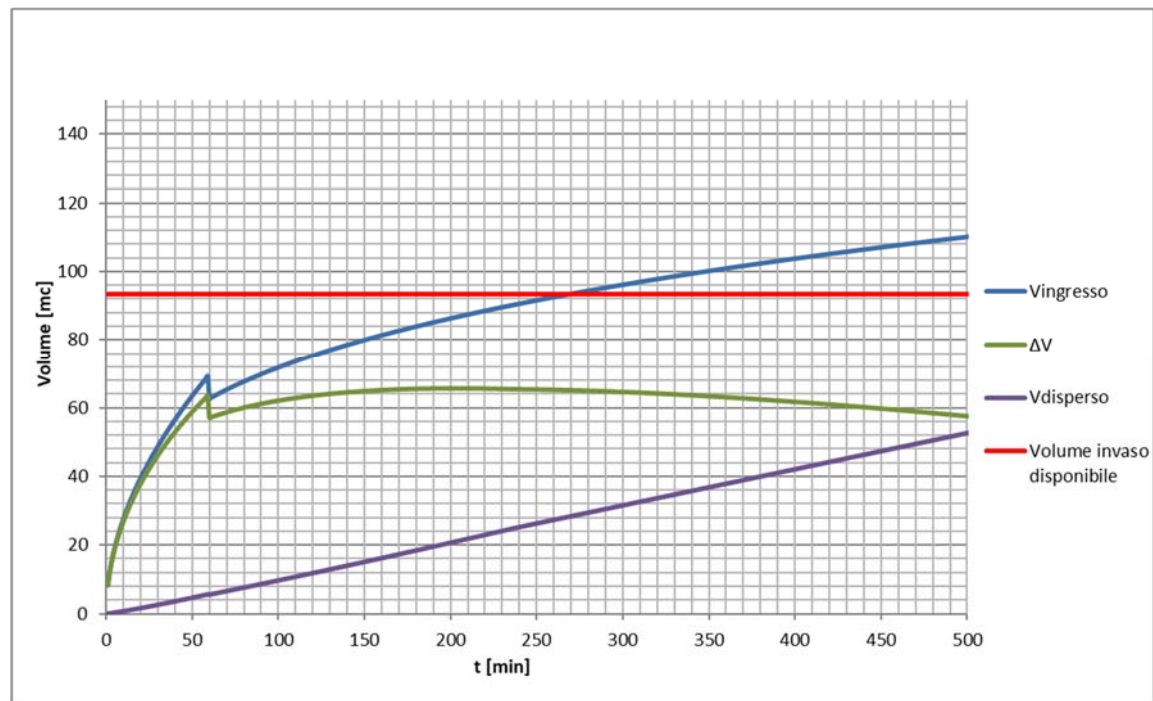
| DATI DI PROGETTO | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| T_{rit} [anni] | a [mm/h] | n [-] | $n' (t<1)$ [-] | a (t<1) [-] | permeabilità K [m/s] | |
| 50 | 55.21 | 0.266 | 0.518 | 61.500 | 0.0000140 | |
| S_{imp} [m ²] | S_{semip} [m ²] | Ψ_{imp} | Ψ_{semip} | Ψ_{medio} [-] | $S_{afferente}$ [m ²] | $S_{afferente}$ [ha] |
| 1043.2 | 136.6 | 1 | 0.7 | 0.97 | 1006.96 | 0.10070 |

| DIMENSIONI VASCA DI PROGETTO | | | |
|------------------------------|------------------|----------------------------------|-------------|
| b [m] | H_{max} [m] | A_{fosso} [m ²] | Lung [m] |
| 6.00 | 1.20 | 7.20 | 13.20 |

| VERIFICA | | | | |
|----------------|--------------------------------|--|----------|------------------|
| TIPO | V in vaso [m ³] | Q filtrazione max [m ³ /s] | VERIFICA | Coeff. Sicurezza |
| Vasca drenante | 93.42 | 0.0016 | OK | 1.4235 |

| VERIFICA SECONDO NORMATIVA REGIONALE | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|---|--------------------------|-------------------------|---|
| V max invasato [m ³] | $Q_{fit,fosso}$ [m ³ /s] | t_{svuot} [h] | Volume disperso a 48h | Acqua in vasca a 48h | Volume disponibile a 48h | Ver. secondo evento (Reg. Lombardia) | Volume disperso a 72h | Acqua in vasca a 72h | Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia) |
| 65.62 | 0.0014150 | 12.88 | 244.52 | 0.00 | 93 | OK | 367 | 0 | OK |

Nella figura sottostante è rappresentato l'andamento del volume teorico accumulato nella vasca a dispersione al variare del tempo di pioggia per un evento con tempo di ritorno di 100 anni; in particolare vengono rappresentati i volumi: in ingresso (V_{IN}), in uscita (V_{OUT}) e la loro differenza (ΔV).



Il massimo volume di laminazione richiesto risulta essere pari a 65.62 m^3 . Mentre il volume della vasca di laminazione $V_{\text{disponibile}} = 93.42 \text{ m}^3$. Il rendimento massimo della vasca drenante $\eta = 70\%$ si raggiunge dopo circa 203 min dall'evento meteorico.

| t [min] | t [h] | h [mm] | $Q_{\text{afferrite}}$ [m^3/s] | V_{ingresso} [m^3] | V_{disperso} [m^3] | ΔV [m^3] | $V_{\text{disponibile}}$ [m^3] | η [-] |
|------------|----------|-----------|---|---|---|--------------------------------|--|---------------|
| 203.00 | 3.38 | 86.07 | 0.00712 | 86.67 | 21.05 | 65.62 | 93.42 | 0.70 |